

# INFORME AGROPECUARIO

v. 30 - n. 252 - set./out. 2009 ISSN 0100-3364



**EPAMIG**

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

## Gestão ambiental na agricultura





# INFORME AGROPECUARIO

## Tecnologias para o Agronegócio



Assinatura e vendas avulsas  
[publicacao@epamig.br](mailto:publicacao@epamig.br)  
(31) 3489-5002







## Apresentação

O setor agrícola, responsável pelo fornecimento de alimentos, fibras, madeira e pela geração de empregos e divisas, possui também importante papel na prestação de serviços ambientais, com destaque para a conservação dos recursos hídricos, da flora, da fauna e dos solos.

É importante que a sociedade e o Estado reconheçam e incentivem boas práticas de manejo e invistam em inovações tecnológicas e de gestão, com o objetivo de promover o uso mais racional dos recursos naturais, sobretudo os não renováveis.

A gestão ambiental constitui uma importante ferramenta para auxiliar nas tomadas de decisão, visando o planejamento de ações em diversas escalas, tanto em nível de propriedade rural, como de bacia hidrográfica. Essa gestão é estratégica para enfrentar o atual processo de intensificação das mudanças climáticas e a volatilidade de mercados.

Este número do Informe Agropecuário traz uma avaliação sobre o atual modelo de produção, sobre os impactos socioambientais advindos desses sistemas e apresenta alternativas de gestão e manejo. Discorre ainda sobre iniciativas para o pagamento de serviços ambientais em curso no País e apresenta não só tecnologias para minimizar impactos negativos, mas também metodologias para o monitoramento e a avaliação do desempenho socioambiental de propriedades.

*José Mário Lobo Ferreira  
Madelaine Venzon*

# Informe Agropecuário

Uma publicação da EPAMIG

v.30 n.252 set./out. 2009

Belo Horizonte-MG

## Sumário

Editorial .....	3
Entrevista .....	4
<b>Agroecologia: reconciliando agricultura e natureza</b>	
<i>Paulo Frederico Petersen, Jean Marc von der Weid e Gabriel Bianconi Fernandes</i> .....	7
<b>Pagamento por serviços ambientais: alternativa para efetivação da proteção ambiental em propriedades rurais</b>	
<i>Mariana Barbosa Vilar, Laércio Antônio Gonçalves Jacovine e Agostinho Lopes Souza</i> .....	16
<b>Estratificação de ambientes para gestão ambiental</b>	
<i>Maurício Roberto Fernandes e Soraya Marx Bamberg</i> .....	24
<b>Indicador integrado de sustentabilidade de gestão ambiental de bacias hidrográficas e sua aplicação</b>	
<i>Henrique Marinho Leite Chaves</i> .....	34
<b>Modelagem da dinâmica da matéria orgânica dos solos tropicais: uma proposta de ferramenta para a gestão ambiental</b>	
<i>Eduardo de Sá Mendonça, Luiz Fernando Carvalho Leite e Beno Wendling</i> .....	40
<b>Práticas ecológicas no manejo fitossanitário</b>	
<i>Trazilbo José de Paula Júnior, Madelaine Venzon, Hudson Teixeira e Angelo Pallini</i> .....	51
<b>Gerenciamento de efluentes na aquicultura e aproveitamento de água residuária do processamento do café</b>	
<i>Alexmiliano Vogel de Oliveira, Eduardo José Azevedo Corrêa, Sammy Fernandes Soares e Luiz Carlos de Prezotti</i> .....	60
<b>Sistema de avaliação participativo de aspectos ambientais e produtivos em agroecossistemas com cafeeiros</b>	
<i>José Mário Lobo Ferreira, Paulo César de Lima, Paulo Emílio Lovato e Waldênia de Melo Moura</i> .....	68
<b>Indicadores de sustentabilidade, avaliação de impactos e gestão ambiental de atividades rurais</b>	
<i>Geraldo Stachetti Rodrigues</i> .....	80
<b>Avaliação do desempenho ambiental no uso de recursos na agricultura</b>	
<i>Luiz Renato D'Agostini, Sandro Luis Schlindwein, Alfredo Celso Fantini e Sergio Roberto Martins</i> .....	91
<b>Certificação socioambiental e a sustentabilidade almejada</b>	
<i>Sérgio Pedini</i> .....	100

ISSN 0100-3364

Informe Agropecuário	Belo Horizonte	v.30	n.252	p. 1-104	set./out.	2009
----------------------	----------------	------	-------	----------	-----------	------

© 1977 EPAMIG

ISSN 0100-3364

INPI: 006505007

#### CONSELHO DE DIFUSÃO DE TECNOLOGIA E PUBLICAÇÕES

*Baldonado Arthur Napoleão*

*Enilson Abrahão*

*Maria Lélia Rodriguez Simão*

*Juliana Carvalho Simões*

*Mairon Martins Mesquita*

*Vânia Lacerda*

#### COMITÊ EDITORIAL DA REVISTA INFORME AGROPECUÁRIO

*Enilson Abrahão*

**Diretoria de Operações Técnicas**

*Mairon Martins Mesquita*

**Departamento de Transferência e Difusão de Tecnologia**

*Vânia Lacerda*

**Departamento de Publicações**

*Maria Lélia Rodriguez Simão*

**Departamento de Pesquisa**

#### PRODUÇÃO

##### DEPARTAMENTO DE PUBLICAÇÕES

##### EDITOR

*Vânia Lacerda*

##### COORDENAÇÃO TÉCNICA

*José Mário Lobo Ferreira e Madelaine Venzon*

##### REVISÃO LINGÜÍSTICA E GRÁFICA

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

*Michele Pereira dos Santos (estagiária)*

##### NORMALIZAÇÃO

*Fátima Rocha Gomes e Maria Lúcia de Melo Silveira*

##### PRODUÇÃO E ARTE

**Diagramação/formatação:** *Maria Alice Vieira, Erasmo dos Reis Pereira, Ângela Batista P. Carvalho, Letícia Martinez e Fabriciano Chaves Amaral*

##### Coordenação de Produção Gráfica

*Fabriciano Chaves Amaral*

**Capa:** *Letícia Martinez*

**Foto da capa:** *João Luiz Lani*

##### Impressão:



IMPRENSA OFICIAL  
Governador do Estado de Minas Gerais

##### PUBLICIDADE

*Décio Corrêa*

Av. José Cândido da Silveira, 1.647 - Cidade Nova

CEP 31170-000 Belo Horizonte-MG

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

## 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.

Assinatura anual: **6 exemplares**

#### Aquisição de exemplares

**Departamento de Transferência e Difusão de Tecnologia**

**Divisão de Transferência Tecnológica**

Av. José Cândido da Silveira, 1.647 - Cidade Nova

CEP 31170-000 Belo Horizonte - MG

Telefax: (31) 3489-5002

E-mail: publicacao@epamig.br - Site: www.epamig.br

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

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**  
**Sistema Estadual de Pesquisa Agropecuária**  
**EPAMIG, UFLA, UFMG, UFV**





**Conselho de Administração**

Gilman Viana Rodrigues  
Baldonado Arthur Napoleão  
Pedro Antônio Arraes Pereira  
Adauto Ferreira Barcelos  
Osmar Aleixo Rodrigues Filho  
Décio Bruxel

Sandra Gesteira Coelho  
Elifas Nunes de Alcântara  
Vicente José Gamarano  
Joanito Campos Júnior  
Helton Mattana Saturnino

**Conselho Fiscal**

Carmo Robilota Zeitune  
Heli de Oliveira Penido  
José Clementino Santos

Evangro de Oliveira Neiva  
Márcia Dias da Cruz  
Celso Costa Moreira

**Presidência**

Baldonado Arthur Napoleão

**Diretoria de Operações Técnicas**

Enilson Abrahão

**Diretoria de Administração e Finanças**

Luiz Carlos Gomes Guerra

**Gabinete da Presidência**

Maria Geralda de Resende

**Assessoria de Comunicação**

Roseney Maria de Oliveira

**Assessoria de Desenvolvimento Organizacional**

Felipe Bruschi Giorni

**Assessoria de Informática**

Silmar Vasconcelos

**Assessoria Jurídica**

Nuno Miguel Branco de Sá Viana Rebelo

**Assessoria de Negócios Tecnológicos**

Jairo Pereira da Silva Júnior

**Assessoria de Planejamento e Coordenação**

Renato Damasceno Netto

**Assessoria de Relações Institucionais**

Marcílio Valadares

**Assessoria de Unidades do Interior**

José Maurício Fernandes Gonçalves Leite

**Auditoria Interna**

Carlos Roberto Ditadi

**Departamento de Compras e Almoarifado**

Sebastião Alves do Nascimento Neto

**Departamento de Contabilidade e Finanças**

Celina Maria dos Santos

**Departamento de Engenharia**

Luiz Fernando Drummond Alves

**Departamento de Estudos Econômicos e Prospecção**

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 Transferência e Difusão de Tecnologia**

Mairon Martins Mesquita

**Departamento de Transportes**

José Antônio de Oliveira

**Instituto de Laticínios Cândido Tostes**

Fernando A. R. Magalhães, Gérson Occhi e Nelson Luiz T. de Macedo

**Instituto Técnico de Agropecuária e Cooperativismo**

Luci Maria Lopes Lobato e Francisco Olavo Coutinho da Costa

**U.R. EPAMIG Sul de Minas**

Gladyston Rodrigues Carvalho e Rodrigo Fráguas de Carvalho

**U.R. EPAMIG Norte de Minas**

Polyanna Mara de Oliveira e Josimar dos Santos Araújo

**U.R. EPAMIG Zona da Mata**

Trazilbo José de Paula Júnior e João Bosco Caldas Campos

**U.R. EPAMIG Centro-Oeste**

Édio Luiz da Costa e Waldênia Almeida Lapa Diniz

**U.R. EPAMIG Triângulo e Alto Paranaíba**

Marcelo Abreu Lanza e Marina Lombardi Saraiva

# Agricultura inteligente

A agricultura tem sofrido transformações desde os primórdios da humanidade, adequando-se às necessidades sociais, econômicas e, mais recentemente, às questões ambientais. A população mundial dobrou nos últimos 45 anos e, a cada dia, cerca de 250 mil novos habitantes somam-se aos 6,7 bilhões já existentes. Responder ao aumento da demanda por alimento, apresenta-se como o grande desafio dos tempos atuais.

Diante disso, aumentar a produtividade torna-se imperativo e, muitas vezes, isto tem ocorrido sem planejamento e sem sustentabilidade. A agricultura tem sido apontada como uma das principais causas e, ao mesmo tempo, uma das principais vítimas dos problemas ambientais da atualidade. Mas, por sua própria natureza vital, deve ser vista e pensada de maneira inteligente.

O uso de sistemas de avaliação, planejamento e gestão da agricultura, envolvendo os recursos solo e água, as tecnologias para redução de agrotóxicos e a utilização dos benefícios advindos da proteção ambiental podem fazer com que a atividade seja compreendida, em toda sua magnitude, como produtora de alimentos e aliada na preservação da natureza.

A avaliação da sustentabilidade dos sistemas de produção agrícola é uma importante ferramenta para a gestão ambiental e pode ser realizada de forma participativa, permitindo a inclusão de produtores na investigação e interpretação de parâmetros qualitativos do solo, do cultivo e da diversidade dos sistemas de produção.

Esta edição do Informe Agropecuário apresenta sistemas e modelos de gestão na agricultura, com o objetivo de orientar produtores na adoção de tecnologias racionais que garantam sustentabilidade para a atividade e preservação do ambiente.

Baldonado Arthur Napoleão  
Presidente da EPAMIG



# Brasil: potência agrícola e ambiental

Fernando César da Veiga Neto é engenheiro agrônomo, formado pela Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” (Esalq/USP). É Mestre e Doutor em Desenvolvimento Rural, pelo Programa de Pós-graduação de Ciências Sociais em Desenvolvimento, Agricultura e Sociedade, da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (CPDA/UFRRJ). Como gerente de Serviços Ambientais no Programa de Conservação da Floresta Atlântica e Savanas Centrais da The Nature Conservancy (TNC), é responsável pela implementação de projetos de conservação e uso sustentável da biodiversidade, com foco na utilização de instrumentos econômicos e pagamentos por serviços ambientais.



Divulgação

**IA** - *Na sua opinião, qual a melhor definição de gestão ambiental e sua importância para o setor agrícola e para a sociedade?*

**Fernando Veiga** - A gestão ambiental pode ser considerada como o processo de gerenciamento das variáveis ambientais e o reconhecimento da sua importância em qualquer processo produtivo. No caso do setor agrícola, setor da economia que depende e se relaciona com os ciclos da natureza mais do que qualquer outro, a gestão ambiental ganha um caráter central, não só porque o produtor rural depende do bom funcionamento dos ecossistemas, mas também porque a maior ou menor qualidade dessa gestão no seu negócio rural impacta de maneira muito forte o restante da sociedade.

**IA** - *Quais os principais entraves para a gestão ambiental na agricultura?*

**Fernando Veiga** - Podemos dividir a gestão ambiental em dois grandes grupos de atividades. O primeiro deles, mais ligado às boas práticas agrícolas.

O segundo grupo, está mais relacionado com as práticas adotadas para a conservação e restauração dos ecossistemas nativos em cada propriedade rural. No primeiro grupo, os entraves para a sua adoção residem mais na questão da capacitação técnica, nem sempre presente, por uma série de razões, que não cabem aqui nomear. No caso do segundo grupo, os maiores entraves parecem estar ainda na baixa percepção pelos produtores rurais da importância da manutenção e restauração dos ecossistemas nativos para o seu próprio negócio, assim como pelo ainda incipiente, embora crescente, reconhecimento do restante da sociedade da importância da valorização dos serviços prestados por esses ecossistemas, os chamados serviços ambientais ou ecossistêmicos.

**IA** - *Quais são as ferramentas que o produtor dispõe atualmente para auxiliar na gestão ambiental de sua propriedade ou de um determinado sistema de produção?*

**Fernando Veiga** - Cada vez mais, o produtor rural dispõe de um grande arsenal de ferramentas para a gestão

ambiental de sua propriedade. Talvez aquelas mais notadamente desenvolvidas nos anos recentes sejam as ferramentas de mapeamento da propriedade rural, tanto no que se refere às imagens de satélites de grande alcance, como os *softwares*, que permitem a geração de diversas análises espaciais, fundamentais para uma boa gestão ambiental da propriedade.

**IA** - *Que impactos econômicos podem advir da perda da biodiversidade, assoreamento dos rios, perda de solos, lixiviação dos solos e diminuição da capacidade produtiva dos sistemas de produção?*

**Fernando Veiga** - Hoje vivemos em um mundo crescentemente ameaçado por três grandes crises ambientais, nas quais os danos econômicos decorrentes dessas crises já se tornam maiores e mais evidentes a cada momento, ou sejam: mudanças climáticas, que trazem alterações já visíveis ao clima das cidades e do campo, alterando padrões de chuva, de temperatura, etc., e que, no caso da agricultura, pode inviabilizar determinadas áreas de plantio,



aumentar as perdas na colheita, etc.; crise na oferta de água de qualidade e em quantidade, que não só gera enorme aumento de custos nos processos de captação, tratamento, geração de energia, etc.; mas também fundamentalmente afeta a sobrevivência de milhões de pessoas todos os dias; extinção maciça da biodiversidade, em níveis nunca antes alcançados na história do planeta, graças à perda de *habitats*.

Se considerarmos que a diversidade das espécies é fator intrínseco à manutenção dos ecossistemas que geram os benefícios ambientais associados à regulação do clima, à manutenção da qualidade e da quantidade de água, à polinização das culturas agrícolas, à fertilização natural dos solos, podemos afirmar que, quando perdemos a diversidade de espécies, corremos o risco de perder também os outros benefícios ambientais.

**IA** - *A sociedade estaria disposta a arcar com os custos para a proteção e preservação dos recursos naturais na zona rural?*

**Fernando Veiga** - Apesar de ainda em uma escala inicial, aos poucos a sociedade urbana vai-se dando conta de que a água que sai da torneira não brota ali e que é preciso proteger ou restaurar o manancial de onde a água brota ou, ainda, manter em pé a floresta, cujo desmatamento é responsável pela geração de, aproximadamente, 20% das emissões de gases de efeito estufa. A partir desse ponto, fica mais fácil avançar com programas e políticas que buscam repartir esses custos entre todos os beneficiários dos serviços ambientais e não mais somente esperar que os produtores rurais arquem sozinhos com essa conta.

**IA** - *Quais as oportunidades e ameaças da atual legislação ambiental*

*para o setor agrícola e para o agricultor?*

**Fernando Veiga** - O Brasil é o país com a maior diversidade biológica do mundo; assim como, senão o principal, um dos principais atores globais da produção agrícola mundial, notadamente em relação a alguns produtos, tais como a soja, a carne, o café, o suco de laranja, o etanol, etc. É preciso que todos entendam que esses dois únicos atributos, que fazem absolutamente especial a situação brasileira no contexto internacional, podem ser absolutamente complementares e, mais do que isto, podem tanto garantir a existência dessa imensa biodiversidade, quanto aumentar a competitividade agrícola nacional no cenário internacional. Dito de outra forma, a potência agrícola pode e deve conviver com a potência ambiental, porque as duas se somam e se complementam.

Apenas para citar um exemplo, talvez um dos mais evidentes, a nenhum grupo da sociedade brasileira, hoje, pode interessar mais a redução ou o cessar do desmatamento da Amazônia do que aos produtores rurais do Centro-Sul brasileiro, de onde sai a maior parte da produção agrícola nacional, a qual depende, em grande parte, do regime de chuvas que é diretamente correlacionado com a existência da Floresta Amazônica. E nós temos, no País, uma legislação ambiental, mais propriamente o Código Florestal Brasileiro, que com o seu regramento atual, inclusive com as compensações de Reserva Legal já permitidas, pode dar ao setor agrícola um nível de competitividade ambiental internacional absolutamente único. Ao mesmo tempo garantiria uma paisagem rural, onde a conservação da biodiversidade e todos os serviços ambientais decorrentes dessa conservação poderiam conviver

perfeitamente com a produção agrícola na escala que temos hoje e na escala que pretendemos para o futuro. Até porque todos sabemos que há ainda um enorme espaço possível em termos de ganhos de produtividade, especialmente na utilização das pastagens, uso do solo predominante no País. Tal espaço é perfeitamente possível de acomodar as demandas colocadas pelo Código Florestal em todo o País, inclusive na região Centro-Sul.

**IA** - *Os produtores estão preparados para se adequarem à regulamentação da cobrança pelo uso da água?*

**Fernando Veiga** - O setor agrícola, em termos médios no mundo, é responsável pelo consumo de 70% da água disponível e, aqui, novamente a sociedade terá que fazer escolhas. Algumas regiões do estado de São Paulo, por exemplo, vivem quadros de escassez de disponibilidade hídrica por habitante, semelhante ao de regiões Semiáridas do mundo. Nessas regiões e em outras onde esse quadro se repete ou caminha para tal, provavelmente, o consumo humano deverá ter prioridade e o setor agrícola terá que pagar a sua parte do bolo. Até porque, um dos princípios básicos da cobrança é estimular o uso racional e também sabemos que há um enorme desperdício no uso dessa água.

Por outro lado, no cenário de ampliação da cobrança pelo uso da água para todos os consumidores, tanto urbanos, quanto rurais, há novas oportunidades para aqueles produtores localizados em regiões de mananciais, em áreas com grande volume de nascentes, os quais se podem tornar total ou parcialmente os chamados “produtores de água”. Ou seja, graças às práticas de conservação e restauração dos ecossistemas nativos,



esses produtores, localizados prioritariamente nas regiões de cabeceiras de bacias hidrográficas importantes tanto nacional, quanto regional ou mesmo localmente, podem passar a receber pagamentos pela manutenção ou melhoria dos serviços ambientais relacionados com a qualidade e a quantidade de água.

**IA** - *O governo está preparado para a identificação e operacionalização de políticas públicas e programas adequados para áreas de alta fragilidade ambiental ou de grande relevância ecológica?*

**Fernando Veiga** - Em todos os três níveis de governo (federal, estaduais e municipais), assistimos uma série de esforços nesse sentido. As áreas de maior fragilidade ambiental ou de grande relevância ecológica estão claramente definidas no âmbito federal. Trabalho que tem maior ou menor refinamento em todos os Estados da Federação. E as políticas e programas para a implementação da proteção a esses locais têm caminhado, embora possam caminhar de forma mais efetiva e em maior velocidade.

Vale ressaltar ainda, o grande avanço recente na discussão e início de implementação de programas municipais e estaduais de Pagamentos por Serviços Ambientais, que pretendem remunerar os produtores rurais que desenvolverem ações de restauração e proteção dos ecossistemas nativos, entendendo estes como provedores de serviços ambientais. Além da sua implementação em alguns Estados da Federação, o Congresso Nacional, neste momento, também discute a lei que trata do tema, criando um programa federal nesse sentido.

**IA** - *Como o Brasil se posiciona sobre a implantação de projetos*

*relacionados com a mitigação de gases de efeito estufa gerados na agricultura?*

**Fernando Veiga** - Em relação às mudanças no uso do solo, as principais questões estão relacionadas inicialmente com o instrumento de Redução de Emissões Causadas pelo Desmatamento e pela Degradação (REDD), no qual as oportunidades se darão pela comprovação das reduções de emissões de gases de efeito estufa, um dos temas centrais a ser discutido na próxima Conferência das Partes, em Copenhagem, Dinamarca, em dezembro deste ano. Em termos práticos, pela redução do desmatamento na fronteira agrícola brasileira. De que maneira, este benefício chegará na ponta de forma ampla, ou seja, aos produtores localizados nessas regiões, o processo está em construção.

E, por outro lado, em relação aos projetos de sequestro de carbono, com foco na restauração florestal, já existem alguns projetos em andamento, principalmente tendo seus créditos comercializados no mercado voluntário de carbono, que permite criar uma geração de fluxos de receita capazes de pelo menos contribuir para a redução dos custos da restauração, notadamente nas Áreas de Preservação Permanente a serem recuperadas nas propriedades rurais.

**IA** - *Quais as ações que a TNC tem realizado na área da gestão ambiental na agricultura?*

**Fernando Veiga** - A TNC, nos últimos anos no Brasil, em relação à gestão ambiental na agricultura, tem trabalhado com dois focos muito claros. O primeiro deles, entendendo a importância do amplo estabelecimento do Código Florestal Brasileiro no País, tanto do ponto de vista am-

biental, quanto do ponto de vista da competitividade agrícola brasileira no mercado internacional, desenvolve um amplo leque de parcerias com setores governamentais e privados, buscando a redução dos custos de cumprimento do Código Florestal, tanto por meio de processos de mapeamento em larga escala, adequados de acordo com as normatizações estaduais, quanto por meio do uso dos instrumentos de compensação de Reserva Legal já permitidos na legislação vigente.

O outro foco do trabalho é no apoio ao estabelecimento dos mercados, com base em diferentes instrumentos de pagamentos por serviços ambientais para produtores rurais que conservam, mantêm ou recuperam ecossistemas nativos, provedores de serviços ambientais para os outros setores da sociedade. Um bom exemplo a ser citado é o estabelecimento concreto do conceito do “Produtor de água” no País, realizado em parceria com a Agência Nacional de Águas, e órgãos estaduais ambientais de alguns dos principais Estados do País.

**IA** - *Qual o papel da pesquisa na gestão ambiental na agricultura?*

**Fernando Veiga** - A pesquisa tem um papel fundamental em todo o processo de gestão ambiental, por várias razões, entre outras: sinaliza e aponta direções que podem informar o processo político de tomada de decisões; traz respostas e subsidia o avançar de novos mercados e de novos regramentos jurídicos e legais; qualifica e quantifica os processos de mudança e pode prever com maior ou menor grau de acerto, cenários esperados a partir de tomadas de decisões atuais; supera barreiras tecnológicas atuais e subsidia o processo de aumento de eficiência no uso da terra.

■ Por Vânia Lacerda



# Agroecologia: reconciliando agricultura e natureza

*Paulo Frederico Petersen<sup>1</sup>  
Jean Marc von der Weid<sup>2</sup>  
Gabriel Bianconi Fernandes<sup>3</sup>*

Resumo - A agricultura tem sido considerada uma das principais causas e, ao mesmo tempo, uma das principais vítimas dos problemas ambientais da atualidade. Essa relação mutuamente negativa não é resultado de uma evolução histórica automática e incontornável, deriva de um determinado enfoque técnico-científico que, no século 20, fomentou a transplantação para a agricultura da lógica produtiva inaugurada dois séculos antes com a Revolução Industrial. A rápida disseminação global dos padrões técnicos da Revolução Verde trouxe como consequência uma profunda reorientação na lógica de apropriação dos recursos naturais pela agricultura, sobretudo ao distanciar a dos processos ecológicos responsáveis pela reprodução da integridade ambiental dos agroecossistemas. Diante da magnitude dos impactos ambientais negativos gerados pela agricultura industrial, vem-se construindo, atualmente, um amplo consenso mundial de que o seu padrão produtivo está esgotado, já que deteriora a base biofísica necessária à sua própria reprodução. A Agroecologia apresenta-se nesse cenário como um enfoque científico que fornece as diretrizes para a emergência de padrões de desenvolvimento rural economicamente viáveis, socialmente justos e ecologicamente sustentáveis. Evidências empíricas que se multiplicam em todas as regiões do mundo comprovam que a perspectiva agroecológica possui vigência histórica ao oferecer respostas consistentes à profunda crise socioambiental vivenciada nas sociedades contemporâneas.

Palavras-chave: Impacto ambiental. Poluição ambiental. Meio ambiente. Sustentabilidade. Desenvolvimento rural.

## INTRODUÇÃO

Por definição, agricultura significa artificialização do meio natural. Em termos técnicos, implica a conversão do ecossistema em agroecossistema, sendo este último compreendido como um sistema que articula o trabalho humano com o trabalho da natureza, para que plantas e animais domesticados se desenvolvam e se reproduzam. Essa peculiaridade da agricultura faz com que ela permaneça, no alvorecer do século 21, como o setor econômico que

mais intimamente conecta a sociedade à natureza.

Os dez mil anos de história da agricultura podem ser interpretados como a busca incessante de novas práticas para a intensificação do uso dos solos em resposta às crescentes demandas alimentares decorrentes dos aumentos demográficos (BOSERUP, 1987). Essa evolução técnica foi marcada pelo encurtamento contínuo dos pousios e, finalmente, pela sua completa supressão no final da Idade Média<sup>4</sup>. À medida que as inovações técnicas permitiam a intensificação

produtiva, os agroecossistemas foram-se diferenciando estrutural e funcionalmente dos ecossistemas naturais, num processo de progressiva artificialização, ou seja, de distanciamento dos equilíbrios naturais.

A tendência à crescente artificialização dos ecossistemas foi levada a níveis extremos a partir da segunda metade do século 20, com a segunda Revolução Agrícola – também conhecida como Revolução Verde. O paradigma científico-tecnológico da Revolução Verde expandiu-se globalmente ao articular seis práticas básicas: as monoculturas,

<sup>1</sup>Eng<sup>o</sup> Agr<sup>o</sup>, Diretor Executivo AS-PTA, R. da Candelária, 9 - Centro, CEP 20091-020 Rio de Janeiro-RJ. Correio eletrônico: paulo@aspta.org.br

<sup>2</sup>Economista, Coord. Programa de Políticas Públicas AS-PTA, R. da Candelária, 9 - Centro, CEP 20091-020 Rio de Janeiro-RJ. Correio eletrônico: jean@aspta.org.br

<sup>3</sup>Eng<sup>o</sup> Agr<sup>o</sup>, Assessor Técn. AS-PTA, R. da Candelária, 9 - Centro, CEP 20091-020 Rio de Janeiro-RJ. Correio eletrônico: gabriel@aspta.org.br

<sup>4</sup>O pousio foi o método adotado por milênios para a recomposição da fertilidade dos agroecossistemas. As chamadas civilizações hidráulicas, como a egípcia, são exceções a esse padrão, já que a manutenção da fertilidade de seus agroecossistemas dependia da reposição de sedimentos trazidos pelas cheias do Nilo. O fim dos pousios na agricultura europeia foi possibilitado pela introdução de espécies forrageiras e adubos verdes nas rotações de culturas, o que permitiu simultaneamente o aumento da carga animal e o emprego mais intensivo da adubação orgânica. As profundas consequências provocadas por essas inovações técnicas demarcam o período conhecido como Primeira Revolução Agrícola (MAZOYER; ROUDART, 1997).



o revolvimento intensivo dos solos, o uso de fertilizantes sintéticos, o controle químico de pragas e doenças, a irrigação e a manipulação dos genomas de plantas e animais domésticos. Embora cada uma dessas práticas exerça uma função específica no funcionamento do agroecossistema, para que seja efetiva, deve ser adotada de forma combinada com as demais, criando um sistema técnico pouco flexível que induz à forte dependência econômica da agricultura em relação à indústria e ao sistema financeiro.

Ao contrário dos aprimoramentos técnicos anteriores, sempre condicionados pelas limitações e potencialidades ecológicas locais, a nova Revolução Agrícola promoveu forte desconexão entre a agricultura e os ecossistemas naturais ao substituir parte importante do trabalho que a natureza desempenhava na regeneração da fertilidade dos agroecossistemas pelo emprego intensivo de agroquímicos e de motomecanização pesada. Com isso, as relações de coprodução entre natureza e agricultura, que orientaram o progresso técnico por milênios, foram rompidas para dar lugar a um modelo de produção estruturalmente dependente dos insumos externos e de energia não-renovável derivada de combustíveis fósseis.

A base filosófica que fundamentou o desenvolvimento da agricultura industrial repousa na crença de que, com a contínua inovação tecnológica, a civilização caminha inexoravelmente para superar os limites naturais, que impuseram constrangimentos à expansão do progresso humano no decorrer da história. Ironicamente, são esses mesmos limites naturais que hoje dão os sinais mais claros de que essa crença não possui qualquer fundamento científico. De fato, a agricultura é hoje amplamente reconhecida como uma das principais causas e, ao mesmo tempo, como uma das principais vítimas dos problemas ambientais da atualidade (ALMEIDA et al., 2001).

Orientada essencialmente para maximizar a produtividade física das lavouras e criações no curto prazo, a agricultura industrial compromete seriamente as

produções futuras pela conjugação de três frentes de impacto negativo sobre o meio ambiente:

- a) a degradação e a perda de recursos naturais essenciais para a reprodução técnica dos agroecossistemas (solos, água e biodiversidade);
- b) a emissão de gases de efeito estufa (GEEs), que vem alterando os padrões climáticos globais e, com isso, aumentando os riscos agrícolas;
- c) a desarticulação de culturas e modos de vida locais responsáveis pelo uso social e pela conservação dos recursos naturais em longo prazo.

Repetindo a experiência vivenciada por várias civilizações do passado, a problemática ambiental associada à agricultura nos coloca em uma encruzilhada histórica, sendo que, desta vez, em escala planetária. A população mundial dobrou nos últimos 45 anos e, a cada dia, cerca de 250 mil novos habitantes somam-se aos 6,7 bilhões já existentes. Responder ao aumento na demanda por alimento, água potável, energia e outros recursos indispensáveis à vida humana digna apresenta-se, portanto, como o principal desafio dos tempos atuais (PIMENTEL; WILSON, 2004).

O enunciado dessa questão, há algumas poucas décadas, era muito frequentemente interpretado como alarmismo. Hoje, assume ares de um dramático realismo, sobretudo quando se considera que as bases ecológicas para a provisão dos meios de vida de uma população crescente vêm-se degradando rapidamente, dando origem a um cenário em que cerca de 1 bilhão de pessoas já vivenciam a fome e a subnutrição e no qual a produção de grãos *per capita* vem caindo sistematicamente ao longo dos últimos 20 anos.

A escolha do caminho a seguir diante dessa encruzilhada deve considerar, necessariamente, o duplo propósito de responder às demandas de uma população mundial crescente e de conservar as condições ecológicas para que a agricultura permaneça produtiva em longo prazo. A compatibilização desses dois objetivos exige uma

profunda revisão no padrão hegemônico de desenvolvimento agrícola, o que implica a superação da perspectiva produtivista que vem monopolizando as orientações da inovação tecnológica. No seu lugar que em certo sentido aproximou a agricultura a uma atividade mineradora, torna-se necessário promover a reconciliação entre agricultura e natureza.

## **CUSTOS AMBIENTAIS DA AGRICULTURA INDUSTRIAL**

A aparente pujança da agricultura industrial esconde uma série de contrapartidas negativas que se tornam cada vez mais nítidas e contundentes com a divulgação de pesquisas independentes ou, simplesmente, com a fria realidade dos fatos veiculados no cotidiano dos noticiários. Aos custos sociais, ambientais e de saúde pública, que se apresentam como os efeitos negativos mais visíveis do modelo agrícola hegemônico, devem-se adicionar os custos energéticos, indicador ecológico essencial e que até pouco tempo vinha sendo desprezado por conta da disponibilidade de combustíveis fósseis baratos.

### **Balanco energético negativo**

Até o primeiro choque do petróleo, em 1973, era quase inexistente a preocupação com o custo energético da agricultura ou de qualquer outra atividade econômica. No entanto, desde os anos 50, geólogos especializados já previam o esgotamento da era do petróleo barato em um período de cerca de duas gerações, mas suas estimativas não foram levadas a sério e permaneceram por muito tempo desconhecidas do grande público. Embora se especule nos dias de hoje, se o pico de produção mundial do petróleo já ocorreu ou se ocorrerá em breve, o desaparecimento dos combustíveis fósseis baratos em prazos muito curtos parece inevitável, fazendo com que a carga energética de cada produto e o balanço energético de cada processo de produção comecem a merecer atenção.

A agricultura industrial norte-americana adota processos produtivos cujos



custos energéticos médios são dez vezes superiores ao valor energético efetivamente incorporado no alimento que vai à mesa do consumidor. Se nessa conta for considerado apenas o balanço da produção primária (sem os custos de processamento, conservação e transporte), a relação entre *input* e *output* energético passa a ser de três para um. Por outro lado, se a atividade primária em questão for a criação intensiva de bovinos, a relação será de 35:1 (HORRIGAN et al., 2002).

A alta dependência dos combustíveis fósseis apresenta-se como o maior “calcanhar-de-aquiles” da agricultura industrial. Diante do seu desastroso balanço energético e do crescimento dos preços do petróleo, esse modelo já começa a dar mostras explícitas de insustentabilidade, apesar da camuflagem ideológica promovida pelo *marketing* corporativo do agronegócio e da maquiagem econômica exercida pelos crescentes subsídios estatais à reprodução do modelo.

### **Esgotamento dos recursos naturais renováveis**

#### **Solos**

A mais completa avaliação do estado dos solos agrícolas no mundo, realizada em 1992, identificou a existência de cerca de 562 milhões de hectares degradados, em um universo de 1,5 bilhão de hectares cultivados desde a Segunda Guerra Mundial (OLDEMAN, 1994). Significativa parcela dessa área teve sua fertilidade diminuída de forma moderada a aguda. Desde então, o processo teve continuidade, com 5 a 6 milhões de hectares severamente degradados a cada ano, tendo a agricultura industrial como responsável por grande parte desse montante.

#### **Água**

A agricultura consome atualmente por volta de 70% da água bombeada de rios, lagos e aquíferos do mundo. As áreas irrigadas no planeta triplicaram entre 1950 e 2003 e respondem hoje por cerca de 1/3 do total dos grãos produzidos. Apesar de

levarem à rápida deterioração dos corpos d'água e apresentarem baixos níveis de eficiência na conversão de água em alimentos, os sistemas intensivos de irrigação continuam a ser empregados. Somente o volume de água desperdiçada na agricultura (55% do total) é superior à soma dos demais consumos humanos (UNESCO, 2003). Para que 1 kg de cereais seja produzido, a agricultura irrigada consome mil litros de água. Já os criatórios intensivos de gado apresentam nível de eficiência de conversão de água em proteína 100 vezes inferior ao da produção de grãos (PIMENTEL, 1997).

A superexploração de aquíferos para a irrigação impede a recarga deste, fazendo com que seus volumes abaxiem para níveis alarmantes. Na Índia, o bombeamento anual de água dos aquíferos passou de menos de 20 km<sup>3</sup> (20 bilhões de m<sup>3</sup>), em 1950, para mais de 250 km<sup>3</sup>, nos dias atuais. Nos EUA, o aquífero de Ogallala vem perdendo anualmente 1 metro de profundidade. Enquanto isso, rios de grande porte, como o Colorado, nos EUA, ou o Amarelo, na China, deixam de correr durante vários meses por ano (WORLD BANK, 2008). Além de expostos à degradação quantitativa, os corpos d'água vêm sendo seriamente comprometidos pela poluição química, que resulta da agricultura industrial.

Essa realidade evidencia que a solução para a crise hídrica mundial, que já atinge 1/3 da população e que deverá atingir 2/3 em meados deste século, passa necessariamente pela interrupção do uso perdulário da água, pela proteção das fontes naturais e pela busca de alternativas para a construção de segurança hídrica dos agroecossistemas.

#### **Biodiversidade**

A perda da biodiversidade, agrícola ou não, traz riscos consideráveis para o futuro da agricultura e da alimentação. A substituição de milhares de variedades tradicionais por cultivares comerciais estreitou a base genética da agricultura a níveis extremos. Na Indonésia, a modernização da cultura de arroz provocou o desaparecimento de cerca

de 1,5 mil variedades tradicionais, substituídas por algumas dezenas de cultivares comerciais condicionadas geneticamente a obterem alta resposta ao emprego de fertilizantes sintéticos (WORLD RESOURCES INSTITUTE, 1992). Entre 1981 e 1998, aproximadamente 4,4 mil variedades não-híbridas de hortaliças (88% do total disponível) deixaram de ser plantadas nos EUA (WHEALY, 2005).

O plantio comercial de organismos geneticamente modificados agrava esse problema e o alça a uma nova dimensão representada pela incontável, irreversível e cumulativa poluição genética, processo resultante da polinização cruzada ou da mistura de sementes de variedades convencionais com transgênicas (HEINEMANN, 2007).

A expansão global das monoculturas padroniza a ocupação dos espaços rurais, provocando uma perigosa redução da diversidade de espécies alimentícias tradicionais. Ao longo da história da agricultura, cerca de 7 mil espécies comestíveis foram domesticadas e cultivadas. Atualmente, porém, apenas 120 são cultivadas de forma sistemática. Além disso, aproximadamente 90% da alimentação mundial provém de oito espécies animais e doze vegetais, sendo que quatro destas (arroz, trigo, milho e batata) fornecem mais da metade das calorias da dieta humana (COUPE; LEWINS, 2007). Enquanto os defensores da Revolução Verde proclamam os aumentos substanciais na produção de alguns poucos cultivos, milhares de outras espécies alimentícias que integram o patrimônio cultural da humanidade estão em risco de extinção ou já foram irremediavelmente perdidas, ameaçando radicalmente a soberania alimentar dos povos.

Além da perda da agrobiodiversidade, a lógica expansionista da agricultura industrial vem promovendo um rápido avanço das fronteiras agrícolas sobre ecossistemas naturais. É exatamente esse o fenômeno que atualmente se assiste na Amazônia, na África Ocidental e no sudoeste da Ásia, onde as florestas nativas são postas abaixo,



para que as monoculturas possam-se alastrar. Como mais da metade da biodiversidade mundial encontra-se fora de áreas protegidas, qualquer que seja a estratégia para a sua preservação deverá contar necessariamente com a ativa participação e interesse dos agricultores. Entretanto, essa não parece ser uma condição viável, enquanto perdurarem os estímulos públicos voltados à expansão desenfreada das monoculturas sobre os ecossistemas naturais.

### Poluição química

A artificialização extremada dos agroecossistemas, cuja face mais evidente são as monoculturas extensivas, provoca elevados níveis de desequilíbrio ecológico que favorecem a explosão de populações de determinados organismos. Sob o prisma antropocêntrico, esses organismos são convencionalmente designados como pragas e invasores, uma vez que são responsáveis por grandes prejuízos econômicos. Para eliminar esses organismos espontâneos dos agroecossistemas, a agricultura industrial desenvolveu um arsenal de agrotóxicos, eufemisticamente denominados defensivos pelas empresas agroquímicas.

Embora o uso de agrotóxicos cresça sistematicamente, a sua razão de ser, as chamadas pragas e doenças, não vem sendo debelada. O que se verifica é justamente o inverso. De 1945 a 1991, as quebras de safra nos EUA em função de insetos, doenças e plantas espontâneas passaram de 32% para 37%, apesar da duplicação do uso de agrotóxicos averiguada no período (CONWAY; PRETTY, 1991). Essa perda de eficiência dos agrotóxicos é atribuída ao aumento de resistência dos organismos-alvo. Entre 1950 e 1990, o número de espécies de insetos resistentes passou de 20 para mais de 500, enquanto o número de espécies de plantas espontâneas resistentes chegou a 273 (NATIONAL RESEARCH COUNCIL, 1996).

No Brasil, o uso de agrotóxicos vem crescendo de forma acelerada desde a Segunda Guerra Mundial. Em 2008, o País tornou-se líder mundial na aplicação desses

produtos, com o emprego recorde de 733,9 milhões de toneladas (MENTEN, 2009) ou 3,9 kg de venenos por brasileiro por ano. O emprego de substâncias tóxicas na agricultura gera impactos ambientais profundos e em várias direções. Seus efeitos negativos sobre espécies não-alvo são gigantescos, aspecto facilmente explicado pelo fato de que apenas 0,1% dos pesticidas atinge os organismos-alvo. Nos EUA, por exemplo, o número de colônias de abelhas nas áreas agrícolas caiu de 4,4 milhões para 1,9 milhão, entre 1985 e 1997, em consequência dos impactos dos agrotóxicos (DAILY, 1997).

O livro “Primavera silenciosa”, de Rachel Carson, representou, em 1962, um marco de repercussão planetária para a consciência ecológica ao denunciar os graves efeitos nocivos dos agrotóxicos sobre a saúde pública e o meio ambiente. Além de descrever como os agentes químicos persistentes vinham contaminando a natureza, Carson documentou como eles se acumulam nos organismos humanos. Mais recentemente, os autores do livro “O futuro roubado” retomaram e aprofundaram as denúncias de Carson ao apresentarem evidências científicas da relação entre os agentes químicos e o desenvolvimento sexual aberrante de animais silvestres, além de problemas comportamentais e dificuldades reprodutivas entre os seres humanos (COLBORN et al., 1997).

A contaminação de corpos d’água por fertilizantes sintéticos é outra frente de poluição química gerada pela agricultura industrial. Estima-se que apenas 50% dos nutrientes contidos nesses fertilizantes sejam absorvidos pelas plantas cultivadas, sendo a outra metade absorvida por plantas espontâneas ou carregada pela água até os lagos, aquíferos e, finalmente, os deltas oceânicos. Esse é o caso do Golfo do México, onde uma área de 20 mil km<sup>2</sup> na Foz do Mississipi é conhecida como deserto marinho, já que 85% da vida aquática foi afetada com a eutrofização da água resultante do excesso de fertilizantes (TORRES et al., 2000).

### Emissão de gases de efeito estufa (GEEs)

As monoculturas constituem um imperativo da lógica econômica do sistema agroalimentar globalizado, uma vez que somente por meio delas torna-se possível a padronização necessária para o crescente aumento de escala de produção, transformação e transporte de alimentos. Nesse sentido, a Revolução Verde foi condição-chave para o radical reordenamento da geografia da agricultura mundial verificado nas últimas décadas.

Além dos impactos ambientais negativos de abrangência local/regional, a associação das monoculturas modernizadas e das criações intensivas com a globalização sem precedentes do comércio e do consumo de alimentos tem contribuído de forma decisiva para a alteração dos padrões climáticos no planeta. Tomadas em conjunto, as etapas de produção, processamento, embalagem, resfriamento e transporte de alimentos constituem parcela significativa da emissão de GEE. Estima-se que somente a etapa primária do sistema agroalimentar (que inclui a produção de insumos, as operações de manejo e a abertura de novas áreas agrícolas) emita de 17% a 32% do total dos GEEs gerados por atividades humanas (BELLARBY et al., 2008). Se a essa cifra forem adicionadas emissões provenientes das demais etapas que levam ao consumo final, conclui-se que os sistemas agroalimentares atuais respondem por cerca da metade das emissões.

### **UMA AGRICULTURA MULTIFUNCIONAL, RELOCALIZADA E DESINDUSTRIALIZADA**

Mesmo os dilemas ambientais sem precedentes não demoveram os principais agentes promotores e beneficiários da agricultura industrial. Para estes, a solução propugnada para enfrentar tais dilemas passa pela continuidade dos processos de intensificação agrícola por meio do aprofundamento da intervenção no mundo natural proporcionada pelas biotecnologias. Nessa linha de defesa, insiste-se na

promessa de uma agricultura sustentável com base em variedades transgênicas tolerantes ao estresse hídrico, a solos de baixa fertilidade ou que tornariam dispensável o emprego de agrotóxicos por serem resistentes a pragas e doenças. Não obstante aos altos investimentos em peças publicitárias que reproduzem esse discurso, tanto as fartas evidências empíricas ao redor do mundo, quanto os resultados das pesquisas independentes já realizadas, demonstram de forma inequívoca que a opção pela Revolução Duplamente Verde (como pretendem os defensores da transgenia) é inviável do ponto de vista ecológico, além de introduzir novos e imprevisíveis riscos ao meio ambiente e à saúde pública e aprofundar os já agudos processos de exclusão social gerados pela modernização agrícola.

No polo oposto à proposta de crescente artificialização dos agroecossistemas, está o caminho da reconciliação entre agricultura e natureza, ou seja, a desindustrialização da agricultura. Essa estratégia implica a redução drástica do emprego de energia fóssil e de outros recursos naturais finitos nos sistemas agrícolas. Para compensar a supressão do uso de insumos industriais e compatibilizar eficiência produtiva com conservação ambiental, essa estratégia funda-se no emprego inteligente dos recursos naturais por meio da articulação de conhecimentos de fronteira da ciência da Ecologia com os saberes populares aplicados nos métodos tradicionais de agricultura. Como ciência emergente, a Agroecologia é portadora de conceitos e métodos que criam as pontes para o estabelecimento do diálogo entre o saber popular e o científico, condição necessária para a revitalização da inovação local como dispositivo social para o desenvolvimento de agroecossistemas fortemente conectados aos ecossistemas naturais.

Do ponto de vista técnico, a estratégia central da Agroecologia orienta-se para

a exploração dos variados produtos e serviços gerados pela biodiversidade nos agroecossistemas. Diferente dos ecossistemas naturais, os agroecossistemas podem ter a biodiversidade subdividida em duas categorias: a biodiversidade planejada e a biodiversidade associada. A primeira refere-se às espécies animais e vegetais introduzidas no sistema com propósitos econômicos. A segunda compreende a biota que coloniza espontaneamente o sistema produtivo e o seu entorno. Ao contrário da concepção da agronomia convencional, a Agroecologia não enfoca as espécies espontâneas nos agroecossistemas como organismos indesejados que devem ser necessariamente eliminados por meios mecânicos ou químicos. Pelo contrário, a essência da estratégia agroecológica está justamente na valorização das funções ecológicas que a biodiversidade (planejada e associada) cumpre na regeneração da fertilidade e na manutenção da sanidade dos agroecossistemas para que estes se

mantenham indefinidamente produtivos (Fig. 1).

Exatamente por articular a produção econômica com a reprodução ecológica em longo prazo é que a Agroecologia tem sido designada como a ciência da agricultura sustentável. Esse inevitável caminho para a sustentabilidade vem sendo muito frequentemente confundido com uma opção pelo retrocesso histórico ou com uma visão romântica do mundo contemporâneo. Seus opositores alegam que a adoção em larga escala dessa estratégia resultaria na disseminação sem precedentes da fome e da miséria. A despeito das fartas evidências empíricas em contrário documentadas em várias regiões do mundo desde a década de 1980<sup>5</sup>, esse tipo de argumentação permanece sendo reproduzida. Três importantes documentos recentemente publicados ajudam a contrapor esses argumentos.

O relatório divulgado em 2007 pela Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) afirma o potencial

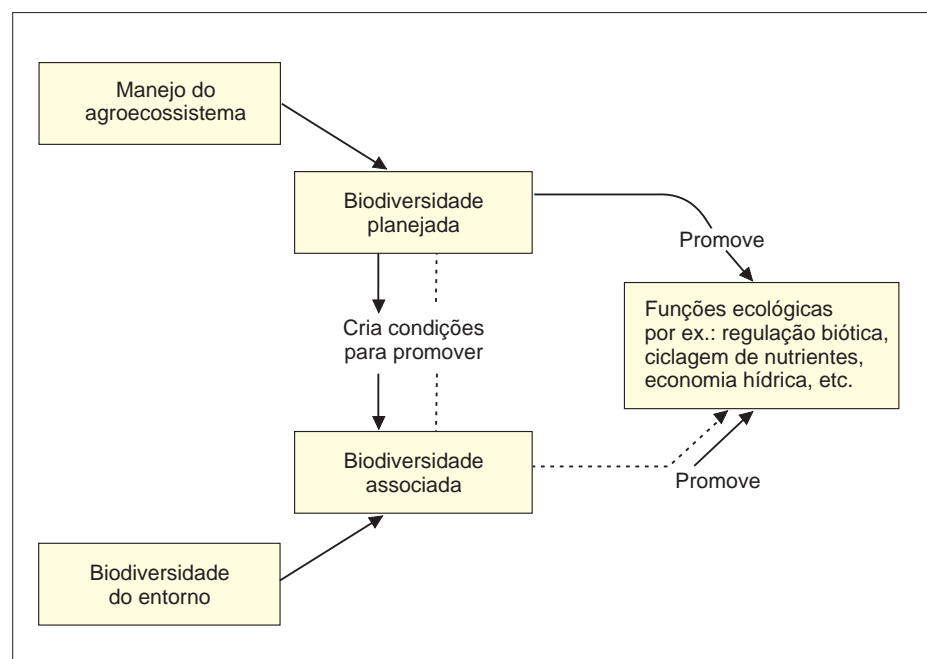


Figura 1 - Funções ecológicas promovidas pelas interações entre biodiversidade planejada e biodiversidade associada nos agroecossistemas

FONTE: Vandermeer e Perfecto (1995 apud ALTIERI, 1999).

<sup>5</sup>Essas evidências vêm sendo trazidas a público pelas revistas produzidas pela Rede Leisa desde 1984. A edição brasileira da revista *Leisa* vem sendo publicada desde 2004 sob o nome de *Agriculturas: experiências em agroecologia*. Para informações sobre esta revista consultar o site: <http://agriculturas.leisa.info>



e a necessidade de a agricultura ecológica substituir a agricultura convencional (FAO, 2007). De acordo com a FAO, o modelo agrícola dominante apresenta sérios paradoxos, já que produz comida de sobra, enquanto milhões de pessoas permanecem submetidas à fome e à subnutrição. Além disso, utiliza cada vez mais agroquímicos, sem que se verifique uma contrapartida em termos de aumento na produtividade das lavouras.

Um grupo de 400 cientistas de todo o mundo e de vários ramos do saber, reunidos por três anos na iniciativa Avaliação Internacional sobre Ciência e Tecnologia Agrícola para o Desenvolvimento<sup>6</sup>, concluíram que é premente a extrapolação do viés produtivista predominante com a ampliação de pesquisas voltadas para o desenvolvimento de outras funções-chave da agricultura. Entre essas funções, destacam a proteção do solo, da água e da biodiversidade, bem como a revalorização dos conhecimentos tradicionais de milhões de pequenos agricultores dos países do Sul. O documento aponta ainda para a necessidade de pesquisas voltadas para o desenvolvimento de estilos de agricultura que emitam menos GEE e que contribuam para a mitigação dos impactos das mudanças climáticas (INTERNATIONAL ASSESSMENT OF AGRICULTURAL, KNOWLEDGE, SCIENCE AND TECHNOLOGY FOR DEVELOPMENT, 2009).

Já a Universidade de Michigan (EUA) realizou minuciosa análise comparativa da produtividade obtida em sistemas de produção convencionais e ecológicos. Com base em 293 casos estudados (incluindo países desenvolvidos e em desenvolvimento; climas temperado, tropical úmido e semiárido), concluiu-se que o enfoque agroecológico pode sim responder ao desafio de abastecer toda a população mundial. Para a maior parte das espécies

cultivadas, a análise mostrou que a razão entre a produtividade média das lavouras ecológicas e das convencionais foi pouco menor que 1,0 em países desenvolvidos e maior que 1,0 em países em desenvolvimento. A pesquisa aponta ainda que a agricultura ecológica tem potencial para abastecer uma população ainda maior do que a presente sem que para isso tenha que se expandir para áreas ocupadas por ecossistemas naturais (BADGLEY et al., 2007). Nesse sentido, o estudo desmonta o argumento de que uma suposta menor produtividade das agriculturas de base ecológica levaria a um aumento expressivo do desmatamento, o que anularia suas vantagens ambientais iniciais.

As conclusões desses três importantes esforços internacionais fundamentam-se em evidências científicas que se multiplicam em todos os quadrantes do planeta e que demonstram que o viés agroecológico fornece as diretrizes para a agricultura exercer múltiplas funções no atendimento de interesses vitais das sociedades, entre as quais a produção e a distribuição de riquezas sociais e a conservação do meio ambiente. Dessa forma, ao relacionar diretamente a economia com a ecologia dos agroecossistemas, o enfoque agroecológico abre perspectivas concretas para que a agricultura cumpra funções-chave na gestão sustentável dos recursos naturais, dentre as quais se destacam a conservação dos solos, a regulação dos ciclos hidrológicos locais e a mitigação do efeito estufa.

### Conservação dos solos

Partindo do princípio de que a quantidade (ou concentração) de nutrientes no solo não é o fator que determina o bom desenvolvimento dos cultivos, mas sim o acesso constante das raízes das plantas a uma quantidade balanceada de nutrientes, o manejo agroecológico dos solos põe em

xeque a concepção convencional de fertilização que se baseia no aporte de adubos sintéticos. A estratégia agroecológica aplica-se por meio de manejos voltados à manutenção de solos biologicamente ativos, que asseguram boas colheitas com baixos custos financeiros e ambientais. Em essência, esses manejos reproduzem nos agroecossistemas as condições estruturais e funcionais responsáveis pela reprodução da fertilidade dos ecossistemas naturais, dentre as quais (PETERSEN, 2008):

- a) a maximização da produção e do uso de biomassa no sistema por meio de policultivos, de rotações de culturas, de práticas agroflorestais e da integração cultivos-criações;
- b) a proteção permanente do solo com cobertura viva ou morta;
- c) o preparo do terreno para o plantio com o mínimo de revolvimento.

Além de favorecer uma nutrição balanceada para as plantas cultivadas, as práticas de manejo agroecológico dos solos também incidem positivamente na regulação de populações de organismos potencialmente danosos às lavouras, como insetos-praga e microrganismos patogênicos. Inúmeras evidências científicas têm demonstrado o caráter multifuncional do manejo agroecológico, em particular no que se refere ao efeito sinérgico entre a manutenção da fertilidade e a sanidade dos agroecossistemas (ALTIERI; NICHOLLS, 2003).

Estima-se que algo em torno de 20% da produção mundial de alimentos seja proveniente de policultivos e que a produtividade nesses sistemas seja 20% a 60% superior à das monoculturas (FRANCIS, 1986 apud ALTIERI, 2008). Esse maior rendimento físico vem sendo atribuído a perdas menores causadas por plantas espontâneas, doenças e insetos-praga, assim como pela manutenção de solos que sus-

<sup>6</sup>O *International Assessment of Agricultural, Knowledge, Science and Technology for Development (IAASTD)* contou com a contribuição de representantes de governos, do setor privado e da sociedade civil de países ricos e em desenvolvimento. Foi um empreendimento cofinanciado por organismos vinculados às Nações Unidas: FAO, Global of Environment Facility (GEF), Programa das Nações Unidas sobre o Desenvolvimento (PNUD), United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (Unesco), World Health Organization (WHO) e pelo Banco Mundial. Mais informações sobre o IAASTD consultar o site: <http://www.agassessment.org>

tentam processos biológicos responsáveis pela transformação de recursos abióticos do agroecossistema (água, luz e nutrientes) em biomassa.

### **Regulação dos ciclos hidrológicos locais**

O aumento da eficiência do uso da água, ou seja, do total de biomassa produzida por unidade de água disponível, é uma característica essencial para a construção de estilos de agricultura mais sustentáveis. O emprego intensivo da biodiversidade por meio do manejo conservacionista dos solos, os cultivos de cobertura, as variedades locais, os espaçamentos adensados e os sistemas agroflorestais estão entre as práticas que ajudam a regular os ciclos hidrológicos locais, ao favorecer a infiltração da água e a penetração profunda das raízes dos cultivos, ao reter maiores teores de umidade nos solos e ao reduzir as perdas por escoamento superficial e evaporação.

Pretty et al. (2006) realizaram extensivo levantamento sobre o incremento da eficiência do uso da água, tomando por base os dados de áreas agrícolas em diferentes níveis de transição agroecológica, sistematizados por 286 programas de desenvolvimento rural e conduzidos em 57 países. Corroborando resultados que já haviam identificado na literatura, estes autores constataram que a elevação da produtividade da água foi expressiva nos sistemas de sequeiro e moderada nos sistemas irrigados, o que indica o enorme potencial da perspectiva agroecológica para promover o aumento da produção alimentar, sem que para isso sejam necessários aportes de água aos agroecossistemas via irrigação intensiva.

Os resultados obtidos pelo levantamento podem ser explicados essencialmente pelo fato de que os agroecossistemas de base ecológica possuem maior resiliência hídrica, ou seja, possuem mecanismos eficientes de autorregulação dos seus ciclos hidrológicos. O desenvolvimento de agroecossistemas mais resilientes apresenta-se como um desafio crucial no contexto das mudanças climáticas globais, em que os

extremos climáticos devem-se acentuar aumentando os riscos agrícolas.

Estudo recente realizado pela Assessoria e Serviços a Projetos em Agricultura Alternativa (AS-PTA) no planalto norte de Santa Catarina demonstra que, mesmo em estádios iniciais de transição agroecológica, os agroecossistemas tornam-se mais resilientes ante os extremos climáticos. Os produtores de milho da região vivenciaram um período agrícola atípico, já que extremos climáticos opostos combinaram-se na mesma safra (excesso de chuvas no início e seca no final), resultando em uma quebra de produção estimada em 50%. Apesar das perdas generalizadas entre as famílias agricultoras, o estudo identificou que aquelas que haviam optado por manejos de base ecológica sentiram menos o impacto das irregularidades climáticas, quando comparadas com as que mantiveram sistemas convencionais, já que registraram uma perda média de apenas 20% da safra esperada. Vale ressaltar nesse caso que, além das diferenças relativas à produtividade física, os resultados econômicos dos dois tipos de sistema foram absolutamente contrastantes, uma vez que o custo de produção do sistema convencional foi quase dez vezes superior ao custo do sistema em transição agroecológica. Ao dependerem totalmente do aporte de insumos industriais para a reprodução técnica dos agroecossistemas, os produtores convencionais registraram um prejuízo equivalente a 2.690 kg/ha de milho, enquanto aqueles que ingressaram na trajetória de transição agroecológica obtiveram um saldo positivo de 3.470 kg/ha de milho (ALMEIDA et al., 2009).

### **Mitigação do efeito estufa**

Ao se fundamentar no uso intensivo da biodiversidade como mediadora dos fluxos e ciclos naturais nos agroecossistemas, o enfoque agroecológico oferece uma dupla resposta ao desafio de mitigar o efeito estufa. De um lado, reduz a emissão dos GEEs pela agricultura a níveis consideravelmente mais baixos do que os atuais. Além de interromper drasticamente o ciclo de dependência de combustíveis fósseis,

os sistemas de base ecológica diminuem ou eliminam por completo o emprego de insumos industriais responsáveis pela emissão de GEEs ainda mais danosos que o CO<sub>2</sub>, como o óxido nitroso.

Por outro lado, os agroecossistemas que incorporam práticas de base ecológica aumentam a contribuição da agricultura no sequestro de carbono atmosférico. Diferentes estimativas dessa contribuição adicional chegaram a valores entre 733 e 3.000 kg/ha de CO<sub>2</sub> por ano (FLIEBBACH et al., 2007; PIMENTEL et al., 2005 apud INTERNATIONAL COMMISSION ON THE FUTURE OF FOOD AND AGRICULTURE, 2006).

Diante da magnitude das alterações climáticas que já se vem anunciando, a atitude mais ingênua é insistir que as soluções serão encontradas por meio do progresso tecnológico, sem que os padrões de produção e consumo nas sociedades modernas sejam profundamente alterados. O enfoque agroecológico aplicado com sucesso em diferentes situações socioambientais do planeta aponta para um princípio fundamental para a reorientação dos sistemas agroalimentares: a realocação da produção, do comércio e do consumo dos alimentos.

Relocalizar significa reconciliar agroecossistemas e ecossistemas naturais por meio do emprego intensivo da biodiversidade. Mais biodiversidade representa mais carbono sequestrado da atmosfera por meio de processos naturais dependentes da energia solar. Na forma de biomassa, esse carbono cumpre funções essenciais ao subsidiar a fertilidade e manter a sanidade dos agroecossistemas, permitindo a eliminação de agroquímicos emissores de GEEs altamente nocivos. A biodiversidade funciona também como uma espécie de seguro natural diante da instabilidade climática, já que aumenta a resiliência dos agroecossistemas ante os extremos climáticos. Finalmente, os sistemas agrícolas biodiversificados proveem quantidade, qualidade e diversidade de alimentos para o abastecimento de populações das imediações. Dessa forma, torna-se possível



diminuir a necessidade das operações de processamento, embalagem, resfriamento e transporte, reduzindo assim a carga energética dos alimentos.

## **CONDIÇÕES PARA A TRANSIÇÃO AGROECOLÓGICA**

Um dos principais aprendizados que vem do estudo da história da agricultura é que a superação de um padrão de organização técnica e econômica dos agroecossistemas por outro nunca ocorreu como resultado automático das novas descobertas tecnológicas. A adoção em larga escala das novidades técnicas costuma esbarrar em fortes obstáculos político-institucionais e culturais, mesmo quando já tenham comprovado capacidade de responder a profundos dilemas enfrentados pelas sociedades. Como explicar, por exemplo, que as inovações da primeira Revolução Agrícola, no final da Idade Média, tenham demorado quase três séculos para se disseminarem do Norte da Europa para a Península Ibérica e para a Itália, regiões então marcadas pela fome e pela pobreza extrema, embora demonstrassem capacidade de praticamente dobrar a produtividade física das lavouras e criações de forma sustentável. A explicação para tal retardo só pode ser encontrada no fato de que essas inovações não se ajustavam às estruturas agrária e social altamente desiguais que prevaleciam nos países da Europa Meridional (MAZOYER; ROUDART, 1997). Em outras palavras, as relações de poder na sociedade são definidoras da orientação do padrão tecnológico que esta opta por seguir.

Aplicando essa reflexão ao contexto atual, pode-se afirmar que a hegemonia mundial do modelo da agricultura industrial vem-se sustentando graças à obstinada resistência a transformações por parte da aliança de elites agrárias, agroindustriais e financeiras em torno do agronegócio e à sua influência decisiva sobre a concepção de legislações e políticas executadas nacional e internacionalmente. De fato, sem as regulamentações e subsídios estatais e de organismos multilaterais que criam as condições econômicas e institucionais necessárias para

sustentar a insustentabilidade do agronegócio, novos rumos para o desenvolvimento das agriculturas no mundo já teriam sido tomados em resposta aos críticos desafios socioambientais dos tempos atuais.

Apenas em 2002, os países da União Europeia gastaram 320 bilhões de dólares em subsídios à agricultura. Nos EUA, o gasto em subsídios em 1996 foi da ordem de 70 bilhões de dólares. Ainda que em ambos os casos esses aportes sejam destinados preferencialmente aos grandes produtores, é para as grandes corporações fornecedoras de insumos e equipamentos agrícolas e para o sistema financeiro que os recursos públicos acabam fluindo. O cenário no Brasil não é diferente. Muito embora se autoprouclame o setor mais rentável da economia brasileira, o agronegócio depende de créditos públicos da ordem de 100 bilhões de reais anuais para que possa gerar uma renda de 120 bilhões. Dessa forma, a poupança pública é mobilizada para sustentar uma economia de baixa rentabilidade que gera enormes custos ambientais e sociais não contabilizados nas estatísticas oficiais e que, além disso, transfere os riscos inerentes à sua atividade à sociedade.

Nessas condições, fica claro que a transição do modelo hegemônico de desenvolvimento rural para padrões, que se baseiam no princípio da sustentabilidade socioambiental e cultural, não se fará sem que a renitente força inercial do agronegócio seja superada no plano político. Uma estratégia voltada para impulsionar uma transição agroambiental desse nível de complexidade deveria orientar os investimentos públicos e as iniciativas da sociedade civil para o desenvolvimento de agriculturas produtivas, socialmente justas e que sejam dotadas de bases tecnológicas e práticas culturais que assegurem a reprodução da capacidade produtiva e preservem a integridade do meio ambiente local e globalmente.

Experiências concretas, que proliferaram em todas as regiões do mundo vêm demonstrando que a Agroecologia fornece as diretrizes para a emergência de padrões de desenvolvimento rural que compatibili-

zam esses objetivos, ao mesmo tempo em que restitui elevado grau de autonomia da agricultura em relação ao capital industrial e financeiro. Essas mesmas experiências evidenciam que, como enfoque científico, a Agroecologia possui vigência histórica, uma vez que oferece respostas consistentes à profunda crise socioambiental vivenciada nas civilizações contemporâneas.

Em que pese as crescentes demonstrações nesse sentido, um conjunto de reformas interdependentes de natureza política, econômica e cultural faz-se necessário para que a perspectiva agroecológica torne-se operacional e dissemine-se nas instituições sociais. Um dos aspectos centrais a ser considerado nessas reformas é a necessidade de superação da dicotomia entre a Economia e a Ecologia, a qual orienta a concepção dos dispositivos institucionais de regulação pública do desenvolvimento. As políticas ambientais permanecem essencialmente voltadas para a preservação dos ecossistemas naturais, demonstrando pouco interesse pelos impactos ambientais dos agroecossistemas. Além disso, por estar mais centrada no conceito de preservação do que no de uso social dos recursos naturais, essa concepção termina por antepor o meio ambiente ao desenvolvimento. Já as políticas agrícolas continuam essencialmente mobilizadas em torno do objetivo de promover o crescimento da produtividade física e da rentabilidade econômica dos agroecossistemas no curto prazo, não incorporando qualquer preocupação com a reprodução das condições ecológicas para a manutenção da agricultura em longo prazo. O desencontro dessas perspectivas talvez explique por que, quando se aborda a problemática ambiental, frequentemente não se estabeleça uma relação imediata com a agricultura (ALMEIDA et al., 2001).

Cumpram ressaltar também que a irradiação de agriculturas multifuncionais, realocadas e desindustrializadas não se processará sem que novos sistemas de gestão e planejamento suplantem o caráter fragmentário vigente nas políticas públicas. Entre outras condições, o avanço

nesse sentido requer a criação de espaços para a efetiva participação das comunidades e organizações sociais na gestão do desenvolvimento local, o que implica um processo correspondente de redistribuição de poder político-administrativo entre escalas geográficas das administrações públicas e entre setores sociais.

Está-se, portanto, diante de um complexo processo de aprendizagem coletiva que se desenvolve em um ambiente social que encerra profundos conflitos de concepção e de poder no seio das sociedades. Somente uma vontade coletiva forte, atuante e informada pelas experiências inovadoras em curso será capaz de reconciliar agricultura e natureza, criando condições concretas para que a humanidade enfrente os difíceis tempos que estão por vir.

## REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, E. de; PETERSEN, P.; PEREIRA, F.J.P. da. Lidando com extremos climáticos: análise comparativa entre lavouras convencionais e em transição ecológica no Planalto Norte de Santa Catarina. **Agriculturas: experiências em agroecologia**. Resposta às mudanças climáticas, Rio de Janeiro, v. 6, n. 1, p.28-33, abr. 2009. Disponível em: <<http://agriculturas.leisa.info/>>. Acesso em: set. 2009.
- ALMEIDA, S.G. de; PETERSEN, P.; CORDEIRO, A. **Crise socioambiental e conversão ecológica da agricultura brasileira**: subsídios à formulação de diretrizes ambientais para o desenvolvimento agrícola. Rio de Janeiro: AS-PTA, 2001. 121 p.
- ALTIERI, M. A. **Small farms as a planetary ecological asset**: five key reasons why we should support the revitalisation of small farms in the Global South. Penang, Malaysia: Third World Network, 2008. 24 p.
- \_\_\_\_\_. The ecological role of biodiversity in agroecosystems. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 74, n.1, p. 19-31, June 1999.
- \_\_\_\_\_; NICHOLLS, C. I. Soil fertility management and insect pests: harmonizing soil and plant health in agroecosystems. **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, v. 72, p. 203-211, 2003.
- BADGLEY, C.; MOGHADDER, J.; QUINTERO E.; ZAKEM, E.; CHAPPELL, M.J.; AVILÉS-VAZQUEZ, K.; SAMULON, A.; PERFECTO, I. Organic agriculture and the global food supply. **Renewable Agriculture and Food Systems**, v. 22, n. 2, p.86-108, 2007.
- BELLARBY, J.; FOEREID, B.; HASTINGS, A.; SMITH, P. **Cool farming**: climate impacts of agriculture and mitigation potential. Amsterdam: Greenpeace International, 2008. 44p. Disponível em: <<http://www.greenpeace.org/raw/content/international/press/reports/cool-farming-full-report.pdf>>. Acesso em: set. 2009.
- BOSERUP, E. **Evolução agrária e pressão demográfica**. São Paulo: Hucitec, 1987. 141p.
- COLBORN, T.; DUMNOSKI, D.; MYERS, J.P. **O futuro roubado**. Porto Alegre: L&PM, 1997.
- CONWAY, G.R.; PRETTY, J.N. **Unwelcome harvest**: agriculture and pollution. London: Earthscan, 1991. 645 p.
- COUPE, S.; LEWINS, R. **Negotiating the seed treaty**. Reino Unido: Rugby, UK: Practical Action, 2007. Disponível em: <<http://practicalactionpublishing.org/?id=negotiatingseed>>. Acesso em: set. 2009.
- DAILY, G.C. **Natures services**: societal dependence on natural ecosystems. Washington: Island Press, 1997.
- FAO Report. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON ORGANIC AGRICULTURE AND FOOD SECURITY, 2007, Rome. Rome: FAO, 2007. Disponível em: <<ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/meeting/012/J9918E.pdf>>. Acesso em: set. 2009.
- HEINEMANN, J.A. **A typology of the effects of (trans)gene flow on the conservation and sustainable use of genetic resources**. Rome: FAO, 2007.
- HORRIGAN, L.; LAWRENCE, R.S.; WALKER, P. How sustainable agriculture can address the environmental and human health harms of industrial agriculture. **Environmental Health Perspectives**, Baltimore, v. 110, n. 5, p. 445-456, May 2002.
- INTERNATIONAL ASSESSMENT OF AGRICULTURAL KNOWLEDGE, SCIENCE AND TECHNOLOGY FOR DEVELOPMENT. **Synthesis report**: a synthesis of the global and sub-global IAASTD Reports. Washington, 2009. Disponível em: <<http://www.agassessment.org/>>. Acesso em: set. 2009.
- INTERNATIONAL COMMISSION ON THE FUTURE OF FOOD AND AGRICULTURE. **Manifesto on the future of food**. Arslia, Itália, 2006. Disponível em: <<http://www.future-food.org/>>. Acesso em: set. 2008.
- MAZOYER, M.; ROUDART, L. **Histoires du agricultures**: du néolithique a la crise contemporaine. Paris: Seuil, 1997.
- MENTEN, J.O. Liderança em tecnologia fitossanitária. **Agroanalysis**, Rio de Janeiro, v. 29, n. 4, abr. 2009.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL. Board on Agriculture. **Ecologically based pest management**: new solutions for a new century. Washington, 1996.
- OLDEMAN, L.R. The global extent of soil degradation. In: GREELAND, D.J.; SZALBOLCS, I. (Ed.). **Soil resilience and sustainable land use**. Wallingford: CAB International, 1994. p.99-118.
- PETERSEN, P. Editorial. **Agriculturas**: experiências em agroecologia. Manejo sadio dos solos, Rio de Janeiro, v.5, n.3, set. 2008. Disponível em: <<http://agriculturas.leisa.info/>>. Acesso em: set. 2009.
- PIMENTEL, D. Water resources: agriculture, the environment and society. **BioScience**, v.47, n.2, Feb. 1997.
- \_\_\_\_\_; WILSON, A. World population, agriculture, and malnutrition. **World Watch Magazine**, v. 17, n.5, Sept./Oct. 2004.
- PRETTY, J. N.; NOBLE, A.D.; BOSSIO, D.; DIXON, J.; HINE, R.E.; DE VRIES, F.W.T.P.; MORISON, J.I.L. Resource-conserving agriculture increases yields in developing countries. **Environmental Science & Technology**, v.40, n.4, p.1114-1119, Feb. 2006.
- TORRES, F.; PIÑEIRO, M.; TRIGO, E.; MARTINEZ NOGUEIRA, R. Agriculture in the early XXI century: agrobiodiversity and pluralism as a contribution to address issues on food security, poverty and natural resource conservation-reflections on its nature and implications for global research. In: GLOBAL FORUM ON AGRICULTURAL RESEARCH, 2000, Dresden, Germany. **Conference...** Rome, [2000]. Disponível em: <<http://www.fao.org/docs/eims/upload/206156/gfar04.pdf>>. Acesso em: set. 2009.
- UNESCO. **Water for people water for life**: United Nations World Water Development Report. Paris, 2003. Disponível em: <<http://unesdoc.unesco.org/images/0012/001295/129556e.pdf>>. Acesso em: set. 2009.
- WHEALY, K. **Garden seed inventory**: an inventory of seed catalogs listing all non-hybrid vegetable seeds available in the United States and Canada. Iowa: Seed Savers Exchange, 2005.
- WORLD BANK. **World development report 2008**: agriculture for development. Washington, 2008.
- WORLD RESOURCES INSTITUTE. **Global biodiversity strategy**: guidelines for action to save, study and use the Earth's biotic wealth sustainably and equitably. Washington, 1992. Disponível em: <[http://archive.wri.org/publication\\_detail.cfm?pubid=2550](http://archive.wri.org/publication_detail.cfm?pubid=2550)>. Acesso em: set. 2009.



# Pagamento por serviços ambientais: alternativa para efetivação da proteção ambiental em propriedades rurais

Mariana Barbosa Vilar<sup>1</sup>  
Laércio Antônio Gonçalves Jacovine<sup>2</sup>  
Agostinho Lopes Souza<sup>3</sup>

Resumo - Instrumentos econômicos podem ser úteis e efetivos para promover a integridade e a conservação ambiental. Dentre estes, o Pagamento por Serviços Ambientais (PSA) tem obtido destaque no Brasil, visto que o Ministério do Meio Ambiente, secretarias estaduais e prefeituras municipais têm-se engajado nessa temática, com a perspectiva de implantar políticas públicas que incentivem proprietários rurais a garantir a provisão de serviços ambientais. Atribuir valor econômico aos serviços ambientais prestigia o caráter multifuncional do meio ambiente, reconhecendo o valor da natureza pela importância dos processos de regulação ecológica, hoje, fora dos valores de mercado. Será apresentado um panorama geral sobre os serviços ambientais e as experiências de seu pagamento já implantadas no Brasil.

Palavras-chave: Economia ambiental. Valoração ambiental. Conservação ambiental. Sustentabilidade ambiental.

## INTRODUÇÃO

A legislação ambiental vigente no Brasil mostra-se ineficiente ao aplicar mecanismos de comando e controle. Diante do arcabouço legal existente, a redução dos estoques de capital natural e a degradação ambiental ocorrem corriqueiramente, sem que haja intervenções efetivas para alteração desse quadro. Nos últimos anos, surgiu uma multiplicidade de mecanismos e instrumentos passíveis de implantação com vistas ao desenvolvimento sustentável e à conservação ambiental. O princípio do poluidor-pagador já está em vigor, por exemplo, na Lei nº 9.433 de 1997 (BRASIL, 1997), no instrumento de cobrança pelo uso da água e descarga de efluentes. O princípio do conservador-recebedor complementa

o primeiro e é considerado uma inovação, visto que prevê um afastamento das políticas ambientais de comando e controle, ao utilizar forças de mercado para obter maiores resultados ambientais por meio da recompensa aos provedores de serviços ambientais que não auferem receitas diretas das áreas protegidas. Diante dessa nova demanda da compensação, surge a necessidade de conhecer o valor econômico do meio ambiente, a fim de balizar a compensação a ser paga pela prestação de serviços ambientais.

Neste artigo, serão apresentadas iniciativas de Pagamentos por Serviços Ambientais (PSA), bem como um exemplo de metodologia de valoração econômica do meio ambiente, que podem subsidiar a discussão sobre a implantação de sistemas de paga-

mento por serviços ambientais. Além disso, apresenta-se um padrão com princípios, critérios e indicadores importantes a serem avaliados e monitorados nesses sistemas de pagamento por serviços ambientais.

## SERVIÇOS AMBIENTAIS

Os serviços ambientais resultam das funções dos ecossistemas que beneficiam os seres humanos. As funções ecológicas constituem a capacidade dos processos naturais de prover bens e serviços, que satisfaçam as necessidades humanas direta e indiretamente.

No geral, os serviços ecossistêmicos podem ser definidos como os benefícios que os indivíduos obtêm dos ecossistemas naturais. Entre 1960 e 2000, a demanda por

<sup>1</sup>Eng<sup>a</sup> Florestal, M.Sc., R. Padre Francisco J. Silva, 10/101 - Santa Clara, CEP 36570-000 Viçosa-MG. Correio eletrônico: maribvilar@hotmail.com

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

<sup>3</sup>Eng<sup>a</sup> Florestal, D.Sc., Prof. Tit. UFV - Dep<sup>o</sup> Engenharia Florestal, CEP 36570-000 Viçosa-MG. Correio eletrônico: alsouza@ufv.br

serviços ecossistêmicos cresceu significativamente, visto que a população mundial dobrou, e a economia global aumentou em mais de seis vezes. Ao mesmo tempo, estudos revelaram que os serviços ecossistêmicos globais entraram em declínio (ENGEL et al., 2008).

Na Costa Rica, em 1996, foi promulgada a Lei Florestal nº 7.575, que reconheceu explicitamente quatro serviços ambientais promovidos pelos ecossistemas florestais (PAGIOLA, 2008):

- a) mitigação das emissões de gases de efeito estufa;
- b) serviços hidrológicos, incluindo o abastecimento de água para consumo humano, irrigação e geração de energia;
- c) conservação da biodiversidade;
- d) provisão de beleza cênica para recreação e ecoturismo.

Segundo Kitamura (2003), 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. Estes apresentam outros valores econômicos, tais como o de opção, motivado pelo interesse em preservar a biodiversidade para o seu uso futuro ou, ainda, o valor de existência que está relacionado com os atributos culturais, como ética religiosa. Da mesma forma que os valores de opção, os de existência estão distantes do reconhecimento do mercado econômico.

Diante da definição de serviços ambientais ou ecossistêmicos, as funções do ecossistema são concebidas como um subconjunto de processos e estruturas ecológicas. Andino Mejía (2005) sugere a existência de um amplo número de funções do ecossistema e de seus bens e serviços associados, entretanto é conveniente agrupar as funções ecológicas em quatro categorias principais:

- a) funções de regulação: relaciona-se com a capacidade natural do ecossistema em regular processos

ecológicos; manutenção dos processos bióticos por meio dos ciclos biogeoquímicos de benefício para os seres vivos, tais como: ar limpo, água, solo, controle biológico;

- b) funções de *habitat*: os ecossistemas naturais proveem de *habitat* de reprodução a espécies animais e florísticas, contribuindo dessa maneira para a conservação biológica *in situ* e diversidade genética;
- c) funções produtivas: correspondem aos processos de fotossíntese e processos autótrofos que convertem dióxido de carbono, água e nutrientes em estruturas de carboidratos, usadas para geração de maior biomassa (alimento para consumo humano, provisão de matéria-prima, madeira, etc.);
- d) funções de informação: resultantes dos momentos em que o ecossistema natural contribui para a manutenção da saúde humana ao prover princípios ativos para a indústria farmacêutica ou, ainda, quando promove funções de reflexão, enriquecimento espiritual e recreação.

Existe uma tipologia básica de serviços ambientais, que se diferenciam, segundo Burstein et al. (2002):

- a) sequestro de carbono, que inclui a conservação dos estoques existentes, bem como o incremento de carbono fixado em produtos provenientes das florestas e de outras áreas, onde existem e são incrementados esses estoques;
- b) serviços hídricos e monitoramento do desempenho das bacias hidrográficas que incorporam abastecimento de água e recarga de aquíferos subterrâneos, prolongação da vida útil e da infraestrutura hidráulica, prevenção e mitigação de desastres causados por fenômenos meteorológicos de excesso ou ausência de precipitações;
- c) conservação da diversidade biológica, incluindo a conservação de

nichos e redução da fragmentação de *habitat* na paisagem regional, mediante a formação de corredores ecológicos;

- d) beleza cênica, considerada fator de valorização de propriedades e componente da oferta de serviços de recreação.

## PAGAMENTO POR SERVIÇOS AMBIENTAIS (PSA)

Em muitos casos, os termos PSA ou Pagamento por Serviços Ecossistêmicos (PSE) são utilizados para qualquer tipo de mercado que se baseia em mecanismos de conservação ambiental. Segundo Engel et al. (2008), PSA ou PSE podem ser definidos como transação voluntária em que um serviço ecossistêmico bem definido (ou um uso da terra que assegure um serviço ecossistêmico) é comprado por, no mínimo, um comprador de no mínimo um provedor de serviços ecossistêmicos. A condicionante, em que se baseia o pagamento por serviços ambientais, refere-se à provisão contínua desses serviços pelo provisor ou produtor destes.

O princípio orientador dessa relação é o chamado princípio do conservador-recebedor, que complementa o princípio do poluidor-pagador. 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, segundo Born e Talocchi (2002):

- a) transferência direta de recurso financeiro;
- b) favorecimento na obtenção de créditos;
- c) isenção de taxas e impostos;
- d) aplicação de receitas de impostos em programas especiais;
- e) disponibilização de tecnologia;
- f) capacitação técnica;
- g) subsídios a produtos;
- h) fornecimento preferencial de serviços públicos;



i) garantia de acesso a mercados ou programas especiais.

Os manejadores dos ecossistemas, fazendeiros, agricultores, madeireiros ou gestores de áreas protegidas, frequentemente recebem poucos benefícios da terra com a conservação das florestas. Esses benefícios são, na maioria das vezes, 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 negativas às populações ribeirinhas que não receberão os benefícios da infiltração da água, da biodiversidade e do estoque de carbono. O pagamento por serviços ecossistêmicos pode auxiliar a tornar a conservação florestal uma opção atrativa para os manejadores dos ecossistemas e, conseqüentemente, induzi-los a adotar essa nova opção.

O PSE, conseqüentemente, busca internalizar o que poderia ser uma externalidade. De fato, programas de PSE esforçam-se para por em prática o teorema de Coase, que estipula que as externalidades podem, sob determinadas condições, ser superadas por meio da negociação privada entre as partes afetadas (PEARCE; TURNER, 1990). Estes programas podem também ser considerados como um subsídio ambiental (para os produtores de serviços ecossistêmicos), em alguns casos, com uma taxa para usuários (sobre os consumidores dos serviços ecossistêmicos).

A premissa básica para o pagamento por serviços ambientais é compensar os agentes que manejam o meio ambiente e os recursos naturais, gerando bens e serviços ambientais que beneficiam principalmente a sociedade, seja local, regional ou global (AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS, 2008).

Se a sociedade deseja continuar recebendo água, energia, ar limpo e beleza cênica, faz-se necessário preservar os ecossistemas e manejá-los adequadamente, o que implica em custo e perda de receita pelo uso privado dos recursos naturais pelo proprietário. Esses valores deveriam ser pagos pelos usuários dos benefícios ambientais ou pela sociedade, que continuará usufruindo dos serviços e bens gerados.

## EXPERIÊNCIAS NACIONAIS DE PSA

Segundo Young (apud CI FLORESTAS, 2009), a discussão sobre o PSA pertence a um novo paradigma econômico do Ministério do Meio Ambiente, que busca garantir a conservação ambiental por meio de um sistema que permita avançar com uma governança ambiental pública mais contemporânea, mais integrada com as demandas da sociedade, com fluxo constante de recursos e menor custo operacional.

O Programa Produtor de Água, proposto pela Agência Nacional de Águas (2008), tem como objetivo melhorar a qualidade da água, pelo incentivo à adoção de práticas que promovam o abatimento da sedimentação. Além disso, pretende-se com esse 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 a compra dos benefícios ou serviços ambientais gerados pelos participantes, com base no princípio do “provedor-recebedor”. 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.

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; do capital adquirido em multas ambientais; do orçamento público municipal, estadual e federal; das doações e transferências (ESPÍRITO SANTO, 2008a). Esses recursos serão destinados ao PSA aos produtores rurais, conforme a Lei nº 8.995, sancionada em 2008 (ESPÍRITO SANTO, 2008b).

Em Extrema, MG, a Lei Municipal nº 2.100 de 2005 instituiu o Programa Conservador das Águas, 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. O 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 das práticas implantadas, por meio do PSA aos produtores rurais. A base conceitual do programa tem como característica a voluntariedade da adesão e a flexibilidade no que diz respeito a práticas e manejos propostos. 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 por hectare (EXTREMA, 2005).

Em Montes Claros, MG, foi criado, pela Lei Municipal nº 3.545 de 2006 (MONTES CLAROS, 2006), o Ecocrédito, com o objetivo de estabelecer um sistema mais harmônico entre a produção rural e o meio ambiente, sem onerar o erário municipal. O Ecocrédito incentiva produtores rurais a conservar a biodiversidade, delimitando áreas de preservação ambiental em suas propriedades. Por meio do zoneamento ecológico-econômico, planejado e coordenado pela Secretaria Municipal de Meio Ambiente, o município definiu as áreas prioritárias para preservação ambiental. As áreas de reserva legal instituídas pelo Código Florestal (BRASIL, 1965) e as áreas de preservação permanentes (APPs), existentes nas propriedades, também podem-se beneficiar do Ecocrédito, incluindo nascentes, matas ciliares, áreas de recarga de bacias hidrográficas, sítios arqueológicos, grutas, entre outras. Os pro-

dutores rurais que investem na preservação recebem o Ecocrédito: uma quantia de 5 Unidades Padrão Fiscal (UPFs), equivalente a R\$110,10 por hectare, por ano. O Ecocrédito recebido pelo produtor rural é utilizado para pagamento de impostos e taxas municipais, como IPTU e ISS, ou para pagar serviços possíveis de ser prestados pela prefeitura nas propriedades rurais (capina, roçadas e hora de máquinas). O Ecocrédito também pode ser utilizado como moeda no comércio, pelos fornecedores e prestadores de serviços, que, por sua vez, podem empregá-lo no erário municipal, para quitação de impostos municipais, leilões públicos, entre outros (MONTES CLAROS, 2006).

O Programa Bolsa Floresta (BF) do governo do Amazonas foi instituído pela Lei Estadual nº 3.135 de 2007, sobre Mudanças Climáticas (AMAZONAS, 2007), para reconhecer, valorizar e compensar as populações tradicionais e indígenas do Estado pela conservação das florestas, rios, lagos e igarapés. Esse Programa foi construído de forma participativa, com ampla discussão com instituições governamentais e não-governamentais do Amazonas. O Programa BF prevê o PSA às comunidades tradicionais das Unidades de Conservação pelo uso sustentável, conservação e proteção dos recursos naturais, bem como o incentivo a políticas voluntárias de redução do desmatamento. O recurso para o pagamento dos benefícios é proveniente dos juros dos recursos existentes no Fundo Estadual de Mudanças Climáticas. O Programa BF tem duas vertentes de pagamento: BF familiar, que inclui o pagamento mensal de R\$50,00 a representantes de famílias residentes em Unidades de Conservação estaduais e BF associação, que é destinado às associações dos moradores das Unidades de Conservação do Estado. Equivale a 10% da soma de todas as BFs familiares.

Os proprietários rurais de Apucarana, PR, que mantêm suas nascentes preservadas, de acordo com as normas ambientais, e aqueles que iniciarem ações de recuperação recebem apoio técnico e financeiro por parte da prefeitura municipal. O Projeto Oásis/Apucarana prevê o incentivo que

será definido de acordo com a vazão da nascente. Para cada nascente será destinado o valor mensal de até três Unidades Fiscais do Município (UFMs), sendo que, atualmente, cada UFM equivale a R\$35,00. Para uma nascente com vazão até 1,5 mil litros por hora será paga uma UFM por mês; de 1,5 mil a 3 mil litros por hora, duas UFMs por mês e com vazão acima de 3 mil litros por hora, três UFMs 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 (BRASIL, 1965). Ao aderir ao Programa, o proprietário rural 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 e outras entidades (APUCARANA, 2009).

O governo do estado de Minas Gerais promulgou em agosto de 2008 a Lei nº 17.727 (MINAS GERAIS, 2008), que dispõe sobre a concessão de incentivo financeiro a proprietários e posseiros rurais, sob a denominação 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, cujas condições estão sendo regulamentadas pelo Poder Executivo, será dos agricultores familiares e dos donos de pequenas propriedades rurais (propriedades com até quatro módulos fiscais). Para efeito da concessão do benefício, será obedecida uma gradação de valores dos benefícios

em ordem crescente: propriedades e posses que necessitem adequação aos critérios de regularização da Reserva Legal e de proteção das APPs; propriedades e posses que conservem ou preservem áreas no limite estabelecido pela legislação em termos da regularização da Reserva Legal e da proteção das APPs; 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 APPs. Além disso, o benefício terá valor majorado nos casos de propriedades que apresentarem balanço ambiental adequado, conforme critérios a serem estabelecidos pelo Comitê Executivo do Bolsa Verde (MINAS GERAIS, 2009).

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 Ambiental e Desenvolvimento Sustentável das Bacias Hidrográficas do Estado de Minas Gerais (Fhidro);
- 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.

## **ESTRATÉGIAS PARA OS SISTEMAS DE PSA**

Os sistemas de PSA apresentam quatro estratégias básicas (BURSTEIN et al., 2002):

- a) são de longo prazo;
- b) o mercado pode ser internacional e estar sujeito a acordos internacionais;



- c) requerem colaboração múltipla de atores sociais;
- d) têm como produto um aspecto intangível que é a consciência dos provedores e pagadores dos serviços ambientais.

A viabilidade de implantação de sistemas de PSA está relacionada com a capacidade organizacional de associações da sociedade civil, em longo prazo. Em síntese, trabalhar com pequenos produtores provavelmente implica em custos de transação mais altos que, por exemplo, para o mesmo serviço ambiental oferecido por um latifundiário. O trabalho com grupos voluntários dentro de comunidades, regiões ou bacias hidrográficas propicia melhores resultados, entretanto, deve-se considerar a necessidade do fortalecimento organizacional para a construção de alianças estratégicas efetivas entre a sociedade civil, órgãos públicos e outros setores que possam participar dos esquemas de PSA.

Os sistemas de PSA tendem a construir um mercado diferenciado e, portanto, é importante atentar-se para a demanda e oferta de serviços ambientais, considerando que a demanda geralmente lidera a construção de mercados formais. A apropriação dos projetos de PSA, por parte dos produtores de serviços ambientais, apresenta grande potencial de conscientização ambiental por meio da mudança de comportamento e atitude dos atores envolvidos. Além disso, as receitas geradas pelos sistemas de PSA passam a compor a renda de famílias rurais que, geralmente, apresentam grande diversificação de produção e baixa lucratividade.

As fontes de recursos para PSA são diversas e peculiares. Segundo a Agência Nacional de Águas (2008), os recursos financeiros necessários para o funcionamento de um programa de PSA poderão vir das mais variadas fontes, tais como:

- a) recursos da cobrança pelo uso da água;
- b) empresas de saneamento e companhias de abastecimento de água;
- c) empresas de geração de energia elétrica e usuários;

- d) Fundos Estaduais de Recursos Hídricos;
- e) Fundo Nacional de Meio Ambiente;
- f) orçamento geral da União;
- g) orçamento de Estados, municípios e Comitês de Bacias;
- h) compensação financeira por parte de usuários beneficiados;
- i) mecanismo de desenvolvimento limpo (MDL)/Protocolo de Kyoto;
- j) organismos internacionais;
- k) financiamento de bancos de investimento oficiais - Banco do Brasil e Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES).

Outras fontes de recurso para o PSA poderiam ser obtidas dos *royalties* pela utilização de recursos não renováveis (petróleo, carvão mineral e outros minerais) e outros tributos pagos pelas indústrias químicas, indústrias de papel e celulose, siderúrgicas ou empresas de transportes em geral.

Existem outras formas possíveis de compensação, além da remuneração em espécie pela prestação de serviços ambientais. Entre estas formas destacam-se:

- a) redução ou isenção de impostos;
- b) subsídio agrícola;
- c) favorecimento na obtenção de créditos;
- d) disponibilidade para capacitação técnica;
- e) subsídios a produtos;
- f) fornecimento preferencial de serviços públicos;
- g) garantia de acesso a mercados ou programas especiais.

Segundo Jantzi et al. (1999), a Costa Rica apresenta uma história de políticas governamentais de conservação florestal que datam de mais de 50 anos. Estas incluem:

- a) sistema governamental que permite o corte de árvores e a conversão de florestas em áreas agrícolas em todas as terras privadas;

- b) restrições em cortes de florestas ou árvores em zonas ripárias e em áreas com declividade acentuada;
- c) incentivo monetário e assistência técnica para o reflorestamento.

Muitas políticas públicas da Costa Rica restringem o uso da terra e não são acatadas por produtores rurais pobres que ocupam terras marginais. Apesar da execução, essas políticas foram consideradas limitadas e arruinadas pela corrupção do País. Mesmo assim, agricultores com boas orientações sobre conservação tendem a respeitar as políticas florestais do governo, mesmo reconhecendo que muitas pessoas não acatam estas leis. Jantzi et al. (1999) acreditam que o apoio geral do governo, por meio da legislação sobre conservação florestal, reconhece os valores da floresta para as comunidades. Existe uma indicação clara que o interesse em conservação florestal cresceu nos últimos anos e esta vem acompanhada de ações como reflorestamentos.

O aumento do interesse em conservação florestal está relacionado com o sentimento de perda de alguns valores florestais, incluindo produtos florestais, conservação de bacias hidrográficas e biodiversidade, como resultado do desflorestamento. As experiências de PSA sugerem que a regeneração da floresta possa estar relacionada com a mudança de valores ambientais, bem como com as mudanças nas condições econômicas e políticas das comunidades (JANTZI et al., 1999).

## VALORAÇÃO ECONÔMICA DO MEIO AMBIENTE

Os bens e serviços ambientais não são transacionados no mercado econômico tradicional, pois não possuem valor de mercado. A economia ambiental surgiu em meados da década de 70, visando incorporar a teoria econômica a assuntos relacionados com o manejo e a proteção dos recursos naturais. Surgiram, então, técnicas experimentais de valoração econômica dos recursos naturais com o objetivo de estimar o valor monetário dos bens e dos serviços ambientais. Valorar economicamente um recurso ambiental

significa determinar quanto melhor ou pior ficará o bem-estar das pessoas em função da mudança na quantidade ou qualidade dos bens ou serviços. O valor econômico de um recurso natural assume papel importante como medida protecionista do uso dos recursos naturais, como mecanismo de mensuração das externalidades, como método de indenizações judiciais e como forma de proteção ambiental.

Os métodos indiretos de valoração obtêm uma estimativa do valor econômico do recurso ambiental, com base no preço de mercado de produtos afetados pelas alterações ambientais. Os métodos diretos de valoração simulam mercados hipotéticos para captar diretamente a disposição das pessoas para pagar o bem ou serviço ambiental. Os resultados dos métodos de valoração econômica dos recursos naturais são expressos em valores monetários, por ser a medida padrão da economia.

Dentro desta perspectiva, em 2008 foi realizado um diagnóstico socioeconômico e ambiental<sup>4</sup> na Bacia Hidrográfica do Rio Xopotó com o intuito de estimar o valor ambiental de 40 propriedades rurais distribuídas em quatro municípios desta bacia. Por meio da adaptação da metodologia da Disposição a Pagar, estimou-se a Disposição a Receber (DAR) de cada produtor rural para imobilizar áreas em suas propriedades de forma que garantissem a provisão de serviços ambientais. A Bacia Hidrográfica do Rio Xopotó vem sofrendo grandes pressões antrópicas que comprometem a promoção dos serviços ambientais (manutenção do ciclo hidrológico, regulação do clima, biodiversidade, entre outros). A DAR média estimada foi de R\$160,00 (ha/ano), para que o produtor rural mantivesse preservadas áreas de funções ambientais importantes em suas propriedades. A média encontrada aproxima-se do valor utilizado em Extrema,

MG, no Programa Conservador das Águas, cujo pagamento é efetuado de acordo com o alcance de metas preestabelecidas. Esse valor pode ser considerado um balizador para a tomada de decisões e elaboração de políticas públicas que reconheçam os produtores rurais como produtores de serviços ambientais, incentivando-os a continuar prestando esses serviços fundamentais para a sobrevivência humana.

## PRINCÍPIOS, CRITÉRIOS E INDICADORES PARA SISTEMAS DE PSA

O estabelecimento de um padrão contendo princípios, critérios e indicadores é necessário para que as propriedades sejam monitoradas e seja avaliada a evolução das questões ambientais e sociais. Assim, quanto mais completo for o padrão, dados mais consistentes serão obtidos, entretanto, deve-se levar em conta a praticidade e a aplicabilidade da utilização desses indicadores. Dependendo do objetivo da avaliação e das restrições de tempo, recursos humanos e materiais, não serão utilizados todos os indicadores, necessitando realizar ajustes para utilização daqueles mais adequados à situação.

Uma consulta realizada a 15 especialistas indicou o grau de importância médio de alguns indicadores para valoração de serviços ambientais<sup>5</sup>. Estes especialistas foram encorajados a sugerir novos indicadores que seriam importantes para análise e valoração de serviços ambientais. Esta consulta resultou em princípios, critérios e indicadores que podem ser entendidos como um roteiro de avaliação de propriedades rurais, visando à qualificação dos serviços ambientais ali promovidos e à caracterização socioeconômica da propriedade rural como um todo. Neste roteiro, foram incluídos princípios, critérios e in-

dicadores que possam facilitar a valoração dos recursos naturais e a inclusão de proprietários rurais em sistemas de pagamento por serviços ambientais.

### Princípio 1: caracterização ambiental - qualidade do ar

#### Critério 1

O proprietário deve manter áreas de floresta conservada na propriedade rural de forma que garanta a estabilidade do clima. Tendo como indicadores:

- porcentual de floresta na propriedade;
- área de Reserva Legal conservada e protegida;
- APP no entorno de nascentes preservadas e protegida (50 m de raio com vegetação);
- APP de topo de morro preservada e protegida;
- APP em declividade > 45° preservada e protegida;
- APP em várzeas preservadas e protegidas;
- áreas de florestas excedentes à APP e Reserva Legal;
- estágio sucessional das áreas de mata nativa.

#### Critério 2

O proprietário não pratica atividades de alto impacto ambiental. Tendo como indicadores:

- não produzir carvão na forma tradicional;
- não possuir mineração ou cascalheira;
- não possuir suinocultura, nem granja;
- não realizar queimadas de resíduos vegetais.

<sup>4</sup>Ação do Projeto Agente Ambiental: produtor rural prestador de serviços ambientais desenvolvido pelo Instituto Xopotó em parceria com a Universidade Federal de Viçosa (UFV) e apoio do Instituto Estadual de Florestas (IEF).

<sup>5</sup>Parte da Dissertação apresentada, pela primeira autora deste artigo, à UFV, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciência Florestal, para obtenção do título de Magister Scientiae.



## Princípio 2: caracterização ambiental - conservação do solo

### Critério 1

O proprietário rural deve adotar um manejo da propriedade de forma que mantenha a conservação do solo. Tendo como indicadores:

- a) presença de curva de nível;
- b) presença de cordão de contorno;
- c) utilização de cultivo mínimo;
- d) ausência de erosão;
- e) não realização de queimadas;
- f) não utilização de herbicidas para controle de plantas daninhas;
- g) percentual de ocupação da propriedade com culturas temporárias;
- h) percentual de utilização da propriedade com culturas permanentes;
- i) percentual de áreas de pastagem na propriedade;
- j) presença de árvores nas áreas de pastagem na propriedade;
- k) pastagem conservada;
- l) presença de bacia de captação de água de chuva;
- m) manejo agroecológico;
- n) destino adequado do lixo inorgânico.

## Princípio 3: caracterização ambiental - qualidade da água

### Critério 1

Qualidade da água. Tendo como indicadores:

- a) condutividade elétrica da água,  $C < 100 \mu\text{S}/\text{cm}$  a  $25^\circ\text{C}$ ;
- b) pH da água entre 6,0 e 9,0<sup>6</sup>;
- c) turbidez (T) da água ( $T < 90,0 \text{ UNT}$ )<sup>6</sup>;
- d) coliformes totais (CT) presentes na água ( $\text{CT} < 1.000$ )<sup>6</sup>;
- e) presença de fossa séptica;

f) lixo nos cursos d' água.

### Critério 2

O proprietário deve adotar medidas para proteção dos cursos d' água e nascentes em sua propriedade. Tendo como indicadores:

- a) presença de nascentes;
- b) nascente protegida;
- c) presença de cursos d' água;
- d) curso d' água protegido;
- e) não utilização de herbicidas;
- f) não utilização de inseticidas e fungicidas;
- g) não despejar nenhum tipo de esgoto ou resíduo nos cursos d' água;
- h) não acesso do gado a cursos d' água;
- i) vazão dos cursos d' água.

## Princípio 4: caracterização ambiental - biodiversidade

### Critério 1

Diversidade de espécies vegetais existentes na propriedade rural. Tendo como indicadores:

- a) Índice de Shannon-Weaver ( $H'$ ),  $3,8 \leq H' < 4,2$  (Índice de Shannon-Weaver significativo para a Zona da Mata de Minas Gerais - Floresta Estacional Semidecidual);
- b) espécies raras ou ameaçadas de extinção;
- c) diversificação de culturas agrícolas;
- d) presença de espécies nobres.

## Princípio 5: obediência à legislação ambiental

### Critério 1

Demonstração dos direitos de posse da terra. Tendo como indicador:

- a) posse da escritura e do registro do imóvel rural.

### Critério 2

Demonstração do cumprimento das leis ambientais. Tendo como indicadores:

- a) licenciamento para implantação de empreendimentos (granja, suinocultura, etc.);
- b) presença de Reserva Legal;
- c) área de Reserva Legal averbada;
- d) autorização para exploração florestal;
- e) outorga de uso da água ou de uso insignificante.

## Princípio 6: caracterização socioeconômica

### Critério 1

Tamanho da propriedade rural. Tendo como indicadores:

- a) pequena propriedade rural ( $< 50$  hectares);
- b) propriedade rural média (50 - 100 hectares);
- c) grande propriedade rural ( $> 100$  hectares);
- d) família reside na propriedade rural.

### Critério 2

Renda do produtor rural. Tendo como indicadores:

- a) renda exclusiva da atividade rural;
- b) trabalhadores rurais são membros da família.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Pode-se dizer que o PSA não deve ser entendido como um subsídio ao produtor rural, mas sim como uma compensação pela impossibilidade de explorar economicamente parte da propriedade, pela proteção dessas áreas, para que não sejam invadidas e nem degradadas. Além disso, o manejo adequado de propriedades rurais deve ser reconhecido e valorado economicamente, pois, por meio desse será garantido o forne-

<sup>6</sup>Parâmetros desejados para enquadramento dos cursos d' água nas classes 1 ou 2, conforme Resolução do Conama nº 357/2005 (CONAMA, 2005).

cimento de recursos naturais, fundamentais para a manutenção da qualidade de vida dos próprios moradores da área rural, mas, principalmente, dos moradores urbanos que já são maioria hoje no Brasil.

## REFERÊNCIAS

- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Programa Produtor de Água**: manual operativo. Brasília, 2008. 58p. Disponível em: <<http://www.ana.gov.br/Produagua>>. Acesso em: 25 maio 2009.
- AMAZONAS. Lei nº 3.135, de 5 de junho de 2007. Institui a Política Estadual sobre Mudanças Climáticas, Conservação Ambiental e Desenvolvimento Sustentável do Amazonas, e estabelece outras providências. **Diário Oficial do Estado do Amazonas**, Manaus, 5 jun. 2007. Disponível em: <[http://www.florestavivamazonas.org.br/download/Lei\\_est\\_n\\_3135\\_de\\_050607.pdf](http://www.florestavivamazonas.org.br/download/Lei_est_n_3135_de_050607.pdf)>. Acesso em: 25 maio 2009.
- ANDINO MEJÍA, J.W. **Planificación del manejo de los recursos naturales con base en los servicios ambientales prioritarios en la subcuenca del Lago de Yojoa, Honduras**. 2005. 65p. Tese (Mestrado em Manejo e Conservação de Florestas Tropicais e Biodiversidade) - Escuela de Posgrado, Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), Turrialba, Costa Rica.
- APUCARANA. Lei nº 058, 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 especifica e dá outras providências. **Diário Oficial [do] Município de Apucarana**, Apucarana, PR, 2009. Disponível em: <<http://doe.apucarana.pr.gov.br/downloads/atosoficiais/ao605.doc>>. Acesso em: 11 maio 2009.
- BORN, R.H.; TALOCCHI, S. Compensações por serviços ambientais: sustentabilidade ambiental com inclusão social. In: \_\_\_\_\_. **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 4.771, de 15 de setembro de 1965. Institui o novo Código Florestal. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**. Brasília, 16 set. 1965. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/LEIS/L4771.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L4771.htm)>. Acesso em: maio 2009.
- \_\_\_\_\_. Lei nº 9.433, de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento dos Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei 8001, 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. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/Leis/L9433.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L9433.htm)>. Acesso em: 25 maio 2009.
- BURSTEIN, J.; CHAPELA Y MENDOZA, G.; AGUILAR, J.; LEÓN, E. de. **Informe sobre la propuesta de pago por servicios ambientales en México**. México, D.F.: Fundación Ford; Fundación Prisma, 2002. Disponível em: <[http://www.undp.org.cu/eventos/aprotegidas/Pago\\_Serv\\_Amb\\_Mexico\\_Fund\\_Ford.pdf](http://www.undp.org.cu/eventos/aprotegidas/Pago_Serv_Amb_Mexico_Fund_Ford.pdf)>. Acesso em: 12 maio 2009.
- CI FLORESTAS. **Pagamento por serviços ambientais**. [S.l.], 2009. Disponível em: <[www.ciflorestas.com.br/conteudo.php?id=633](http://www.ciflorestas.com.br/conteudo.php?id=633)>. Acesso em: 5 maio 2009.
- CONAMA. 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. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf>>. Acesso em: maio 2009.
- 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, 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] Espírito Santo**, Vitória, 21 jul. 2008a. Disponível em: <<http://www.al.es.gov.br/images/leis/html/L08960.html>>. Acesso em: maio 2009.
- \_\_\_\_\_. 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] Espírito Santo**, Vitória, 23 set. 2008b. Disponível em: <<http://www.al.es.gov.br/images/leis/html/L08995.html>>. Acesso em: maio 2009.
- EXTREMA, MG. 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-21100-05\\_Extrema-MG.pdf](http://www.comitepcj.sp.gov.br/download/Lei-21100-05_Extrema-MG.pdf)>. Acesso em: 10 maio 2009.
- JANTZI, T.; SCHELHAS, J.; LASSOIE, J.P. Environmental values and forest patch conservation in a rural Costa Rican community. **Agriculture and Human Values**, v.16, n.1, p.29-39, Mar. 1999.
- KITAMURA, P.C. **Valoração de serviços ambientais em sistemas agroflorestais: métodos, problemas e perspectivas**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2003. 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: 30 abr. 2008.
- MINAS GERAIS. 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 nºs 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 florestais e de proteção da biodiversidade no Estado. **Minas Gerais**, Belo Horizonte, 14 ago. 2008. Diário do Executivo. Disponível em: <<http://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=8952>>. Acesso em: 10 maio 2009.
- \_\_\_\_\_. 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. Diário do Executivo. Disponível em: <<http://www.almg.gov.br>>. Acesso em: 10 maio 2009.
- MONTES CLAROS. Lei nº 3.545, de 12 de abril de 2006. Estabelece política e normas para o ECOCRÉDITO no Município de Montes Claros, e dá outras providências. Montes Claros: Procuradoria Jurídica, 2006. Disponível em: <[http://www.montesclaros.mg.gov.br/publica\\_legais/leis\\_pdf/leis\\_2006/abr-06/lei\\_3545\\_06.pdf](http://www.montesclaros.mg.gov.br/publica_legais/leis_pdf/leis_2006/abr-06/lei_3545_06.pdf)>. Acesso em: 25 maio 2009.
- PAGIOLA, S. Payments for environmental services in Costa Rica. **Ecological Economics**, v.65, n.4, p.712-724, 2008.
- PEARCE, D.W.; TURNER, R.K. **Economics of natural resources and the environment**. Baltimore: The Johns Hopkins University, 1990. 378p.



# Estratificação de ambientes para gestão ambiental

Maurício Roberto Fernandes<sup>1</sup>

Soraya Marx Bamberg<sup>2</sup>

Resumo - A caracterização e a análise sistêmica de unidades de paisagens têm como objetivo precípua planejar atividades, dentro das respectivas capacidades de suporte, harmonizando ações antrópicas geradoras de renda, dentro dos paradigmas da sustentabilidade, identificando as respectivas potencialidades e limitações para uso e ocupação múltiplos. Minas Gerais apresenta uma notória ecodiversidade, sendo uma representação sintética de grande parte de ecossistemas brasileiros. Respeitadas as especificidades regionais do Estado, cada unidade de paisagem permite inferências coerentes com o arcabouço geológico e pedológico respaldados em imprescindíveis correlações em campo.

Palavras-chave: Ecossistema. Unidade de paisagem. Desenvolvimento sustentável. Classificação do solo. Minas Gerais.

## INTRODUÇÃO

A avaliação de terras com finalidade de estabelecer suas potencialidades e limitações, que culminam com as respectivas aptidões para atividades agrossilvipastoris, vem sendo aperfeiçoada no intuito de inserir as terras em um contexto ambiental mais amplo. Dessa forma, atende a diversificadas atividades de interesse econômico compatibilizado com interesses ambientais, dentro da trilogia renda, preservação e recuperação.

Os principais modelos metodológicos utilizados são:

- a) classificação da Capacidade de Uso dos Solos e de Aptidão Agrícola;
- b) Sistema de Aptidão Agrícola.

No primeiro modelo, por meio de parâmetros prefixados, enquadram-se as glebas em oito classes e se estabelecem rígidas recomendações para atividades agropecuárias nas respectivas classes. Essa metodologia tem origem no Soil Conservation Service do United States Department of Agriculture

(Usda) e ainda vem sendo utilizada em programas e projetos agropecuários.

Já o Sistema de Aptidão Agrícola (RAMALHO FILHO et al., 1983) considera três sistemas de manejo agropecuário do solo (A, B e C), obtidos com base na análise de limitações dos solos para a agropecuária.

Em ambas as metodologias, concentram-se os interesses nas características dos solos e nas atividades agropecuárias que, apesar de aplicáveis em estudos para planejamento agrícola, deixam a desejar em estudos ambientais, nos quais a integração e a interação entre os recursos naturais são fundamentais e, sobretudo, a possibilidade de inclusão de alternativas para usos não agrícolas do espaço rural. Por outro lado, leigos em assuntos pertinentes à pedologia passam por dificuldades naturais no entendimento e aplicação dessas classificações, incluindo-se nessa categoria produtores rurais, cujos conhecimentos práticos da paisagem rural merecem ser incluídos nesses estudos.

## METODOLOGIA

A metodologia adotada para a identificação das unidades de paisagem foi desenvolvida por Fernandes et al. (2001). Consiste na integração e no estabelecimento das correlações entre as seguintes variáveis ambientais: geologia, relevo e solo. O resultado é representado pela definição das unidades da paisagem que, por sua vez, permitem definir ou, no caso, indicar o potencial e a aptidão dos espaços geográficos. Nessa metodologia, considera-se a paisagem, dentro de cada especificidade local, como uma síntese dos componentes dos meios físico (geologia, relevo e solos), biótico (vegetação nativa) e socioeconômico (atividades antrópicas) (Fig. 1). No caso específico de atividades rurais, é notória a familiaridade de produtores e trabalhadores rurais com a paisagem local, fato que facilita diálogos e discussões pertinentes à capacidade de suporte das respectivas unidades de paisagem.

<sup>1</sup>Eng<sup>a</sup> Agr<sup>a</sup>, M.Sc., Coord. Técnico EMATER-MG, Av. Raja Gabaglia, 1626, CEP 30350-540 Belo Horizonte-MG. Correio eletrônico: solunmrf21@yahoo.com.br

<sup>2</sup>Graduanda em Engenharia Ambiental, Estagiária EMATER-MG, Av. Raja Gabaglia, 1626, CEP 30350-540 Belo Horizonte-MG. Correio eletrônico: sorayabamberg@gmail.com

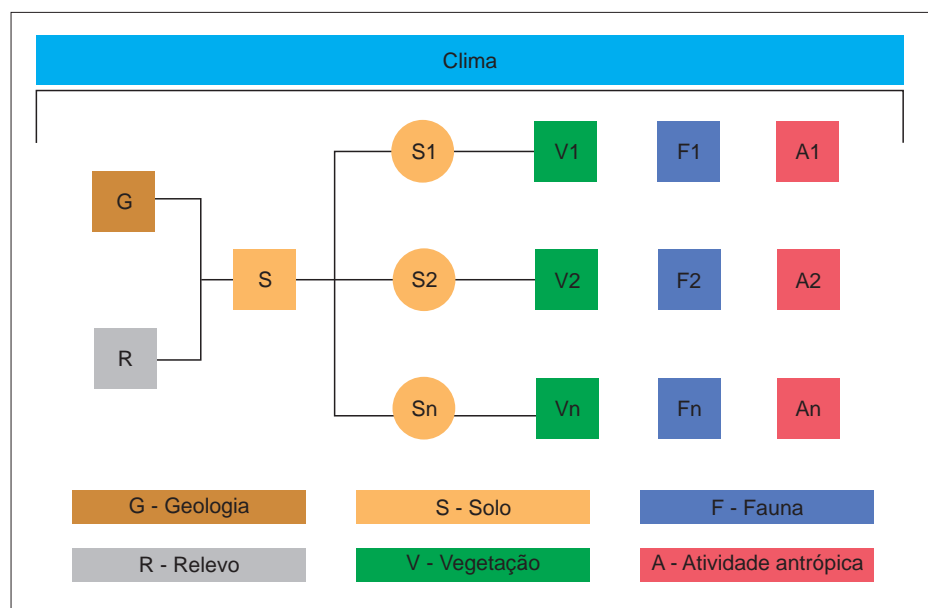


Figura 1 - Esquema da metodologia

FONTE: Fernandes et al. (2001).

O estabelecimento desta integração permite a caracterização das principais unidades de paisagem nos espaços rurais das diversas regiões de Minas Gerais. A título de exemplos, serão interpretadas algumas unidades de paisagens frequentes em Minas Gerais.

### Planícies e terraços fluviais

Unidades de paisagem distribuídas ao longo de cursos d'água de maior grau de desenvolvimento. São, logicamente, as unidades de cotas mais baixas nas bacias hidrográficas onde se inserem. São também denominadas de leito maior dos cursos d'água, sendo, portanto, áreas passíveis de ocupação pelas águas fluviais por ocasião das cheias.

O processo de formação dos solos nessas unidades decorre da deposição de sedimentos aportados pelas águas em ciclos de inundações, sendo estes solos denominados genericamente Neossolos Flúvicos. Caracterizam-se por apresentar horizontes O/A, sobre camadas estratificadas horizontalmente, podendo ocorrer variações significativas entre as diferentes camadas. Podem ocorrer inclusões de Gleissolos, cuja gênese decorre de processos hidromórficos com redução e lixiviação

de alguns elementos químicos, como o ferro na condição reduzida. Outras ordens de solos podem ocorrer nessas unidades de paisagem, incluindo-se, especialmente na região Semiárida, os Vertissolos e Planossolos.

As planícies fluviais úmidas, conhecidas por brejos, caracterizam-se por apresentar solos saturados de umidade (Gleissolos), que levam à redução de ferro ( $Fe^{3+}$  para  $Fe^{2+}$ ) e propiciam uma coloração cinzenta a esbranquiçada nesses solos. Nessas unidades, inserem-se nascentes de aquíferos freáticos de natureza difusa e são colonizadas por vegetação hidrófila.

O uso agrícola das várzeas úmidas ou qualquer modalidade de uso é fortemente limitado pelo excesso de umidade desses solos. Na década de 1970, muitas destas áreas foram drenadas para utilização agrícola, em especial para o cultivo de arroz e forrageiras de inverno. Estas atividades foram amparadas pelo Programa de Aproveitamento de Várzeas (Provárzeas), em muitos casos com resultados ambientais negativos, especialmente sobre o deflúvio básico dos cursos d'água, nascentes difusas e supressão da vegetação ciliar.

A utilização e a ocupação das planícies fluviais apresentam limitações decorrentes

de probabilidades de inundações imprevisíveis por constituir o leito maior dos respectivos cursos d'água. Assim, não se recomenda para estas unidades expansão urbana, culturas permanentes, benfeitorias e residências rurais.

As superfícies planas dessas unidades constituem superfícies atenuadoras de energia que reduzem a competência de transporte de sedimentos arenosos e siltosos provenientes de processos erosivos nas vertentes. Já os sedimentos de natureza coloidal (argilas e húmus) são transportados em suspensão a longas distâncias (Fig. 2).

Contudo, processos erosivos intensos nas vertentes interligadas com planícies e terraços fluviais podem alterar negativamente as características físicas, químicas e biológicas dos solos dessas unidades em decorrência do aporte e deposição de material de solos de fertilidade inferior e acidez elevada.

Construções em planícies fluviais com nível de aquífero freático elevado possibilitam a ascensão capilar de água, refletindo em umidade e proliferação de fungos nas paredes, com prejuízos à saúde e condições de armazenamento de alimento, sementes e agroquímicos. Por outro lado, são favoráveis a cultivos agrícolas de entressafra.

As unidades de paisagem denominadas Terraços Fluviais, em geral associadas a planícies fluviais, são pretéritas planícies de inundação (leito maior), quando a calha (leito menor) do curso d'água ocupava cotas superiores às atuais (Fig. 3).

Nessa nova situação, a planície fluvial (leito maior) é formada em nível inferior à antiga planície, passando a constituir, em patamar superior, o terraço fluvial.

A principal limitação (risco de inundação/encharcamento dos solos), quando na condição de planície fluvial (leito maior), deixa de existir no terraço fluvial, tornando-o com notória aptidão para a agropecuária e, inclusive, para a expansão urbana.

Por outro lado, a influência direta do aquífero freático deixa de prevalecer, cessando o processo do hidromorfismo.



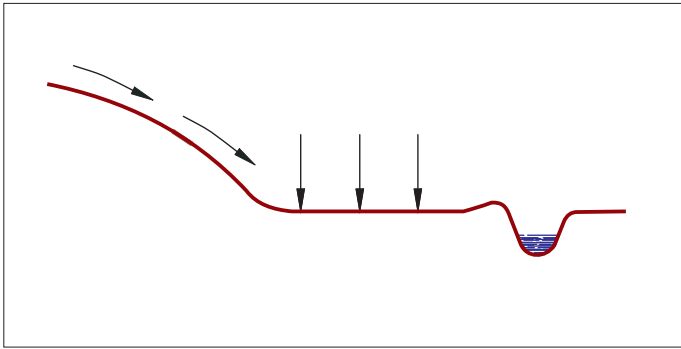


Figura 2 - Aporte e deposição de sedimentos em terraços e planícies fluviais

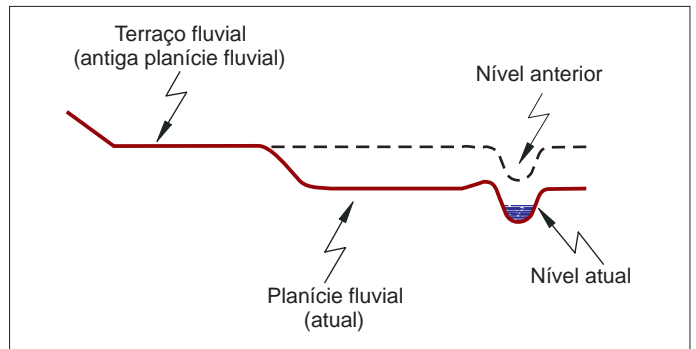


Figura 3 - Planícies e terraços fluviais

Assim, os processos pedogenéticos convencionais passam a atuar nessas superfícies, sendo o material de origem sedimentos indiscriminados. Como os processos pedogenéticos atuam nos sedimentos (material pré-intemperizado) não ocorre a fase de formação de Neossolos Litólicos, formando-se diretamente, numa primeira fase, os Cambissolos e, em continuidade, os Argissolos.

Apesar de distribuídos em todas as regiões do estado de Minas Gerais, os terraços e planícies fluviais são expressivos nos Vales dos Rios São Francisco, Doce, Sapucaí e Verde. Estes últimos, localizados no sul do Estado, onde as cidades implantadas em planícies fluviais sofrem, periodicamente, inundações.

Na Bacia do Rio São Francisco e de seus principais afluentes, os terraços e as planícies fluviais são expressivos nas regiões Norte e Noroeste de Minas Gerais. Notáveis variedades de ordens de solos distribuem-se nestas unidades, não se recomendando a generalização para solos aluviais. Incluem-se nessas unidades subecossistemas importantes, tais como: lagoas marginais e dolinas.

Destacam-se projetos agrícolas irrigados relevantes, tais como os Projetos Jaíba e Gortuba.

### Colinas de topo aplainado/alongado

As colinas de topos aplainados/alongados, conhecidas como colinas meia-laranja, são características das paisagens

no domínio geológico de rochas cristalinas (granitos, gnaisses, migmatitos).

Essas unidades de paisagem são expressivas, em Minas Gerais, nas regiões dos Vales dos Rios Doce/Mucuri, Zona da Mata, Campo das Vertentes e Sul de Minas (Fig. 4).

Ocupam a cota superior das colinas, apresentando certa convexidade (topos aplainados) e alongamento (topos alongados). A declividade favorece a infiltração das águas pluviais e os solos dessas unidades são profundos e permeáveis, pertencendo à ordem dos Latossolos. Esses solos, por apresentarem alto grau de desenvolvimento, são, em geral, distróficos ou alumínicos.

Pela predominância da infiltração das águas pluviais, essas unidades são consi-

deradas áreas de recarga de aquíferos freáticos que, pela legislação florestal vigente, devem ser mantidas sob vegetação nativa. Onde ainda existem remanescentes de vegetação nativa, obviamente, essas devem ser rigorosamente mantidas. Contudo, em épocas passadas, essas unidades foram desmatadas indiscriminadamente para uso e ocupação. Se a principal finalidade dessas áreas, já desmatadas em épocas anteriores, é a manutenção da condição de recarga, nada deve impedir que a ocupação adequada seja levada a efeito, desde que se mantenham boas condições de infiltração das águas pluviais nesses solos.

Dentre as utilizações passíveis de manter as condições que propiciem a recarga de aquíferos freáticos, destacam-se as culturas arbóreas, tais como: a silvicultura,



Figura 4 - Colina de topo aplainado

cafeicultura e fruticultura. Ressalta-se a necessidade de não aplicar agroquímicos de elevadas solubilidade e persistência, de forma que evitem contaminações dos aquíferos.

Contudo, é importante salientar que os topos aplainados das colinas não constituem as únicas e nem as mais expressivas áreas de recarga de aquíferos. Incluem-se, nessas condições, as planícies fluviais, superfícies tabulares e onduladas e até mesmo vertentes, onde o escoamento superficial seja minimizado por práticas de controle da erosão. Para tanto, todas as unidades de paisagem devem ser inseridas, de forma integrada, em trabalhos de manejo integrado de bacias hidrográficas.

### **Vertentes convexas e rampas de colúvio**

Caracterizam-se pela uniformidade do relevo, refletindo a ocorrência de solos desenvolvidos (Latosolos), semelhantes àqueles dos topos aplainados/arredondados (Fig. 5 e 6).

Esta geoforma condiciona distribuição uniforme do escoamento superficial, que pode favorecer processos de erosão laminar.

Apesar de apresentarem, em geral, solos profundos, a declividade e o comprimento de rampas tornam-se os principais fatores limitantes dessas unidades. Portanto, apresentam aptidão nas regiões mineiras, onde se distribuem para pastagens, silvicultura, fruticultura arbórea, cana-de-açúcar e cafeicultura. Culturas anuais não são recomendadas para essas unidades.

A tendência natural ao aplainamento é manifestada pela formação de rampas de colúvio, evidenciadas pela presença de terracetes, em geral confundidos com caminhos de gado, em contorno. À medida que estas rampas se desenvolvem, a declividade reduz e aumentam-se as alternativas para atividades agropecuárias. As rampas de colúvio interligam-se no segmento superior com as vertentes convexas e, no segmento inferior, com planícies, terraços fluviais e fundos encaixados de vales. São



Figura 5 - Vertente convexa



Figura 6 - Rampa de colúvio

caracterizadas como vertentes retilíneas, cujo comprimento de rampa, associado à declividade, constitui os principais fatores de erodibilidade.

### **Vertentes côncavas**

A concavidade das vertentes condiciona, ao contrário das convexas, concentração de águas pluviais e nutrientes nos respectivos talvegues. Por esse fato, a vegetação nessas unidades apresenta-se mais exuberante que aquela das vertentes

convexas. Essas unidades de paisagem são conhecidas como grotas.

Nas vertentes côncavas, podem-se inserir nascentes de aquíferos perenes, temporárias e efêmeras, que originam cursos d'água com regimes de fluxo correspondentes. Por outro lado, as nascentes são comumente entendidas como surgências pontuais de aquíferos (minas), desconsiderando-se, muitas vezes, as áreas de recarga dos aquíferos que se revestem de importância na garantia dos respectivos fluxos (Fig. 7).



Quando os talwegues dessas vertentes são rochosos e como apresentam forte declividade (gradiente de canal), a energia do fluxo é elevada e a turbulência das águas é importante para a sua oxigenação.

As vertentes côncavas (grotas) com fluxos pluviais efêmeros são aquelas cujo escoamento das águas, nos respectivos talwegues, acontece apenas durante as chuvas e/ou poucas horas após estas, podendo-se aproveitar para coletar estas águas e encaminhá-las naturalmente (infiltração) aos aquíferos freáticos. A coleta dessas águas é efetuada por bolsões, no final dos talwegues.

As vertentes com concavidades abertas, denominadas anfiteatros, com ocorrência de solos de maior profundidade, em especial os Argissolos, apresentam aptidão para culturas permanentes, pastagens e capineiras. A concavidade favorece as condições hídricas desses solos, sobretudo na concentração de argila do horizonte B textural (Bt). Por outro lado, nas vertentes de concavidades fechadas predominam solos menos desenvolvidos, os Neossolos Litólicos e Cambissolos.

No domínio dessas rochas cristalinas, distribuem-se colinas em forma de escudo, estruturadas por gnaisses e granitos, denominadas Doms. Sobre essas estruturações distribuem-se Neossolos Litólicos. Essas unidades são, em geral, exploradas como pedreiras para britas e material para pavimentação de vias urbanas.

Na região Campo das Vertentes, no domínio dos mica-xistos, tanto nas vertentes ravinadas quanto nas convexas, predominam Cambissolos distróficos e alumínicos. As vegetações nativas são os Campos Cerrados e de altitude. Esses solos, por apresentarem horizonte B incipiente (Bi) e horizonte C expressivo (siltoso), sobreposto a saprolitos de mica-xistos, apresentam instabilidade mecânica e erodibilidade consideráveis. A modalidade de erosão predominante nesses ambientes é o ravinamento acelerado (voçorocamento).

As condições naturais desses ecossistemas requerem cuidados redobrados em

trabalhos que demandem revolvimento dos solos, tais como: terraplenagens, aração, gradagem, exposição de taludes, canais de drenagens de estradas e implantação de loteamentos.

A notória ocorrência de voçorocas nessa região reflete a instabilidade desses ecossistemas, constituindo a principal fonte de sedimentos, especialmente siltosos, aportados para corpos d'água lânticos

(ambiente de águas paradas) e lóticos (ambiente de águas movimentadas).

Mais a leste das regiões dos Vales dos Rios Doce/Mucuri e Zona da Mata, como continuidade da Serra do Mar, os gnaisses vão sendo substituídos por afloramentos graníticos sob a forma de pães-de-açúcar (Fig. 8). O sopé desses afloramentos é, normalmente, ocupado por Neossolos Litólicos e matacões.



Figura 7 - Vertente côncava



Figura 8 - Afloramento de granito

Marcio Sroduto Mello

Alexandre Souza Soares



Apresentam feições serrilhadas (geoforma em chevron), sendo expressivas na Serra do Espinhaço, Quadrilátero Ferrífero e Mantiqueira.

Na Serra do Espinhaço, nas cotas mais elevadas, predominam as cristas quartzíticas com notável beleza cênica. Nesses ambientes é notória a ocorrência de cachoeiras e cursos d'água cristalina, que concedem a esses ecossistemas notória aptidão para o ecoturismo e preservação.

No Alto Jequitinhonha (Diamantina, Serro e entorno), o intemperismo físico dos quartzitos proporciona a formação de rampas arenosas, ambiente onde se desenvolvem as flores secas (sempre-vivas) de importância econômica e social para aquela região.

No Quadrilátero Ferrífero, em sequência aos quartzitos, ocorrem cristas de filitos e itabiritos, onde se concentram as minerações de ferro em Minas Gerais. As vegetações nativas desses ambientes são os Campos Rupestres.

Ainda no Quadrilátero Ferrífero, distribuem-se coberturas de lateritas (canga), que são crostas impermeáveis com colonização vegetal incipiente. Nos sopés das cristas, é comum a ocorrência de Latossolos Perférricos (Latossolos ferríferos) com notável profundidade do horizonte B.

### Vales encaixados em vertentes ravinadas

Esta unidade de paisagem é comum em todo o estado de Minas Gerais. Os vales encaixados caracterizam-se por apresentar vales com vertentes íngremes, inexistência de planícies fluviais e ocorrência de afloramentos rochosos, junto a cabeceiras das nascentes.

Essas paisagens possuem solos pouco desenvolvidos, denominados Neossolos Litólicos com inclusão de Cambissolos. Por se tratar de solos rasos e instáveis, estão mais suscetíveis às erosões, o que os tornam um ecossistema extremamente frágil.

Predominam em áreas de altitudes mais elevadas. Por causa da alta declividade das

vertentes, é imprescindível a manutenção da cobertura vegetal, visando à proteção do solo contra as atividades erosivas das águas pluviais e o respectivo assoreamento dos leitos. Além de proporcionar a oxigenação das águas superficiais (Fig. 9).

De acordo com a Lei nº 4.771/65 (BRASIL, 1965), encostas ou parte destas com declividade superior a 45°, equivalentes a 100% na linha de maior declive, incluem-se como área de preservação permanente (APP).

### Superfícies tabulares e superfícies onduladas

Conhecidas como chapadas, são expressivas nas regiões mineiras do Triângulo, Alto Paranaíba, Noroeste, Vale do Jequitinhonha e Norte. Caracterizam-se por extensos planaltos em altitudes, em geral, superiores a 800 m e declividades inferiores a 3% (Fig. 10).

O relevo plano favorece a infiltração das águas pluviais, tendo como consequên-



Figura 9 - Vertente ravinada



Figura 10 - Superfícies tabulares



cia a predominância de solos desenvolvidos (profundos) e permeáveis, portanto, de baixa fertilidade natural e elevada acidez, os Latossolos.

A vegetação original é representada por remanescentes de Cerrado *stricto sensu*. A baixa densidade de drenagem favorece a predominância de médias e grandes propriedades rurais. Estas características condicionam a ocupação dessas unidades por culturas comerciais de cereais, cana-de-açúcar, silvicultura e pastagens.

Inseridas nessas unidades podem ocorrer surgências de aquíferos freáticos com formação de solos hidromórficos - Gleissolos (Fig. 11), ambiente onde se desenvolvem as veredas, que constituem, em geral, os principais mananciais hídricos dessas superfícies. A tipologia vegetal desses ambientes é a hidrófila, sobressaindo-se a palmeira buriti. As veredas são protegidas pela legislação estadual.

Especialmente na região Noroeste de Minas Gerais, distribuem-se superfícies tabulares estruturadas por arenitos das Formações Urucuia e Areado. Os solos dessa unidade são predominantemente os

Neossolos Quartzarênicos sob Cerrados e Campos Cerrados.

Esses platôs são importantes áreas de recarga dos aquíferos em meio poroso das rochas areníticas. Em toposequência, distribuem-se os rebordos de chapadas, predominando vertentes ravinadas com Neossolos Quartzarênicos com expressivas camadas de cascalho (quartzo) e vegetação de Campo Cerrado.

Em certos rebordos, ocorrem concreções lateríticas (canga) decorrentes da oxidação de  $Fe^{2+}$  para  $Fe^{3+}$ , lixiviados a partir das chapadas.

No caso dos platôs areníticos, os rebordos são constituídos por escarpas rochosas. As chapadas sobre arenitos são notórias áreas de recarga de aquíferos granulares (aquíferos em meio granular) armazenados nos poros dessas rochas.

Na região de Uberaba (Peirópolis), MG, essas rochas sedimentares abrigam renomado sítio paleontológico dos períodos Jurássico/Cretáceo, com ocorrência de fósseis dos grandes répteis. Portanto, esses ambientes são indicadores de possibilidades de sítios paleontológicos e de abundância de aquíferos.

Na região do Médio Jequitinhonha, as superfícies tabulares interligam-se aos fundos de vales por rebordos, com considerável espessura de seixos rolados sob vegetação de Campo Sujo. Nessa região, significativo percentual dessas superfícies tabulares está ocupado por silvicultura (eucaliptos), conduzida por grandes empresas. O fundo dos vales é ocupado por colinas no domínio geológico dos quartzo-biotita-xistos. Os solos originados dessas rochas são Latossolos Vermelhos, Argissolos e Cambissolos, todos com fertilidade elevada (eutróficos).

Nesse ambiente localizam-se os pequenos produtores, que desenvolvem uma agricultura de subsistência e agregam valores em produtos derivados, sobretudo, da cana-de-açúcar.

### Relevo cárstico

O ambiente cárstico é expressivo em Minas Gerais, sobretudo na Bacia Hidrográfica do Rio das Velhas. Os municípios de Lagoa Santa, Pedro Leopoldo, Sete Lagoas e Cordisburgo reúnem as mais expressivas características desse ambiente. A modulação do relevo cárstico é fortemente condicionada pela solubilidade dos carbonatos. Como expressões paisagísticas desse ambiente destacam-se as formações a seguir.

#### Afloramentos de rochas calcárias

Apresentam aspectos ruiformes e associam-se com Neossolos Litólicos eutróficos. É comum o desenvolvimento de mata seca com desenvolvimento radicular nas fissuras e caneluras das rochas calcárias. Atividades minerárias para atendimento às indústrias de cimento e produção de calcário agrícola podem descaracterizar essa paisagem.

A elevada solubilidade dos carbonatos condiciona a formação de grutas e aquíferos com distribuição caótica. A ocorrência expressiva de grutas transmite a esses ambientes aptidão para ecoturismo, com



Alexandre Souza Soares

Figura 11 - Paisagem com ocorrência de Gleissolos

forte cunho educativo e possibilidades de existir sítios arqueológicos/paleontológicos (Fig. 12).

### Maciços

São grandes planaltos cársticos de vários quilômetros de extensão. Apresentam paredões recobertos por concreções lateríticas, limitando superfícies erosivas. São, muitas vezes, atravessados por vales cegos (fechados), que alojam rios que terminam em sumidouros, transformando o fluxo da água superficial em subterrâneo.

### Dolinas

São depressões de dimensões variadas, distribuídas em planícies e terraços fluviais. A gênese das dolinas está relacionada com a dissolução dos carbonatos e consequente reassentamento dos solos. Essas depressões podem condicionar a formação de lagoas perenes ou temporárias. No fundo dessas depressões, podem ocorrer Gleissolos ou Vertissolos, muitas vezes utilizados, em casos de lagoas temporárias ou secas, para produção agrícola por pequenos produtores rurais (Fig. 13).

### Superfícies onduladas e rampas de colúvio

São superfícies elevadas com relevo suavemente ondulado associado a rampas colúvias. O favorecimento à infiltração de águas pluviais condiciona a ocorrência de solos profundos, permeáveis, de baixa fertilidade (distróficos/alumínicos). A vegetação original é o Cerrado *stricto sensu*.

Na região Central de Minas Gerais, no domínio das rochas pelíticas (metassiltitos e ardósias), nas superfícies onduladas dessa região, distribuem-se solos menos desenvolvidos, de baixa fertilidade (Cambissolos distróficos/alumínico) e cascalhentos.

Esses ambientes apresentam fortes limitações às atividades agropecuárias, restringindo-se a pastagens naturais, com muito baixa capacidade de suporte. Essa situação predispõe essa região a uma das mais baixas densidades demográficas de Minas Gerais.



Figura 12 - Afloramento de rochas calcárias

Alexandre Souza Soares



Figura 13 - Dolina

Alexandre Souza Soares

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

As unidades de paisagens, desde que respeitadas as especificidades regionais, constituem elementos coerentes para análises do meio físico e suas inter-relações com os meios bióticos e antrópicos.

A heterogeneidade do meio físico de Minas Gerais requer tratamento diferenciado, em conformidade com as notórias

diversidades regionais. Essa diversidade permite, desde que caracterizado o meio físico, planejamento seguro e gestão ambiental do espaço rural, observando-se as potencialidades, limitações e as respectivas capacidades de suporte para uso e atividades antrópicas.

As ações ambientais, atendendo a cada especificidade da paisagem estudada, de-



vem levar em conta, de forma pragmática e consistente, o trinômio geração de renda, preservação e recuperação ambiental.

A metodologia de caracterização integrada de unidades de paisagens já vem sendo preconizada e aplicada pelos profissionais do Departamento Técnico (Detec) da Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural do Estado de Minas Gerais (Emater-MG), em caracterizações de territórios municipais, bacias hidrográficas, adequação ambiental de propriedades rurais e de assentamentos para reforma agrária, com resultados satisfatórios.

As informações apresentadas são resultados de décadas de observações e análises integradas das paisagens mineiras e darão origem a manuais regionalizados para uso dos extensionistas no exercício de suas atividades, em consonância com os preceitos da sustentabilidade ambiental das atividades rurais agrícolas e não agrícolas. Nesse aspecto, o diálogo com produtores rurais sobre o planejamento do uso e ocupação sustentáveis de suas propriedades torna-se subsídio valioso para a adequação ambiental dessas propriedades.

## GLOSSÁRIO

**Caráter eutrófico** - solos de elevado grau de fertilidade.

**Caráter distrófico** - solos de médio a baixo grau de fertilidade.

**Colúvio** - são sedimentos incorporados ao solo, os quais provêm de uma superfície de altura superior e é transportado pela ação da gravidade.

**Concreções lateríticas** - também denominadas de canga. São concreções ferruginosas.

**Estrutura** - partículas de solo agregadas.

**Fases do relevo** - classificação do relevo, conforme intervalos de declividade:

Relevo plano - 0% a 3% de declividade;

Relevo suavemente ondulado - 3% a 8% de declividade;

Relevo ondulado - 8% a 20% de declividade;

Relevo fortemente ondulado - 20% a 45% de declividade;

Relevo montanhoso - 45% a 75% de declividade;

Relevo escarpado - ultrapassa 75% de declividade.

**Horizontes** - camadas de solo, aproximadamente paralelas, que se diferenciam visualmente pela cor, textura e estrutura. São expressos com letras latinas em maiúsculo com a seguinte divisão geral:

Horizonte O - restos vegetais semidecompostos;

Horizonte A - horizonte organomineral de cor escura;

Horizonte B - rico em argila e pobre em matéria orgânica;

Horizonte C - intermediário entre material de origem do solo. Rico em silte.

**Material de origem** - rochas consolidadas, ou não, que por ação de fatores climáticos e biológicos formam os solos.

**Níveis categóricos** - utilizados para classificação dos solos. No sistema atual de classificação dos solos (EMBRAPA, 1999), observam-se seis níveis categóricos, a saber: ordens, subordens, grandes grupos, subgrupos, famílias e séries:

Argissolos - solos profundos com forte concentração de argila no horizonte B textural (Bt), ocupando em geral relevos ondulados e suavemente ondulados;

Cambissolos - solos rasos com horizonte B em formação (incipiente) não raramente associados com Neossolos litólicos, podendo apresentar camadas de cascalhos na superfície. Apresentam instabilidade, quando submetidos a operações mecanizadas;

Gleissolos - solos parcial ou totalmente encharcados, que apresentam colorações cinzas ou esverdeadas. Na maioria dos casos, ocupam brejos e são influenciados pelos aquíferos freáticos;

Latossolos - constituem a ordem de solos mais desenvolvidos com expressiva espessura do horizonte B. Em geral, apresentam baixos níveis de fertilidade e elevada acidez. São permeáveis e ocupam, em geral, relevos ondulados e suavemente ondulados;

Neossolos Flúvicos - solos recentes que ocupam faixas marginais de cursos d'água (várzeas tendo como materiais de origem sedimentos depositados por período de cheias);

Neossolos Litólicos - solos muito rasos com camadas superficiais (horizontes O e A) sobre rocha pura ou alterada. Ocupam, em geral, relevo acidentado e são muito influenciados pelo material de origem em suas características físicas e químicas;

Planossolo - ocupam terraços fluviais em climas semiáridos. Caracterizam-se por apresentar horizontes superficiais (A - E) sobre horizonte B argiloso (B textural) com estruturação colunar ou em blocos. São, em geral, imperfeitamente drenados;

Vertissolos - solos com textura muito argilosa. As argilas desses solos são de alta atividade e expansivas. São extremamente duros, quando secos, apresentam rachaduras expressivas, e são pegajosos, quando úmidos.

**Perfil dos solos** - sequência de horizontes.

**Profundidade dos solos** - medidas verticais, em metros, dos horizontes A+B, classificadas como:

Solo raso - 50 cm de profundidade;

Pouco profundo - 50 a 100 cm de profundidade;

Profundo - 100 a 200 cm de profundidade;

Muito profundo - acima de 200 cm de profundidade.

**Textura** - distribuição porcentual de partículas individualizadas, tais como:

Areia - partículas do solo com diâmetro compreendido entre 2 mm e 5 mm;

**Silte** - partículas do solo com diâmetros compreendidos entre 0,05 mm e 0,002 mm;

**Argila** - partículas do solo com diâmetro inferior a 0,002 mm.

**Talvegue** - a linha formada pela intersecção das duas superfícies formadoras das vertentes de um vale. É o local mais profundo do vale, onde correm as águas de chuva, dos rios e riachos.

**Rochas pelíticas** - são rochas formadas por sedimentos de granulometria mais fina (silte e argila), exemplo: ardósia.

### REFERÊNCIAS

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. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/Leis/L4771.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L4771.htm)>. Acesso em: set. 2009.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília, 1999. 412p.

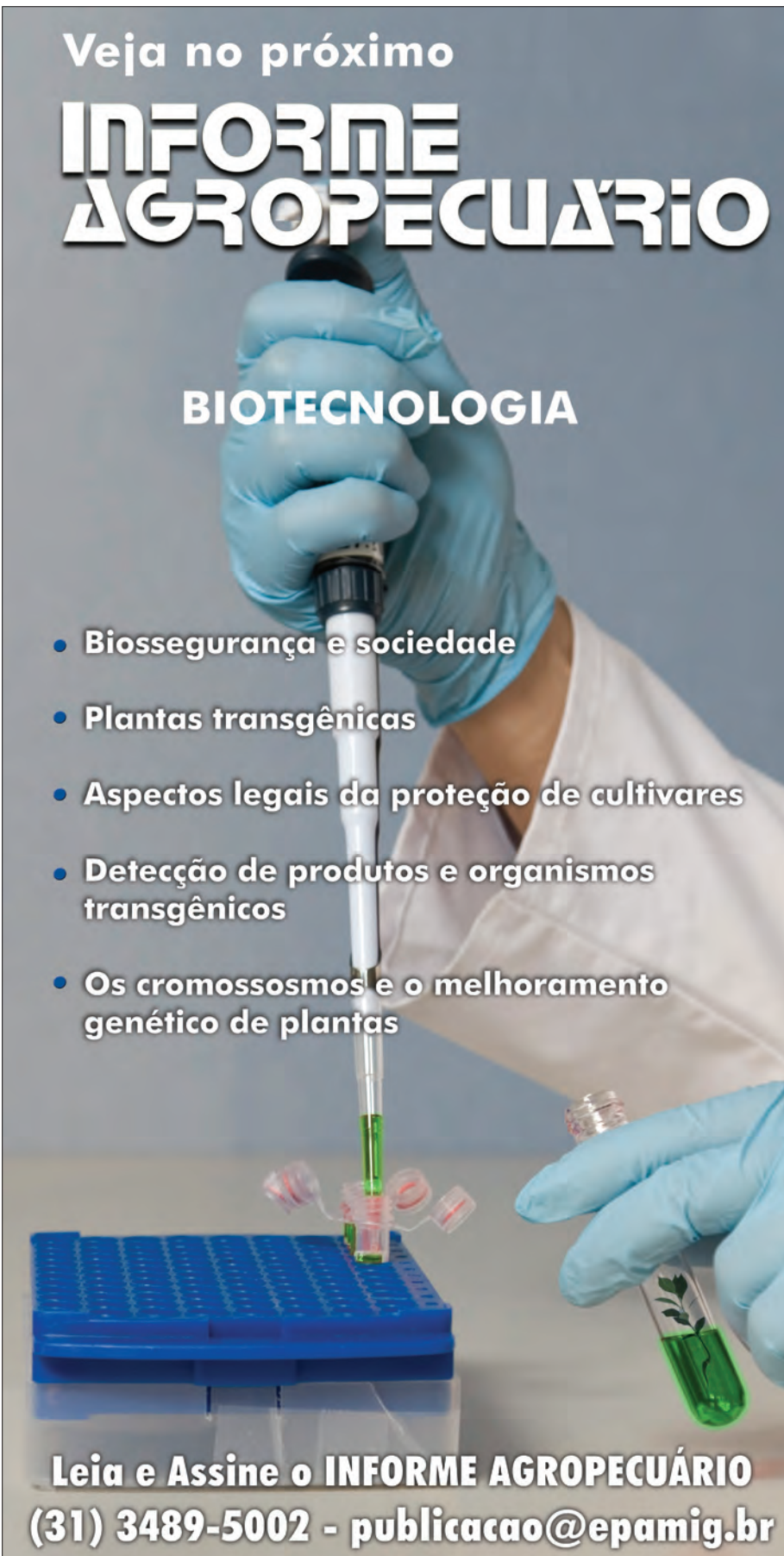
FERNANDES, M.R.; PEREIRA, G.D.; SOUZA, M.G. Principais ecossistemas do espaço rural do município de Diamantina-MG. In: CONGRESO LATINOAMERICANO DE LA CIENCIA DEL SUELO, 15.; CONGRESO CUBANO DE LA CIENCIA DEL SUELO, 5., 2001, Varadero, Cuba. **Anais...** Varadero: Sociedad Cubana de la Ciencia del Suelo, 2001.

RAMALHO FILHO, A.; PEREIRA, E.G.; BEEK, K.J. **Sistema de avaliação de aptidão agrícola das terras**. 2.ed.rev. Rio de Janeiro: EMBRAPA-SNLCS, 1983. 57p.

### BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

LEPSCH, I.F.; BELLINAZZI JÚNIOR, R.; BERTOLINI, D.; ESPÍNDOLA, C.R. **Manual para levantamento utilitário do meio físico e classificação de terras no sistema de capacidade de uso: 4ª aproximação**. Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1983. 175p.

RESENDE, M.; CURTI, N.; REZENDE, S.B. de; CORRÊA, G.F. **Pedologia: bases para distinção de ambientes**. Viçosa, MG: NEPUT, 2002. 338p.



Veja no próximo

# INFORME AGROPECUÁRIO

## BIOTECNOLOGIA

- **Biossegurança e sociedade**
- **Plantas transgênicas**
- **Aspectos legais da proteção de cultivares**
- **Detecção de produtos e organismos transgênicos**
- **Os cromossomos e o melhoramento genético de plantas**

**Leia e Assine o INFORME AGROPECUÁRIO**  
**(31) 3489-5002 - publicacao@epamig.br**

# Indicador integrado de sustentabilidade de gestão ambiental de bacias hidrográficas e sua aplicação

*Henrique Marinho Leite Chaves<sup>1</sup>*

**Resumo** - A sustentabilidade de bacias hidrográficas depende de fatores hidrológicos, ambientais, socioeconômicos e de políticas públicas. Entretanto, não havia um indicador que pudesse integrar esses fatores de maneira holística, permitindo que gestores e atores estimassem a sustentabilidade. Com o desenvolvimento do Índice de Sustentabilidade de Bacias (ISB), essa lacuna foi parcialmente preenchida. É apresentada uma revisão da sustentabilidade em bacias hidrográficas, assim como o cálculo da aplicação do ISB na Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco Verdadeiro, antes e depois de medidas de gestão hídrica e ambiental serem implementadas. O ISB (0-1), que era de 0,58 antes da implantação das medidas, passaria a 0,73 depois da sua implementação, indicando a sensibilidade da metodologia e da importância da gestão integrada dos recursos hídricos e do meio ambiente para a sustentabilidade de bacias hidrográficas agrícolas.

**Palavras-chave:** Índice de sustentabilidade. Gestão hídrica. Meio ambiente. Bacia hidrográfica. Rio São Francisco Verdadeiro.

## INTRODUÇÃO

Apesar de a bacia hidrográfica ter sido utilizada como unidade de planejamento e gestão, em função de suas características específicas, não havia, até o passado recente, indicadores de sustentabilidade que pudessem avaliar a eficácia do processo de gerenciamento integrado.

Os programas atuais de conservação do solo e da água, como o Projeto de Microbacias do estado de São Paulo, têm buscado a bacia hidrográfica como unidade de implantação de atividades de controle de erosão. Mais recentemente, programas de pagamento por serviço ambiental (PSA) têm sido aplicados a bacias hidrográficas, tais como o “Produtor de Água” (CHAVES et al., 2004), buscando demonstrar a relação causa-efeito entre a boa gestão na fazenda e o serviço ambiental relativo à qualidade e à quantidade de água, a jusante. Entretanto,

esses programas carecem de indicadores que possam avaliar a eficiência e a eficácia socioeconômico-ambiental, de forma integral e dinâmica.

Recentemente, Chaves e Alipaz (2007) desenvolveram um índice de sustentabilidade de bacias hidrográficas, que supre, em parte, essa lacuna. O objetivo deste artigo é avaliar a utilização desse índice como indicador integral de eficácia da implantação de programas de gestão hídrica e ambiental, bem como de medidas mitigadoras e de adaptação, que busquem reduzir os impactos de mudanças no uso do solo e de mudanças climáticas em bacias hidrográficas agrícolas.

## SUSTENTABILIDADE E SEUS INDICADORES

Das várias definições de sustentabilidade, quase todas são relativas à

compatibilização das necessidades com a manutenção dos recursos naturais indispensáveis. Dentre essas estão a da Organização das Nações Unidas (ONU) (DECLARAÇÃO..., 1992), que considera o desenvolvimento sustentável como aquele que satisfaz as necessidades presentes sem afetar a capacidade das futuras gerações de satisfazer as suas próprias necessidades.

Já o Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD) definiu desenvolvimento humano sustentável como aquele que não apenas gera crescimento, mas que também distribui equitativamente seus benefícios; o que regenera o ambiente em lugar de destruí-lo e o que outorga poder às pessoas ao invés de marginalizá-las.

Apesar de ser considerada por muitos como um paradigma ou utopia, a sustentabilidade pode ser estimada por meio de indicadores apropriados. Os indicadores

<sup>1</sup>Eng<sup>a</sup> Agr<sup>a</sup>, Ph.D., Prof. Adj. IV UnB - Faculdade de Tecnologia, CEP 70910-900 Brasília-DF. Correio eletrônico: hchaves@unb.br



desejáveis são variáveis que agregam ou simplificam informações relevantes, tornam visíveis ou perceptíveis fenômenos de interesse e quantificam, medem e comunicam informação relevante (GALLOPÍN, 1997).

Indicadores de sustentabilidade são úteis para o planejamento, gestão e educação em recursos hídricos. Os índices utilizados devem ser de fácil aplicação, integrativos e universais. Devem considerar aspectos como variabilidade ou mudanças climáticas e extrapolar fronteiras administrativas, bem como considerar relações causa-efeito. Indicadores de gestão de recursos hídricos devem ter a bacia hidrográfica como unidade territorial (CHAVES; ALIPAZ, 2007).

Apesar de haver vários indicadores de sustentabilidade na literatura, tais como o de Esty e Levy (2005), estes não são específicos para bacias e são muito complexos para aplicação em países em desenvolvimento.

### Índice de sustentabilidade de bacias hidrográficas

Ao buscar um índice de sustentabilidade específico para bacias, Chaves e Alipaz

(2007) desenvolveram o Índice de Sustentabilidade de Bacias (ISB), que buscou atender aos seguintes requisitos:

- ser um índice de bacias;
- ser universal e de simples aplicação;
- romper o “paradigma da tranca” (*lock paradigm*) entre a ciência e a gestão integrada de recursos hídricos;
- incorporar relações causa-efeito, facilitando seu entendimento e aplicação;
- usar parâmetros preferencialmente quantitativos e de fácil obtenção (inclusive dados secundários);
- incorporar os efeitos de variabilidade ou mudança climática;
- ser matematicamente robusto.

Assim, a sustentabilidade de uma bacia hidrográfica pode ser estimada pela Equação 1 (CHAVES; ALIPAZ, 2007):

$$ISB = \frac{H + E + L + P}{4}$$

em que:

ISB (0-1) = índice de sustentabilidade da bacia;

H (0-1) = indicador de hidrologia;

E (0-1) = indicador de meio ambiente;

L (0-1) = indicador de vida humana;

P (0-1) = indicador de políticas públicas.

Vale ressaltar que todos os indicadores do ISB têm o mesmo peso, o que tende a reduzir os conflitos entre os diferentes atores na bacia, bem como a propagação de erro na equação.

Além desses quatro indicadores, o ISB usa o conceito de Pressão-Estado-Resposta (OECD, 2003), captando, assim, a dinâmica do processo (Fig. 1). Nesse caso, não apenas o estado atual da bacia é indicador de sua sustentabilidade, mas também as pressões a que é submetida e as respostas resultantes.

Dessa forma, obtém-se o ISB por meio da matriz apresentada no Quadro 1.

Os Quadros 2, 3 e 4 apresentam os valores e os escores de cada uma das combinações de parâmetros do ISB para pressão, estado e resposta, respectivamente.

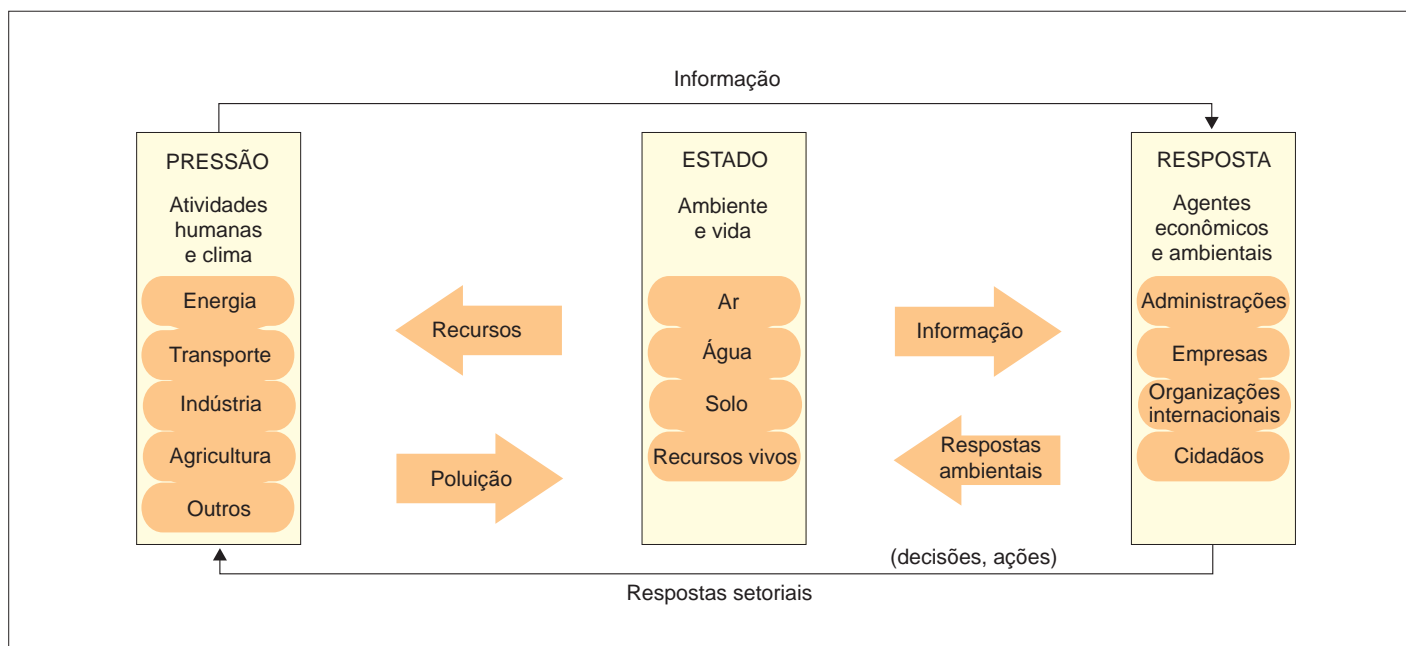


Figura 1 - Enfoque Pressão-Estado-Resposta

FONTE: OECD (2003).

QUADRO 1 - Matriz para cálculo do ISB

Indicador	Parâmetros		
	Pressão	Estado	Resposta
H (hidrologia)	Varição da disponibilidade de água <i>per capita</i> no período	Disponibilidade <i>per capita</i> da água na bacia no período	Evolução na eficiência do uso da água no período
	Varição da DBO <sub>5</sub> no período	DBO <sub>5</sub> da bacia (média de longo prazo)	Evolução no tratamento de esgotos no período
E (ambiente)	EPI da bacia no período	Porcentagem da bacia com vegetação natural	Evolução nas áreas protegidas da bacia (reservas, BPMs)
L (vida)	Varição no PIB <i>per capita</i> na bacia, no período	IDH da bacia (ponderado por área municipal)	Evolução do IDH da bacia no período
P (políticas)	Varição do IDH - Educação no período	Capacidade legal e institucional em GIRH na bacia	Evolução dos gastos em GIRH na bacia no período

NOTA: ISB - Índice de sustentabilidade de bacias; DBO<sub>5</sub> - Demanda bioquímica de oxigênio de cinco dias; EPI - Indicador de pressão ambiental (Environmental Pressure Indicator); BPMs - Boas práticas de manejo; PIB - Produto interno bruto; IDH - Índice de desenvolvimento humano; GIRH - Gestão integrada dos recursos hídricos.

O Indicador de pressão ambiental - Environmental Pressure Indicator (EPI) no Quadro 2 é dado pela Equação 2:

$$EPI = \frac{(\% Va + \% Vu)}{2}$$

em que:

% Va = percentual de variação de áreas agrícolas na bacia, no período estudado;

% Vu = percentual de variação de áreas urbanas na bacia, no período estudado.

Sugere-se que o ISB seja aplicado em bacias com áreas inferiores a 2.500 km<sup>2</sup>, uma vez que, em bacias maiores que isso, as relações causa-efeito entre gestão e resposta são imperceptíveis.

O ISB é aplicado na bacia selecionando-se um período de quatro ou cinco anos, de forma que possa ser feito um acompanhamento de sua evolução. De acordo com os valores obtidos nos Quadros 2, 3 e 4 e pela Equação 1, o ISB pode ser classificado em:

- baixo, se o índice for menor que 0,5;
- médio, se estiver no intervalo entre 0,5 e 0,8;
- alto, se o resultado do ISB for superior a 0,8.

QUADRO 2 - Parâmetros de pressão do ISB

Indicador	Parâmetro	Nível	Escore
H (hidrologia)	Δ1 - variação da disponibilidade de água <i>per capita</i> , no período (m <sup>3</sup> /hab./ano)	Δ1 < -20%	0,00
		-20% < Δ1 < -10%	0,25
		-10% < Δ1 < 0%	0,50
		0 < Δ1 < +10%	0,75
		Δ1 > +10%	1,00
	Δ2 - variação da DBO <sub>5</sub> da bacia no período (média)	Δ2 > 20%	0,00
		20% > Δ2 > 10%	0,25
		0 < Δ2 < 10%	0,50
		-10% < Δ2 < 0%	0,75
		Δ2 < -10%	1,00
E (ambiente)	EPI da bacia no período	EPI > 20%	0,00
		20% > EPI > 10%	0,25
		10% < EPI < 5%	0,50
		5% < EPI < 0%	0,75
		EPI < 0%	1,00
L (vida)	Variação no PIB <i>per capita</i> na bacia, no período	Δ < -20%	0,00
		-20% < Δ < -10%	0,25
		-10% < Δ < 0%	0,50
		0 < Δ < +10%	0,75
		Δ > +10%	1,00
P (políticas)	Variação do IDH-Educação no período	Δ < -20%	0,00
		-10% < Δ < -20%	0,25
		-10% < Δ < 0%	0,50
		0 < Δ < +10%	0,75
		Δ > +10%	1,00

NOTA: ISB - Índice de sustentabilidade de bacias; DBO<sub>5</sub> - Demanda bioquímica de oxigênio de cinco dias; EPI - Indicador de pressão ambiental (Environmental Pressure Indicator); PIB - Produto interno bruto; IDH - Índice de desenvolvimento humano.

QUADRO 3 - Parâmetros de estado do ISB

Indicador	Parâmetro	Nível	Escore
H (hidrologia)	Wa - disponibilidade <i>per capita</i> de água na bacia (superficial+subterrânea), em m <sup>3</sup> /hab./ano	Wa < 1700	0,00
		1700 < Wa < 3400	0,25
		3400 < Wa < 5100	0,50
		5100 < Wa < 6800	0,75
		Wa > 6800	1,00
	DBO <sub>5</sub> - média da DBO <sub>5</sub> da bacia (longo prazo), em mg/L	DBO > 10	0,00
		10 > DBO > 5	0,25
		5 > DBO > 3	0,50
		3 > DBO > 1	0,75
		DBO < 1	1,00
E (ambiente)	Porcentagem de vegetação natural remanescente na bacia (Av)	Av < 5	0,00
		5 < Av < 10	0,25
		10 < Av < 25	0,50
		25 < Av < 40	0,75
		Av > 40	1,00
L (vida)	IDH ponderado da bacia (ponderado)	IDH < 0.5	0,00
		0.5 < IDH < 0.6	0,25
		0.6 < IDH < 0.75	0,50
		0.75 < IDH < 0.9	0,75
		IDH > 0.9	1,00
P (políticas)	Capacidade legal e institucional em GIRH na bacia	Muito pobre	0,00
		Pobre	0,25
		Regular	0,50
		Boa	0,75
		Excelente	1,00

NOTA: ISB - Índice de sustentabilidade de bacias; DBO<sub>5</sub> - Demanda bioquímica de oxigênio de cinco dias; IDH - Índice de desenvolvimento humano; GIRH - Gestão integrada dos recursos hídricos.

QUADRO 4 - Parâmetros de resposta do ISB

Indicador	Parâmetro	Nível	Escore
H (hidrologia)	Evolução na eficiência de uso de água na bacia, no período	Muito pobre	0,00
		Pobre	0,25
		Regular	0,50
		Boa	0,75
		Excelente	1,00
	Evolução no tratamento e disposição de esgotos na bacia, no período	Muito pobre	0,00
		Pobre	0,25
		Regular	0,50
		Boa	0,75
		Excelente	1,00
E (ambiente)	Evolução nas áreas protegidas (reservas e BPMs) na bacia, no período	$\Delta < -10\%$	0,00
		$-10\% < \Delta < 0\%$	0,25
		$0\% < \Delta < 10\%$	0,50
		$10\% < \Delta < 20\%$	0,75
		$\Delta > 20\%$	1,00
L (vida)	Variação no IDH da bacia, no período (ponderado)	$\Delta < -10\%$	0,00
		$-10\% < \Delta < 0\%$	0,25
		$0\% < \Delta < 10\%$	0,50
		$10 < \Delta < 20\%$	0,75
		$\Delta > 20\%$	1,00
P (políticas)	Evolução nos gastos em GIRH na bacia, no período	$\Delta < -10\%$	0,00
		$-10\% < \Delta < 0\%$	0,25
		$0\% < \Delta < 10\%$	0,50
		$10 < \Delta < 20\%$	0,75
		$\Delta > 20\%$	1,00

NOTA: ISB - Índice de sustentabilidade de bacias; BPMs - Boas práticas de manejo; IDH - Índice de desenvolvimento humano; GIRH - Gestão integrada dos recursos hídricos.

## Aplicação do ISB na Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco Verdadeiro

A Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco Verdadeiro está localizada na região sudoeste do Paraná. Com uma área de 2.200 km<sup>2</sup>, população de cerca de 100 mil habitantes (20% rural e 80% urbano) e uso predominantemente agrícola (grãos, avicultura e suinocultura), essa bacia vem sendo recuperada com ações de manejo e conservação do solo e da água (Fig. 2).

O ISB foi aplicado à Bacia do Rio São Francisco Verdadeiro no período compreendido entre 1996 e 2000. Nesse período, as atividades de gestão de recursos hídricos e conservação do solo e da água eram incipientes na Bacia, sendo também um período relativamente úmido, em termos de disponibilidade de água. O Quadro 5 apresenta os indicadores e parâmetros do ISB para a Bacia do Rio São Francisco Verdadeiro.

De acordo com o Quadro 5, o ISB para a Bacia do Rio São Francisco Verdadeiro, no período de 1996 a 2000, foi de 0,58, ou seja, um valor médio de sustentabilidade. Além disso, observa-se que os fatores limitantes (parâmetros com baixos valores) e que contribuíram para a redução do ISB foram Hidro-qualidade/Resposta (0,25), Ambiente/Pressão (0,25) e Políticas/Estado (0,25).

## Avaliação da sustentabilidade da Bacia do Rio São Francisco Verdadeiro com a implantação de programas de manejo e conservação do solo e da água

Caso fossem implantados programas de gestão de recursos hídricos na bacia, incluindo os processos de outorga e cobrança pelo uso da água, manejo e conservação do solo e da água, recuperação do passivo ambiental de reservas legais e áreas de preservação permanente (APPs), muitos dos parâmetros do Quadro 5 seriam melhorados.

Supondo que a hidrologia (qualidade e quantidade), bem como os indicadores



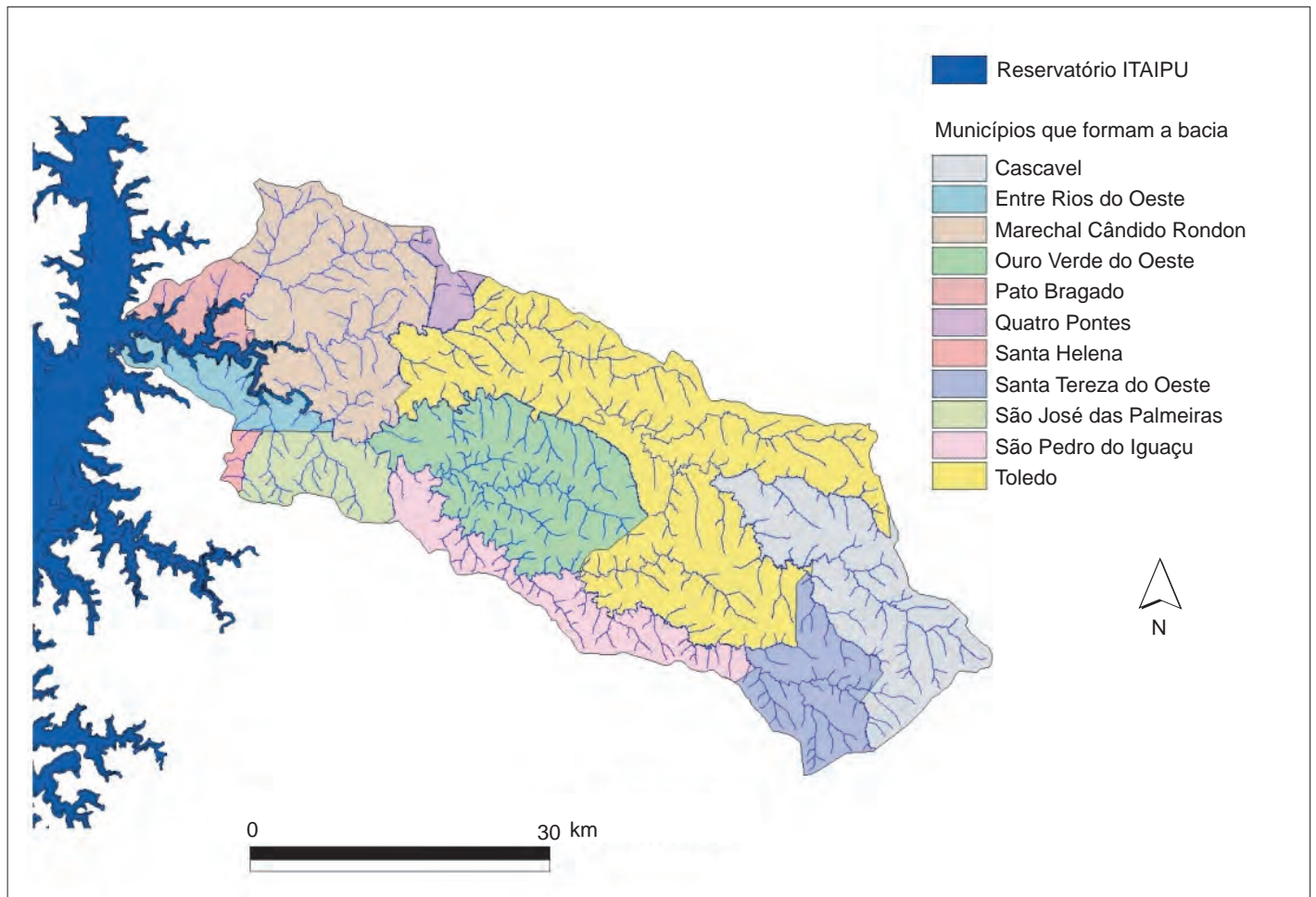


Figura 2 - Bacia do Rio São Francisco Verdadeiro, com seus municípios

FONTE: Chaves e Alipaz (2007).

QUADRO 5 - Índice de sustentabilidade para a Bacia do Rio São Francisco Verdadeiro no período 1996-2000, sem gestão e políticas de conservação do solo e água

Indicador	Pressão		Estado		Resposta		ISB Médias
	Nível	Valor	Nível	Valor	Nível	Valor	
Hidroquantidade	4,80%	0,75	33.600 m <sup>3</sup> /hab./ano	1,00	Regular	0,50	
Hidroqualidade	4,60%	0,50	1,3 mg/L	0,75	Pobre	0,25	0,63
Ambiente	11%	0,25	26%	0,75	2%	0,50	0,50
Vida humana	3,40%	0,75	0,81	0,75	5,10%	0,50	0,67
Políticas	6,3%	0,75	Pobre	0,25	5%	0,50	0,50
Médias		0,60		0,70		0,45	0,58

NOTA: ISB - Índice de sustentabilidade de bacias.

socioeconômicos, permanecessem inalterados, o Quadro 6 apresenta uma nova condição de sustentabilidade da Bacia do Rio São Francisco Verdadeiro.

De acordo com o Quadro 6, com a

implantação de medidas de gestão hídrica e ambiental na Bacia, haveria um aumento de 25,7% no ISB, relativamente à condição anterior, indicando um aumento em sua sustentabilidade.

Isso demonstra que o ISB pode ser aplicado para o planejamento da gestão hídrica e ambiental de bacias hidrográficas, tendo a sustentabilidade como indicador de eficiência.

QUADRO 6 - Índice de sustentabilidade para a Bacia do Rio São Francisco Verdadeiro em período posterior a 2000, com a implantação de atividades de gestão de recursos hídricos e de manejo e conservação do solo e da água

Indicador	Pressão		Estado		Resposta		ISB
	Nível	Valor	Nível	Valor	Nível	Valor	Médias
Hidroquantidade	4,80%	0,75	33.600m <sup>3</sup> /hab./ano	1,00	Regular	0,50	
Hidroqualidade	4,60%	0,50	1,3 mg/L	0,75	Bom	0,75	0,71
Ambiente	0%	0,75	30%	0,75	10%	0,75	0,75
Vida humana	3,40%	0,75	0,81	0,75	5,10%	0,50	0,67
Políticas	6,30%	0,75	Bom	0,75	25%	1,00	0,83
Médias		0,70		0,80		0,70	0,73

NOTA: ISB - Índice de sustentabilidade de bacias.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

A sustentabilidade da gestão integrada dos recursos hídricos e do meio ambiente em bacias hidrográficas pode ser estimada por meio de indicadores como o ISB. Este índice utiliza indicadores e parâmetros de fácil obtenção e permite a identificação de fatores limitantes à sustentabilidade. Aplicado à Bacia do Rio São Francisco Verdadeiro antes e depois da implantação de medidas de gestão hídrica e ambiental, o ISB foi de 0,58 e 0,73, respectivamente, indicando que a sustentabilidade da Bacia aumentaria em 25,7% com a adoção das medidas.

Aplicado a diferentes bacias hidrográficas em diferentes períodos, o ISB permite a comparação da sustentabilidade das bacias,

bem como a estimativa de sua evolução ao longo do tempo.

## REFERÊNCIAS

CHAVES, H.M.L.; ALIPAZ, S. An integrated indicator based on basin hydrology, environment, life and policy: the watershed sustainability index. **Water Resources Management**, v. 21, n.5, p.883-895, May 2007.

\_\_\_\_\_; BRAGA, B.; DOMINGUES, A. F.; SANTOS, D. Quantificação dos benefícios ambientais e compensações financeiras do Programa do Produtor de Água (ANA): teoria. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, Porto Alegre, v.9, n.3, p.5-14, jul./set. 2004.

DECLARAÇÃO do Rio sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento. In: CONFERÊNCIA

DAS NAÇÕES UNIDAS SOBRE MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO, 1992, Rio de Janeiro. **Agenda 21**. 2.ed. Brasília: Senado Federal, 1997. p.593-598.

ESTY, D.C.; LEVY, A.M.; SREBOTNJAK, T.; SHERBININ, A. de. **Environmental sustainability index: Benchmarking National Environmental Stewardship**. New Haven, CT: Yale Center for Environmental Law and Policy, 2005. 40p.

GALLOPÍN, G.C. Indicators and their use: information for decision-making - part one-introduction. In: MOLDAN, B.; BILLHARZ, S.; MATRAVERS, R. (Ed.). **Sustainability indicators: a report on the Project on Indicators of Sustainable Development (SCOPE 58)**. Chichester: J. Wiley, 1997. p. 13-27.

OECD. **Environmental indicators: development, measurement and use**. Paris, 2003. 50p. Reference paper.

**AVALIAÇÃO DE VARIEDADES MELHORADAS DE 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



# Modelagem da dinâmica da matéria orgânica dos solos tropicais: uma proposta de ferramenta para a gestão ambiental

*Eduardo de Sá Mendonça<sup>1</sup>  
Luiz Fernando Carvalho Leite<sup>2</sup>  
Beno Wendling<sup>3</sup>*

Resumo - A quantidade e a qualidade da matéria orgânica (MO) do solo estão associadas ao processo fotossintético. A ação antrópica de produção de alimentos e de biomassa vegetal tem grande influência sobre a MO do solo. O grande interesse da sociedade em manter ou aumentar a MO do solo e sequestrar carbono (C) requer ferramentas confiáveis para avaliar o impacto da atividade antrópica sobre as mudanças em seus estoques. Para que tenham valor prático para o produtor, para o empresário rural e para o profissional da assistência técnica, essas mudanças devem ser avaliadas em períodos relativamente curtos, auxiliando na tomada de decisão sobre a escolha de práticas de manejo mais sustentáveis. Contudo, as mudanças na MO do solo são de velocidade variada, dificultando sua utilização como indicadora da qualidade ambiental. A predição com base em modelos validados para simular a dinâmica de MO do solo é uma importante opção. O modelo Century é um dos mais utilizados e testados na região tropical e subtropical, apresentando resultados promissores em diversos agroecossistemas do estado de Minas Gerais e do Brasil. Com essa ferramenta, pesquisadores têm realizado previsões de sequestro e emissão de C em diferentes agroecossistemas, mostrando sua potencialidade em ser utilizado em programas de gestão ambiental da agricultura por técnicos de empresas público-privadas.

Palavras-chave: Simulação. Modelo matemático. Sequestro de carbono. Manejo do solo. Qualidade ambiental.

## INTRODUÇÃO

O carbono (C) do solo é um importante componente do ecossistema terrestre, com estoque que varia de  $1.115 \times 10^9$  a  $2.200 \times 10^9$  t, maior que aquele estocado na vegetação ( $600 \times 10^9$  t). Nos oceanos e na atmosfera, há aproximadamente  $39.000 \times 10^9$  t e  $750 \times 10^9$  t, respectivamente (IPCC, 2008). O solo é um compartimento da su-

perfície terrestre com grande dinamismo de seus constituintes minerais e orgânicos e está ligado às características e processos que ocorrem na hidrosfera, litosfera, atmosfera e biosfera.

Os estoques de C do solo estão associados diretamente ao processo fotossintético que ocorre na biosfera. O C fixado pelos vegetais é o grande componente da matéria

orgânica (MO) do solo. Contribui com cerca de 58% da sua composição, que contém também oxigênio (33%), hidrogênio (6%), e nitrogênio (N), fósforo (P) e enxofre (S) (totalizando 3%). A fotossíntese, realizada pelos vegetais, é um processo importante na manutenção do equilíbrio de  $\text{CO}_2$  na atmosfera e o ciclo do C e N na Terra. Os vegetais liberam compostos orgânicos no

<sup>1</sup>Eng<sup>a</sup> Agr<sup>a</sup>, Pós-Doc, Prof. Associado UFES-Centro de Ciências Agrárias - Dep<sup>ta</sup> Produção Vegetal, CEP 29500-000 Alegre-ES. Correio eletrônico: esmjplia@gmail.com

<sup>2</sup>Eng<sup>a</sup> Agr<sup>a</sup>, Pós-Doc, Pesq. Embrapa Meio-Norte, Caixa Postal 01, CEP 64006-220 Teresina-PI. Correio eletrônico: luizf@cpamn.embrapa.br

<sup>3</sup>Eng<sup>a</sup> Agr<sup>a</sup>, D.Sc., Prof. UFU-Instituto de Ciências Agrárias, Campos Umarama, CEP 38400-902 Uberlândia-MG. Correio eletrônico: beno@iciag.ufu.br

solo por meio de resíduos da biomassa aérea e radicular, da liberação de exsudados radiculares, da lavagem de constituintes solúveis da planta pela água da chuva e da transformação desses materiais carbonatados pelos macro e microrganismos do solo. Assim, a ação antrópica de produção de alimentos tem grande influência na dinâmica da MO do solo e nos seus efeitos sobre as características e propriedades do solo.

Considerando a diversidade de resíduos aportados ao solo, advindos do ambiente e os processos de decomposição/mineralização e interações MO - fração mineral, há ainda uma infinidade de compostos orgânicos, com diferentes propriedades químicas, físicas e biológicas. Portanto, para facilitar o estudo e a compreensão da dinâmica da MO do solo, estes componentes orgânicos podem ser separados em compartimentos ativo, lento e passivo.

O compartimento ativo é composto pela microbiota e MO solúvel do solo. Raramente ultrapassa o teor de 4% da MO total do solo. Os resíduos vegetais em diferentes estádios de decomposição compõem o compartimento lento, que contribui com cerca de 15%-25%. O compartimento passivo, normalmente relacionado com as substâncias orgânicas com maior tempo de ciclagem, contribui com cerca de 70% da MO total.

Estes compartimentos possuem tempos de ciclagem distintos e são influenciados pela atividade antrópica, como a agricultura, de forma diferenciada. Assim, a MO do solo pode ser considerada um indicador importante de qualidade do solo e de sustentabilidade de agroecossistemas (REEVES, 1997). O aumento nos seus estoques melhora a ciclagem de nutrientes, a agregação do solo, a permeabilidade e a capacidade de retenção de umidade e reduz o escoamento superficial e a erosão. Como componente central do balanço global do C, a MO do solo pode contribuir para o sequestro de CO<sub>2</sub> e a mitigação das mudanças climáticas (LAL, 2004).

Nesse sentido, a predição dos efeitos do clima, da composição atmosférica e das

mudanças no uso da terra sobre a dinâmica da MO do solo são essenciais na formulação de políticas agrícolas, ambientais e socioeconômicas. Os modelos de simulação podem ser utilizados para a otimização do entendimento do impacto daqueles efeitos sobre a dinâmica da MO do solo em programas de gestão ambiental. Com essas ferramentas, podem-se estimar mudanças climáticas, testar cenários específicos e desenvolver estratégias que mitiguem os impactos antrópicos sobre a qualidade do solo e do ambiente.

O grande interesse da sociedade em manter ou aumentar os estoques de MO do solo e sequestrar C requer ferramentas confiáveis para avaliar as mudanças ambientais. Para que tenham valor prático, tanto para o produtor, empresário rural, quanto para o profissional da assistência técnica, essas mudanças devem ser avaliadas em períodos relativamente curtos, que vão de alguns anos até, no máximo, uma década. No entanto, as mudanças na MO são de velocidade variada, dificultando a tomada de decisões, para se estabelecerem sistemas sustentáveis de manejo. Nesse sentido, a predição com base em modelos validados para simular a dinâmica da MO, a partir de experimentos de longa duração, torna-se opção importante. Para esse propósito, o modelo deve ser fácil de usar, com base em descrição teórica detalhada dos processos de dinâmica da MO do solo e conter variáveis que sejam fisicamente significativas e experimentalmente quantificáveis (CHENG; KIMBLE, 2001).

Muitos modelos têm sido usados para simular a dinâmica da MO em diversos agroecossistemas terrestres, podendo ser utilizados em escala local, regional, nacional ou continental. Este artigo tem como objetivo apresentar resultados associados ao uso da modelagem da dinâmica de MO em agroecossistemas tropicais. Referencia de que forma esses modelos podem ser aplicados na simulação do impacto da agricultura sobre a qualidade do solo e em programas de gestão ambiental.

## **MODELOS DE SIMULAÇÃO DA DINÂMICA DA MATÉRIA ORGÂNICA (MO) NO SISTEMA SOLO-PLANTA**

Um modelo é um simulador de um sistema real. Os modelos são usados quando se quer integrar conhecimentos e realizar previsões de comportamentos que, na vida real, deveria esperar que acontecessem. Os modelos são úteis quando auxiliam na otimização de conhecimentos sobre os sistemas que representam. O monitoramento das mudanças de uma forma de C para outra e de um compartimento ambiental para outro tem sido usado como base para modelar a dinâmica das transformações da MO e os processos de ciclagem de C e nutrientes em diferentes agroecossistemas terrestres.

A origem dos modelos de simulação de dinâmica de MO, com uso de computador, ocorreu no início dos anos 70, com a criação dos modelos de ciclagem de C e N. Naquele período, associou-se C e N e relacionou-se os subprocessos de um sistema solo-cultura-nutriente em um modelo integrado. A partir de então, surgiram diversos modelos de dinâmica de MO do solo. Por causa da importância crescente da temática ambiental, nos anos 80 e 90, surgiram vários modelos de simulação agrícola, tais como o Ncsoil, Epic, Ceres, Century, Papran, RothC e Soiln (MOLINA et al., 1983; WILLIAM; RENARD, 1985; RITCHIE et al., 1985; PARTON et al., 1987; COLEMAN; JENKINSON, 1996). No século 21, com o advento da internet e o avanço da programação, a modelagem foi modificada e otimizada.

Os fluxos de C e nutrientes entre os compartimentos da MO formam a estrutura dos modelos de MO do solo. Cada compartimento é caracterizado pela sua posição na estrutura do modelo e pela sua taxa de decomposição/ciclagem. Via de regra, os modelos de simulação de MO do solo contêm equações e valores de variáveis de entrada considerados padrões, os quais foram estimados a partir de experimentos de longa duração. Isso é útil para



que o usuário possa realizar simulações preliminares, que aprimorem o conhecimento sobre os pressupostos do modelo. No entanto, para simulações específicas de um local, há a necessidade de realizar a calibração, ou seja, tentar estabelecer uma coincidência entre os dados observados e simulados pelo modelo, pela variação de seus parâmetros internos (JORGENSEN; BENDORICCHIO, 2001). Para isso, é preciso organizar uma base de dados referentes, principalmente, ao clima, ao solo, às culturas utilizadas e ao histórico da área, com o intuito de, inicialmente, alimentar o modelo. Geralmente, os dados climáticos são obtidos por meio de estações meteorológicas próximas aos ambientes que serão trabalhados. Para o solo, informações atuais e antigas, por exemplo, relativas ao pH, teor de C e de N totais, teores de areia, silte e argila e densidade do solo são requeridas. A biomassa da parte aérea aportada ao solo e a forma de incorporação dos resíduos culturais também servem como variáveis de entrada. As informações sobre as culturas estão associadas, na maior parte dos modelos, à produtividade máxima, ao índice de colheita e à composição química, como por exemplo, o teor de lignina. Além das variáveis de entrada, quantificadas ou obtidas por meio da literatura, o usuário pode modificar parâmetros das equações que controlam os fluxos de C, tornando-os mais adequados às condições sob estudo, e realizar as simulações (PONCE-HERNANDEZ, 2004).

Após a calibração do modelo e a realização das simulações, é fundamental proceder à validação com a utilização de dados obtidos no campo em áreas geográficas, que apresentam clima e características de solo representativas da região, onde o trabalho é realizado. Essas comparações são importantes e têm levado à melhoria nas estruturas dos modelos (SMITH et al., 1996). Modelos que têm critérios de aplicação bem definidos e que são utilizados em várias situações sempre com resultados satisfatórios podem ser usados com maior confiabilidade, do que aqueles que não

apresentam esses requisitos. O termo validado não significa que o modelo é 100% preciso em qualquer situação de uso, e sim que tem sido testado amplamente e que tem mostrado desempenho aceitável (MOLINA; SMITH, 1998). A validação, contudo, é bastante referenciada, significando a avaliação extensiva de um modelo, determinando seu desempenho, comparando-o (quantitativamente) a dados medidos em uma diversidade de situações (PONCE-HERNANDEZ, 2004).

Dentre os modelos de MO mais testados em diferentes ecossistemas terrestres estão o Century e o RothC. Estes têm apresentado bons resultados em regiões temperadas e tropicais (FALLOON; SMITH, 2002; LEITE et al., 2004b; KAMONI et al., 2007; LUGATO et al., 2007; KAONGA; COLEMAN, 2008). No Brasil, o Century tem sido testado nos biomas Amazônico, Mata Atlântica, Pampas, Cerrado e Pantanal (LEITE et al., 2004ab; CERRI et al., 2007; GALDOS et al., 2009).

Nos Pampas, o modelo Century, associado ao Sistema de Informações Geográficas (SIG), foi utilizado com sucesso para avaliar as mudanças nos estoques de C ocorridas em dois municípios, desde a adoção da agricultura em 1900 até 2050. Verificou-se redução significativa dos estoques de C a partir da introdução da agricultura, em sistema convencional, e recuperação desses estoques após a adoção de sistemas de manejo conservacionistas (TORNQUIST, 2007). No bioma Mata Atlântica, o modelo Century foi testado e validado para simular a dinâmica de C e N em Sistema Plantio Direto (SPD), manejo com arado e grade, adubações orgânica e mineral, pastagem e culturas de milho, feijão e cana-de-açúcar (LEITE et al., 2004ab). No Cerrado, foi utilizado para estudar o impacto do fogo na cultura do pinus e para simular o uso de monocultivo ou cultivos alternados de milho e soja em áreas de plantio direto (WENDLING, 2007). Na Amazônia, tem sido testado para simular o impacto da pastagem sobre a qualidade e a dinâmica de MO (CERRI et al., 2007).

Essas experiências positivas com o modelo Century em estudar a dinâmica de C e N em diferentes agroecossistemas tropicais e subtropicais brasileiros possibilitam estender seu uso, além da esfera acadêmica e científica, à tomada de decisão da vida prática. Nesse sentido, há atualmente massa crítica para se propor a aplicação desse modelo em programas de gestão ambiental, auxiliando na definição de melhores estratégias de uso do solo em diversos agroecossistemas.

### **SIMULAÇÃO DA DINÂMICA DE MATÉRIA ORGÂNICA (MO) EM ECOSISTEMAS BRASILEIROS COM O MODELO CENTURY**

Vários grupos de pesquisa têm trabalhado e validado o modelo Century em estudos da dinâmica de MO em diversos agroecossistemas no Brasil. No trabalho de Leite et al. (2004b), em um Argissolo Vermelho-Amarelo, em Viçosa, MG, o modelo Century simulou a dinâmica da MO do solo, desde a derrubada da Floresta Atlântica, em 1930, e consequente adoção da agricultura convencional, até o período experimental (1984-2000), com aplicação dos tratamentos (plantio direto, arado de disco, grade pesada+arado de disco e grade pesada), estendendo-se até o ano de 2050. Em todos os sistemas, inclusive no plantio direto, foi observado declínio nos estoques de carbono orgânico total (COT) e dos compartimentos (ativo, lento e passivo) de C. Isso indica a necessidade de mudanças nas estratégias de manejo, como por exemplo, a inclusão de culturas de cobertura de elevado aporte de resíduos para preservar a qualidade do solo (Gráfico 1). Neste trabalho, os estoques de COT nos solos sob sistemas de preparo, medidos e simulados pelo modelo Century foram similares, especialmente no solo sob SPD (Quadro 1).

Por outro lado, no Rio Grande do Sul, Fernandes (2002) observou em um Argissolo Vermelho, sob sistemas de preparo e de culturas, que os estoques de COT, simulados pelo modelo Century, foram super

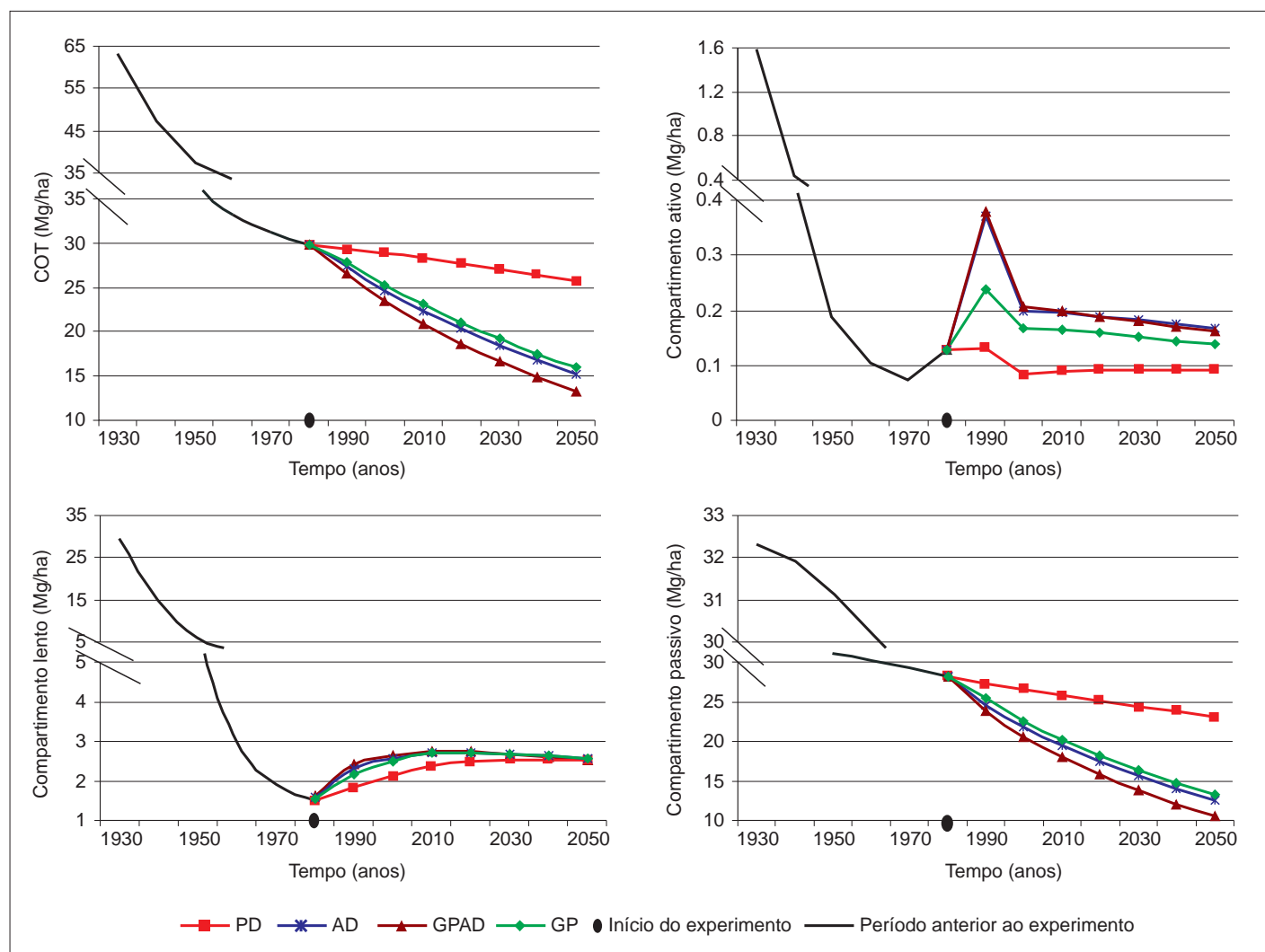


Gráfico 1 - Simulação pelo modelo Century da dinâmica do carbono orgânico total (COT) e dos compartimentos de carbono (C) em um Argissolo Vermelho-Amarelo, em Viçosa-MG

FONTE: Dados básicos: Leite et al. (2004b).

NOTA: PD - Plantio direto; AD - Arado de disco; GPAD - Grade pesada + arado de disco; GP - Grade pesada.

QUADRO 1 - Estoques de carbono orgânico total medidos (COTm) e simulados (COTs) pelo modelo Century em dois agroecossistemas no Brasil

Sistemas de preparo	COTm (Mg/ha)	COTs (Mg/ha)
Plantio direto <sup>(A)</sup>	38,55	38,45
Arado de disco <sup>(A)</sup>	31,22	32,65
Grade pesada + arado de disco <sup>(A)</sup>	30,98	31,22
Grade pesada <sup>(A)</sup>	31,26	33,60
Preparo convencional, aveia/milho <sup>(B)</sup>	29,94	33,59
Preparo convencional, aveia + ervilhaca/milho + caupi <sup>(B)</sup>	34,89	33,72
Plantio direto, aveia/milho <sup>(B)</sup>	36,45	34,16
Plantio direto, aveia + ervilhaca/milho + caupi <sup>(B)</sup>	42,38	34,22

FONTE: (A) Leite et al. (2004b), (B) Fernandes (2002).

e subestimados em relação aos estoques medidos no solo sob sistema convencional (aração e gradagem) e no solo sob plantio direto, respectivamente (Quadro 1). Nesse caso, as diferenças entre o medido no campo e o simulado pelo modelo variaram de 3% a 19%, que está dentro da faixa de variação dos teores de C no campo.

Com relação à simulação de cenários futuros, os trabalhos de Leite et al. (2004ab) e Wendling (2007) são as principais referências em Minas Gerais. No Gráfico 2, são apresentados a dinâmica dos estoques de COT e os compartimentos ativo, lento e passivo para o *Pinus* até o ano de 2100, da região do Cerrado de Minas Gerais (WENDLING, 2007). Foram simulados três cenários, sendo o primeiro a continuação do manejo dado ao *Pinus* até

o ano de 2004, simulando um corte a cada 30 anos (a). Nesta situação, os estoques para COT aumentam discretamente com o passar dos anos. A cada evento de colheita da madeira, os estoques de COT são afetados, apresentando aumento rápido, seguido de diminuição acentuada, que, após 30 anos, é recuperada. Esse comportamento é explicado pela adição de material vegetal da parte aérea que permanece no campo após a colheita da madeira e a renovação do sistema radicular.

No segundo cenário, simulou-se a retirada do preparo do solo nos anos iniciais (b). Esse cenário não mostrou grandes alterações em relação ao uso de preparo, uma vez que essa operação somente era utilizada nos primeiros anos. Embora os compartimentos ativo e lento fossem pouco

afetados, houve melhora nos estoques do compartimento passivo.

Para o terceiro cenário, foi simulada a redução do número de eventos de fogo (c), que antes aconteciam bianualmente e passaram a ocorrer duas vezes durante cada ciclo. Esse cenário apresentou a melhor resposta para aumento dos estoques de C no solo. Os estoques de COT e compartimento lento passaram a ser maiores aos observados no Cerrado. Para o compartimento lento, os estoques ainda não superaram o Cerrado, mas apresentaram grande melhora. O compartimento passivo mostra que a única forma de aumentar seus estoques é evitando queimadas.

Para plantio convencional e direto, os cenários futuros foram criados simulando-se o uso do monocultivo de milho (a) e

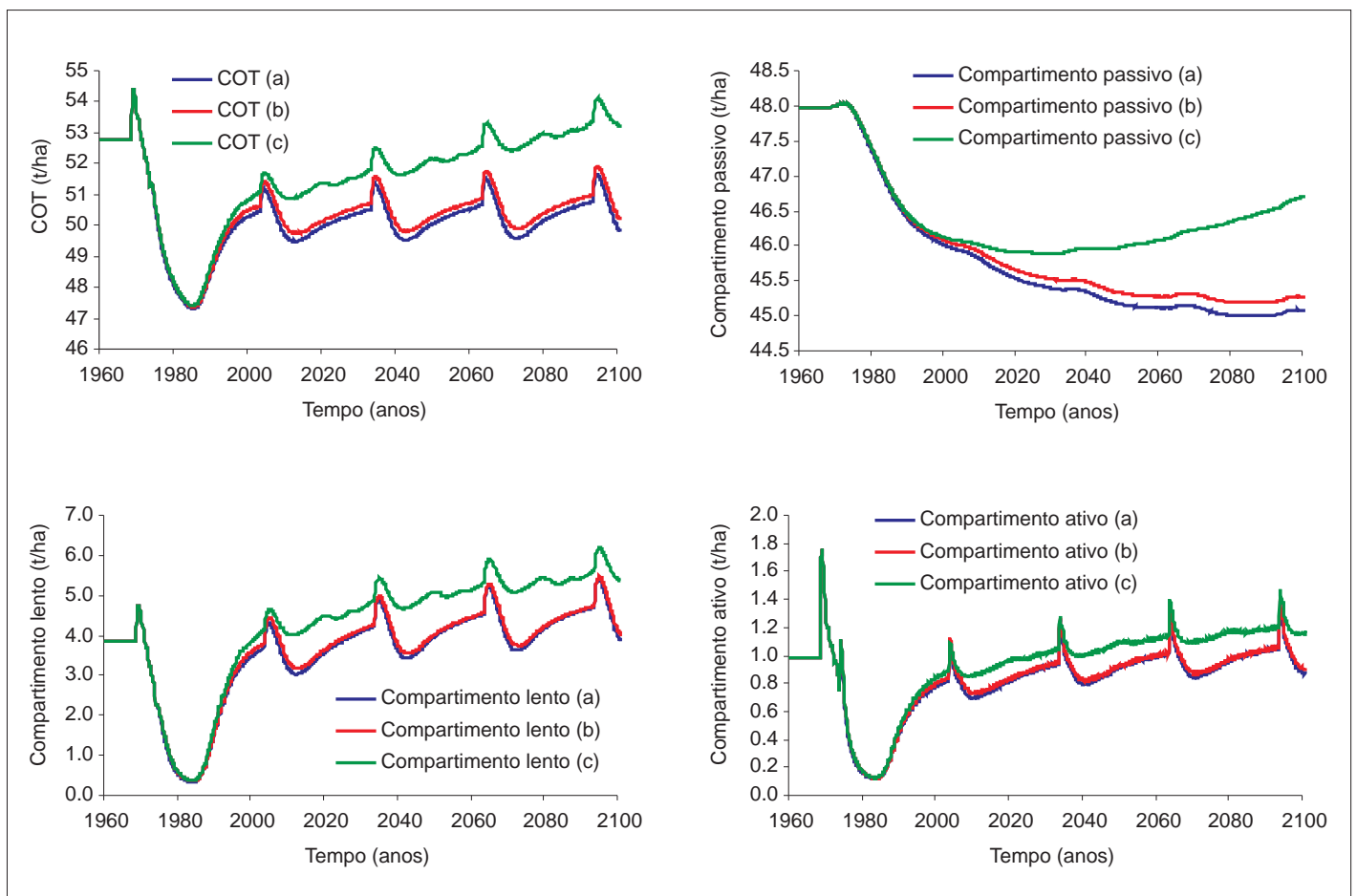


Gráfico 2 - Variação dos estoques de carbono orgânico total (COT) e compartimentos passivo, lento e ativo estimados pelo modelo Century v4.5 para o *Pinus*: (a) com preparo e queimada, (b) sem preparo e com queimada e (c) sem preparo e somente duas queimadas por ciclo

FONTE: Dados básicos: Wendling (2007).



cultivos alternados de milho e soja (b). O uso do monocultivo é mais impactante do que o uso de cultivos alternados de milho e soja (Gráfico 3). No caso do COT, para o plantio direto (b), pode-se observar que os estoques se igualam aos do Cerrado, diferentemente do plantio direto (a), plantio convencional (a e b), onde houve diminuição gradativa. Um ponto importante a ser observado é a variação dos dados de compartimento ativo ao longo do período estudado (Gráfico 3). A grande variabilidade desse compartimento ao longo do ano está relacionada principalmente com as variações climáticas (temperatura e umidade), com a disponibilidade de nutrientes, com o manejo do solo e a disponibilidade de substrato para os microrganismos do solo.

Esses dados ilustram a dificuldade de utilizar a atividade biológica como indicadora de qualidade do solo, utilizando dados de campo, uma vez que há necessidade de um grande volume de amostras ao longo do ano. Esse aspecto pode ser atendido com o uso de modelos computacionais como o Century.

É importante observar que, quando esses trabalhos foram realizados, em 2005, a maioria dos sistemas de manejo não apresentava diferenças significativas. Dessa forma, o técnico e o produtor podiam, equivocadamente, pensar que a diferença no sistema de manejo não acarretaria em prejuízo da qualidade do solo. Contudo, constata-se pelo exercício, que, após alguns anos, os sistemas apresentam

diferenças significativas nos estoques de C, que está diretamente relacionado com os teores de MO e a vida do solo. Esse comportamento ilustra como a ferramenta computacional pode ajudar o técnico na tomada de decisão e seu trabalho de construção de ações no campo junto com o produtor rural. Cabe ressaltar que, nesses exemplos, a diferença entre os dados medidos no campo e simulados pelo modelo foi em torno de 5% para o COT, 8% para o compartimento ativo, 5,3% para o lento e 6% para o passivo (Quadro 2).

Em outro trabalho realizado por Wendling (2007), em dois solos distintos na mesma região da Zona da Mata Mineira (Coronel Pacheco), foram testados os cenários descritos no Quadro 3. No Latossolo,

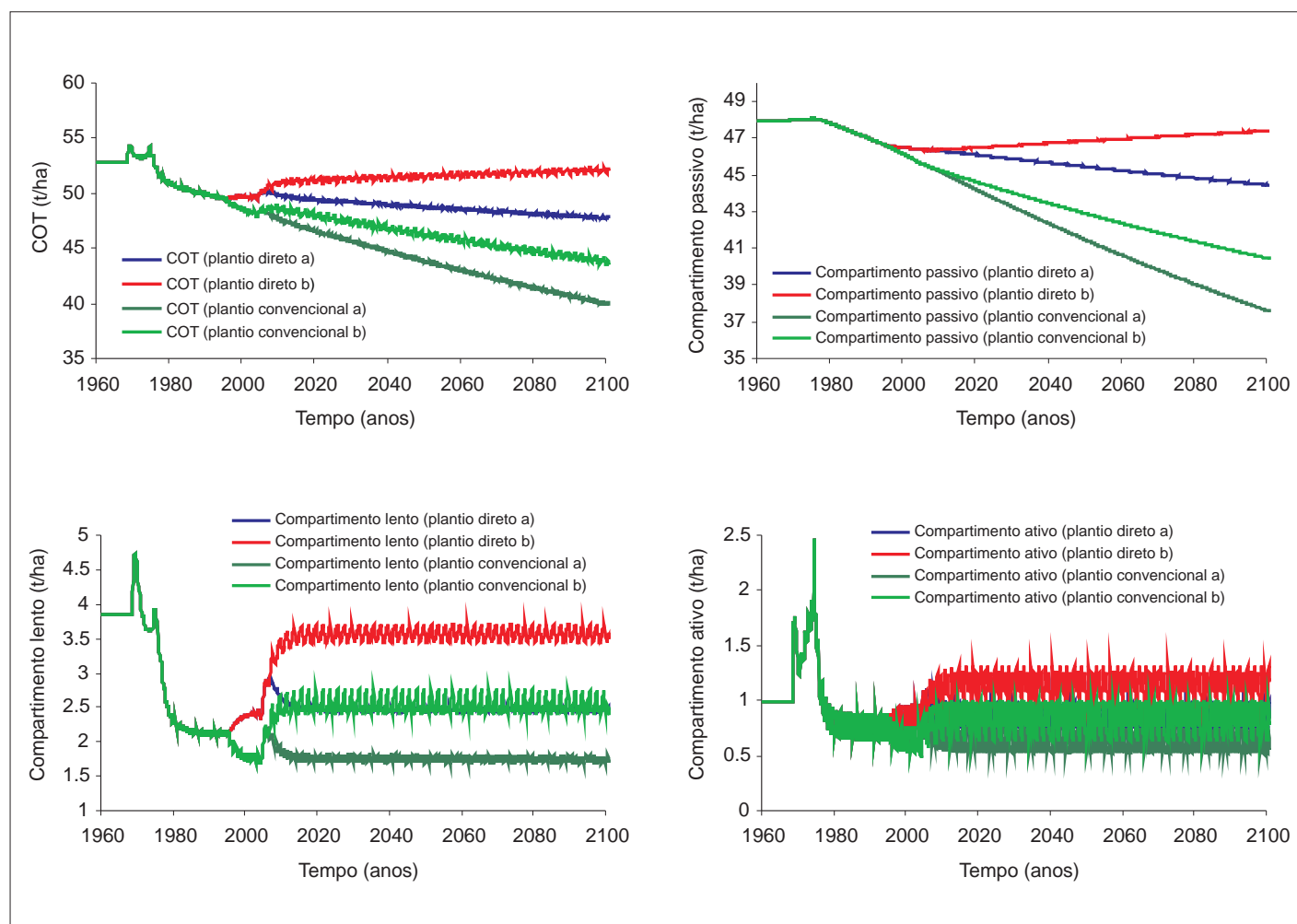


Gráfico 3 - Variação dos estoques de carbono orgânico total (COT) e compartimentos passivo, lento e ativo estimados pelo modelo Century v4.5 para os tratamentos plantio convencional e direto: (a) milho sem rotação e (b) rotação milho/soja

FONTE: Dados básicos: Wendling (2007).

QUADRO 2 - Comparação entre os valores simulados e os obtidos no campo via métodos laboratoriais para carbono orgânico total (COT) e compartimentos ativo, lento e passivo para o plantio convencional, direto e *Pinus*

Sistema de manejo	Compartimento (t/ha)	Simulado	Observado
Plantio convencional	Ativo	0,79	0,79 (0,08)
	Lento	1,73	1,54 (0,07)
	Passivo	45,70	45,96 (1,10)
	COT	48,21	48,29 (1,16)
Plantio direto	Ativo	0,98	0,79 (0,06)
	Lento	2,37	2,11 (0,06)
	Passivo	46,38	48,71 (2,45)
	COT	49,73	51,61 (2,48)
<i>Pinus</i>	Ativo	0,83	0,85 (0,04)
	Lento	3,74	3,95 (0,21)
	Passivo	45,95	43,56 (1,00)
	COT	50,52	48,36 (1,10)

FONTE: Dados básicos: Wendling (2007).

NOTA: Valores entre parênteses referem-se ao erro-padrão da média.

QUADRO 3 - Classes de solos das áreas, sistemas de manejo e histórico resumido

Classe de solo	Sistemas de manejo	Cenários simulados pelo modelo
Latossolo	Pastagem de braquiária adubada	1950 - desmatamento 1950 até 1988 - capim-angola 1989 até 2002 - capim-elefante 2003 até 2050 - braquiária
	Pastagem de braquiária não adubada	1950 - desmatamento 1950 até 1985 - capim-angola 1986 até 2050 - braquiária
Cambissolo	Milho silagem	1935 - desmatamento 1935 até 1973 - cultivo de olerícolas 1974 até 1985 - capim-angola 1986 até 2050 - milho silagem
	Coast-cross	1935 - desmatamento 1935 até 1979 - capim-angola 1980 até 1982 - aveia pastejo 1983 até 1991 - milho grão verão 1992 até 2050 - coast-cross
	Cana-de-açúcar	1935 - desmatamento 1935 até 1989 - capim-angola
		1990 até 2050 - cana-de-açúcar

as simulações mostram claramente dois picos, onde os estoques de C aumentam consideravelmente, mas, em seguida, decrescem (Gráfico 4). Esses picos refletem mudanças bruscas de manejo, momento

quando a biomassa vegetal, e/ou serapilheira, é adicionada ao solo, a primeira por ocasião da derrubada da mata e a segunda logo após a substituição do capim-angola por outras culturas (Quadro 3). Os estoques

de COT e dos compartimentos ativo, lento e passivo foram maiores, no tratamento com adubação de pastagem de braquiária (a) em relação ao sem adubação (b) (Gráfico 4). Em termos quantitativos, o efeito

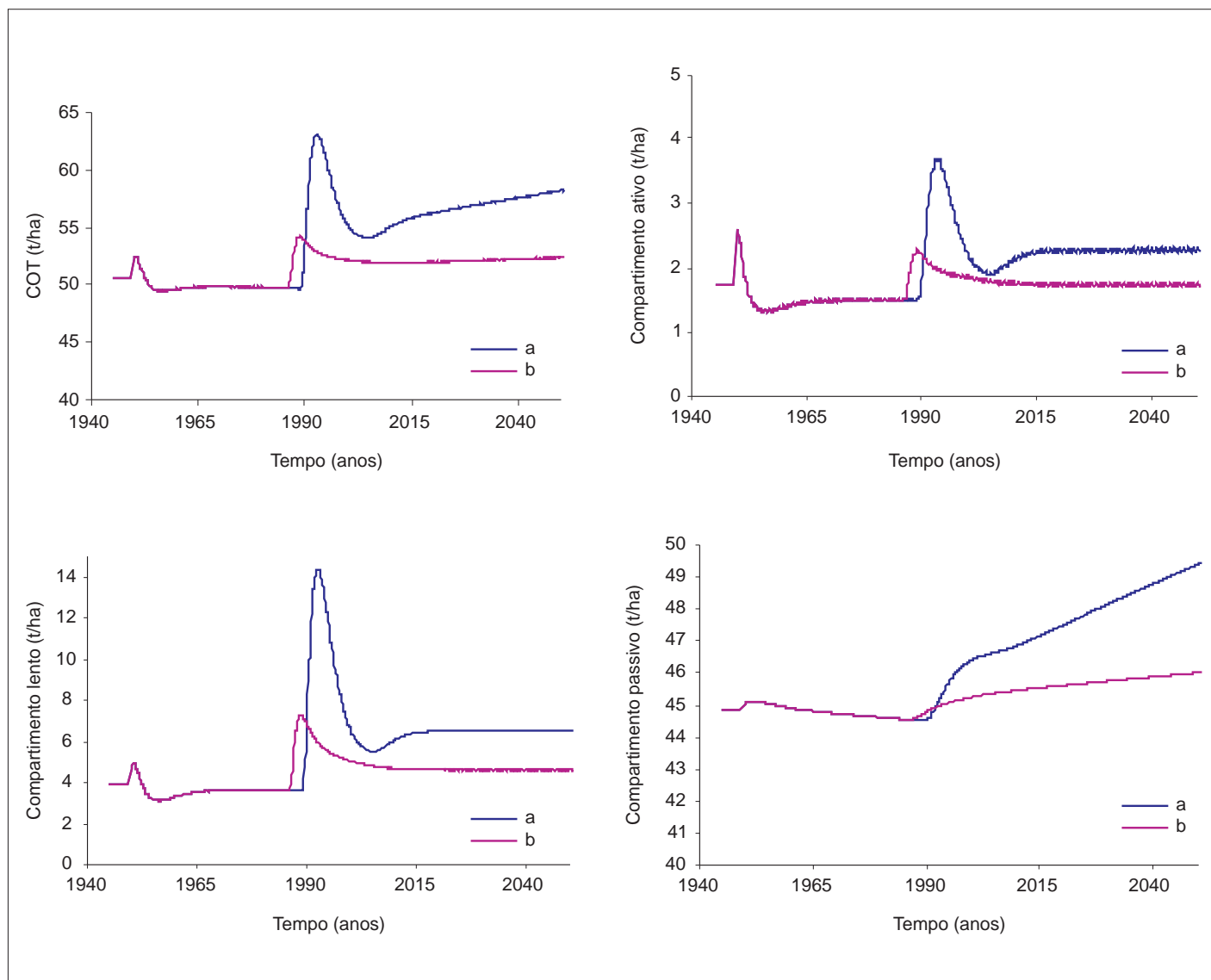


Gráfico 4 - Estoques de carbono orgânico total (COT), compartimentos ativo, lento e passivo na área de Latossolo para pastagem de braquiária com adubação (a) e sem adubação (b), estimados pelo modelo Century, para Coronel Pacheco-MG

NOTA: Dados de origem variam mensalmente.

positivo da adubação para o ano de 2050 foi de 5,90, 0,54, 1,89 e 3,44 t/ha para o COT e os compartimentos ativo, lento e passivo, respectivamente. Esse ganho de C é proporcionado pela maior produção de biomassa vegetal na área adubada, ou seja, um maior aporte de C. Isto mostra a importância que deve ser dada à adubação em planos de manejo da fertilidade do solo.

Nas simulações realizadas pelo modelo Century na área de Cambissolo (Gráfico 5), as áreas com coast-cross e cana-de-açúcar não sofreram grandes alterações em seus estoques de COT, bem como no compar-

timento passivo. Por se tratar de uma área de solo aluvial, onde a retenção de água é maior, o local foi favorável a maiores estoques iniciais de COT em relação à área de Latossolo. Após a derrubada da mata secundária, o manejo dessas áreas foi pouco impactante, ou seja, quase sem revolvimento do solo, com exceção para coast-cross, onde se cultivaram aveia e milho por alguns anos (1980 a 1991). Esse período com culturas anuais provocou leve diminuição nos estoques de COT no solo. No entanto, com a introdução do coast-cross, os estoques tendem a recuperar e a

manter-se estáveis até 2050. A introdução da cana-de-açúcar, em 1980, resultou em pequena diminuição nos estoques simulados pelo Century. Possivelmente, se essa área fosse melhor manejada, pois não recebeu mais adubação após a implantação, seus estoques provavelmente seriam maiores, pois a produção de biomassa aumentaria, como foi constatado no caso da braquiária, onde a área adubada melhorou os estoques de COT do solo. A área atualmente usada para milho silagem foi a que mais sofreu redução nos estoques de COT (e respectivos compartimentos)



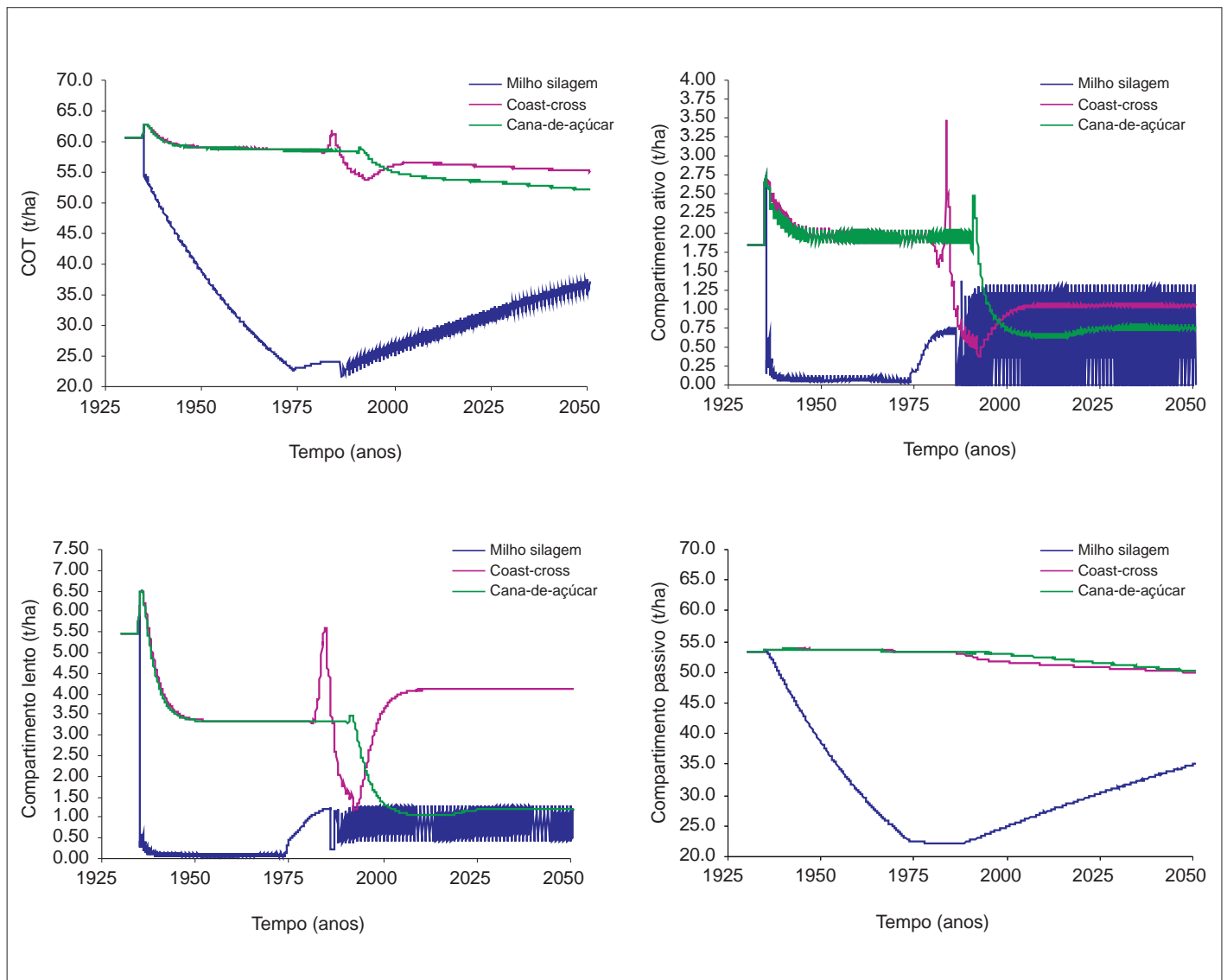


Gráfico 5 - Estoques de carbono orgânico total (COT), compartimentos ativo, lento e passivo na área de Cambissolo para milho silagem, coast-cross e cana-de-açúcar, estimados pelo modelo Century, para Coronel Pacheco-MG

NOTA: Dados de origem variam mensalmente.

simulados pelo modelo Century. Pelos resultados do modelo, observou-se que não foi o cultivo do milho silagem o responsável por essa perda nos estoques, e sim o cultivo intenso de olerícolas, realizado nessa área até o ano de 1973. O cultivo de olerícolas exige intenso revolvimento do solo, mantendo-o descoberto por longos períodos e quase toda a produção (folhas e raízes) é exportada da área. Esses fatores justificam essa perda nos estoques totais e nos compartimentos de C. Cabe enfatizar que os estoques de COT estavam tão baixos, quando se iniciou o cultivo do milho

para silagem, que qualquer manejo menos impactante do que olerícolas poderia promover aumento desses estoques. É bom lembrar que, se o cenário fosse prolongado por mais 100 ou 200 anos, os estoques de C iriam estabilizar muito abaixo das outras áreas. Vale também salientar que era uma área irrigada e que produzia duas colheitas anuais com altas doses de adubos e altas produtividades, produzindo grande quantidade de raízes.

Os resultados são semelhantes para simulação do efeito do manejo do solo sobre a dinâmica de N, com o erro atin-

gindo 30%. Esse erro é aceitável, se forem consideradas a dificuldade de estimar a dinâmica de N no solo e a não realização de análise de N pelos laboratórios de rotina, com a adubação nitrogenada sendo recomendada de acordo com a cultura e a textura do solo.

Com os resultados da simulação da dinâmica da MO do solo, pode-se estimar a influência do manejo das culturas sobre a taxa de fixação e emissão de C-CO<sub>2</sub> e N para a atmosfera e, portanto, o potencial dos sistemas de manejo, quanto ao seu impacto sobre o efeito estufa e a qualidade do solo.





# Mudas de Videira

- Mudas selecionadas.
- Produzidas pela moderna técnica de enxertia de mesa.
- Isentas de viroses.

Consulte as variedades disponíveis e informe-se sobre cursos em viticultura.

Núcleo Tecnológico EPAMIG Uva e Vinho  
Av. Santa Cruz, 500 • Caldas • MG

**( 3 5 ) 3 7 3 5 1 1 0 1**

[epamig@epamigcaldas.gov.br](mailto:epamig@epamigcaldas.gov.br)



[www.epamig.br](http://www.epamig.br)



## CONSIDERAÇÕES FINAIS

É promissor o uso de modelos de simulação como ferramenta em programas de gestão ambiental da agricultura. Cabe ressaltar que esses modelos simulam as ações reais e que, apesar das limitações, são excelentes instrumentos para avaliar como os sistemas agrícolas impactam o ambiente, estimando estoques de MO do solo, fixação e emissão de C e N em diferentes compartimentos do solo e da planta. Considerando o grande potencial dessa ferramenta, ações junto aos órgãos de extensão, objetivando a divulgação e o treinamento de técnicos extensionistas, seriam uma medida importante para otimização da extensão e para fazer com que a atividade agrícola seja também promotora de qualidade ambiental no Brasil.

## REFERÊNCIAS

- CERRI, C.E.P.; EASTER, M.; PAUSTIAN, K.; KILLIAN, K.; COLEMAN, K.; BERNOUX, M.; FALLOON, P.; POWLSON, D. S. Simulating SOC changes in 11 land use change chronosequences from Brazilian Amazon with RothC Century and models. **Agriculture Ecosystem and Environment**, v.122, n.1, p.46-57, Sept. 2007.
- CHENG, H.H.; KIMBLE, J.M. Characterization of soil organic matter pools. In: LAL, R.; KIMBLE, J.M.; FOLLET, R.F.; STEWART, B.A. (Ed.). **Assessment methods for soil carbon**. Boca Raton: CRC Press, 2001. p.273-284.
- COLLEMAN, K.; JENKINSON, D.S. RothC 26.3: a model for the turnover of carbon in soil. In: POLWSON, T.S.; SMITH, P.; SMITH, J.U. (Ed.). **Evaluation of soil organic matter models using existing long term datasets**. Heidelberg: Springer-Verlag, 1996. p.237-246. (NATO ASI. Series 1, v.38).
- FALLOON, P.; SMITH, P. Simulating SOC changes in long-term experiments with RothC and Century: model evaluation for a regional scale application. **Soil Use and Management**, v.18, n.2, p.101-111, June 2002.
- FERNANDES, F.F. **Uso do modelo Century no estudo da dinâmica do carbono orgânico em solos do Rio Grande do Sul**. 2002. 153p. Tese (Doutorado) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.
- GALDOS, M.; CERRI, C.C.; CERRI, C.E.P.; PAUSTIAN, K.; ANTWERPEN, R. van. Simulation of soil carbon dynamics under sugarcane with the CENTURY model. **Soil Science Society of America Journal**, v.73, n.3, p.802-811, May/June 2009.
- IPCC EXPERT MEETING REPORT, 2007, NOORDWIJKERHOUT, The Netherlands. **Towards new scenarios for analysis of emissions, climate change, impacts, and response strategies**. Geneva: WMO: UNEP, 2008. 155p.
- JORGENSEN, S.E.; BENDORICCHIO, G. **Fundamentals of ecology modelling**. 3.ed. Amsterdam: Elsevier, 2001. 544p. (Development in Environmental Modelling, 21).
- KAMONI, P.T.; GICHERU, P.T.; WOKABI, S.M.; EASTER, M.; MILNE, E.; COLEMAN, K.; FALLOON, P.; PAUSTIAN, K.; KILLIAN, K.; KIHANDA, F.M. Evaluation of two soil carbon models using two Kenyan long term experimental datasets. **Agriculture Ecosystem and Environment**, v.122, n.1, p. 95-104, Sept. 2007.
- KAONGA, M.L.; COLEMAN, K. Modelling soil organic carbon turnover in improved fallows in eastern Zambia using the RothC-26.3 model. **Forest Ecology and Management**, v.256, n.5, p.1160-1166, Aug. 2008.
- LAL, R. Soil carbon sequestration to mitigate climate change. **Geoderma**, v.123, n.1/2, p. 1-22, Nov. 2004.
- LEITE, L.F.C.; MENDONÇA, E.S.; MACHADO, P.L.O.A. Simulação pelo modelo Century da dinâmica da matéria orgânica de um Argissolo sob adubação mineral e orgânica. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v.28, n.2, p. 347-358, mar./abr. 2004a.
- \_\_\_\_\_; \_\_\_\_\_. Simulating trends in soil organic carbon of an Acrisol under no-tillage and disc-plough systems using the Century model. **Geoderma**, v.120, n.3/4, p.283-295, June 2004b.
- LUGATO, E.; PAUSTIAN, K.; GIARDINI, L. Modeling soil organic carbon dynamics in two long-term experiments of North-eastern Italy. **Agriculture Ecosystem and Environment**, v.120, n.2/4, p.423-432, May 2007.
- MOLINA, J.A.E.; CLAPP, C.E.; SHAFFER, M.J.; CHICHESTER, F.W.; LARSON, W.E. NCSOIL. A model of nitrogen and carbon transformations in soil: description, calibration and behaviour. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v.47, n.1, p.85-91, Jan./Feb.1983.
- \_\_\_\_\_; SMITH, P. Modelling carbon and nitrogen processes in soil. **Advances in Agronomy**, v.62, p. 253-298, 1998.
- PARTON, W.J.; SCHIMEL, D.S.; COLE, C.V.; OJIMA, D.S. Analysis of factors controlling soil organic matter levels in great plains grasslands. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v.51, n.5, p.1173-1179, Sept./Oct. 1987.
- PONCE-HERNANDEZ, R. **Assessing carbon stocks and modelling win-win scenarios of carbon sequestration through land-use changes**. Rome: FAO, 2004. 156p.
- REEVES, D.W. The role of organic matter in maintaining soil quality in continuous cropping system. **Soil and Tillage Research**, v.43, n.1/2, p.131-167, Nov. 1997.
- RITCHIE, J.K.; GODWIN, D.C.; OTTERNACKE, S. **Ceres-wheat: a simulation model of wheat growth and development, Ceres model description**. East Lansing: Michigan State University, 1985. 252p.
- SMITH, J.U.; BRADBURY, N.J.; ADDISCOTT, T.M. Sundial: a PC-based system for simulating nitrogen dynamics in arable land. **Agronomy Journal: an international journal**, Madison, v.88, n.1, p.38-43, Jan./Feb. 1996.
- TORNQUIST, C.G. **Simulação da dinâmica do carbono orgânico do solo em escala regional: aplicação do modelo Century e sistemas de informações geográficas**. 2007. 156p. Tese (Doutorado) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.
- WENDLING, B. **Carbono e nitrogênio no solo sob diferentes usos e manejos e sua modelagem pelo Century**. 2007. 122p. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.
- WILLIAM, J.R.; RENARD, K.G. Assessment of soil erosion and crop productivity with process models (EPIC). In: FOLLET, R.F.; STEWART, B.A. (Ed.). **Soil erosion and crop productivity**. Madison: American Society of Agronomy, 1985. p. 68-102.



# Práticas ecológicas no manejo fitossanitário

*Trazilbo José de Paula Júnior<sup>1</sup>*

*Madelaine Venzon<sup>2</sup>*

*Hudson Teixeira<sup>3</sup>*

*Angelo Pallini<sup>4</sup>*

**Resumo** - A agricultura convencional tem provocado uso intenso de agrotóxicos. Esse modelo tem-se mostrado insustentável, pois observam-se frequentemente: contaminações e desequilíbrios ambientais, presença de resíduos de agrotóxicos acima dos limites de tolerância nos produtos agrícolas, contaminação de aplicadores e aumento no custo de produção. As práticas ecológicas no manejo fitossanitário buscam integrar medidas de baixo impacto ambiental e alto retorno de rentabilidade e sustentabilidade ao agroecossistema em alternativa ao uso de agrotóxicos. Serão apresentados exemplos de práticas ecológicas para o manejo de fitopatógenos, como medidas de redução da quantidade de inóculo inicial e de redução da taxa de desenvolvimento de doenças, e também práticas para o manejo de pragas, envolvendo os controles biológico, cultural, comportamental, com extratos de plantas e o uso de caldas fitoprotetoras e fertiprotetoras.

**Palavras-chave:** Doença. Praga. Fitopatógeno. Controle biológico. Controle cultural.

## INTRODUÇÃO

A agricultura convencional preconiza a utilização do modelo que tem como base o retorno econômico imediato. Por esse modelo, o controle dos problemas fitossanitários é realizado com a aplicação continuada e em larga escala de agrotóxicos. A adoção praticamente exclusiva de estratégias de controle com base em calendários de aplicações de produtos químicos deveu-se, principalmente, ao baixo custo das aplicações, ao largo espectro dos produtos e pelo entendimento de que o controle poderia ser conseguido simplesmente pela aplicação de agrotóxicos, sem a observação de qualquer critério técnico. Com o tempo, verificou-se que esse modelo é insustentável, pois frequentemente observam-se contaminações e desequilí-

brios ambientais, presença de resíduos de agrotóxicos agrícolas acima dos limites de tolerância, contaminação de aplicadores e aumento no custo de produção (PAULA JÚNIOR et al., 2005).

A adoção de tecnologias, com o objetivo de alcançar produtividades mais elevadas, impacta negativamente os ecossistemas, não leva em consideração a organização social e a cultura das comunidades locais e tem promovido, entre outras consequências negativas, desequilíbrio na regulação biótica dos agroecossistemas e, conseqüentemente, aumento exacerbado de problemas fitossanitários. O uso contínuo e exclusivo de agrotóxicos, por exemplo, tem resultado na ocorrência de pragas e patógenos resistentes a determinados produtos, o que nem sempre é diagnosticado (GHINI; KIMATI, 2000). As aplicações

acabam atingindo organismos não-alvo, o que leva a sérios desequilíbrios no agroecossistema, inclusive o surgimento de novas e graves epidemias de doenças e surto de pragas.

Desse modo, o modelo agrícola convencional passou a representar uma ameaça real à qualidade dos produtos agrícolas e à sustentabilidade econômica, ecológica e social de diversos agroecossistemas (BETTIOL; GHINI, 2003). A gestão ambiental dos sistemas de produção deve preconizar a adoção de práticas ecológicas no manejo de fitopatógenos e de pragas.

## MANEJO INTEGRADO DE DOENÇAS E PRAGAS

Kogan (1988) e Luckmann e Metcalf (1994) definiram manejo integrado como

<sup>1</sup> Eng<sup>o</sup> Agr<sup>o</sup>, Ph.D., Pesq. U.R. EPAMIG ZM, Caixa Postal 216, CEP 36570-000 Viçosa-MG. Correio eletrônico: trazilbo@epamig.br

<sup>2</sup> Eng<sup>o</sup> Agr<sup>o</sup>, Ph.D., Pesq. U.R. EPAMIG ZM, Caixa Postal 216, CEP 36570-000 Viçosa-MG. Correio eletrônico: madelaine@epamig.br

<sup>3</sup> Eng<sup>o</sup> Agr<sup>o</sup>, D.Sc., Pesq. U.R. EPAMIG ZM, Caixa Postal 216, CEP 36570-000 Viçosa-MG. Correio eletrônico: hudson@epamig.br

<sup>4</sup> Eng<sup>o</sup> Agr<sup>o</sup>, Ph.D., Prof. Associado UFV - Dep<sup>o</sup> Biologia Animal, CEP 36570-000 Viçosa-MG. Correio eletrônico: pallini@ufv.br

“a escolha e o uso inteligente de táticas de controle que produzirão consequências favoráveis dos pontos de vista econômico, ecológico e sociológico”. Portanto, o manejo integrado deve ser visto como a otimização do controle de doenças e pragas de maneira lógica, tanto econômica quanto ecológica, o que pode ser conseguido por meio do uso compatível de diversas estratégias para manter a redução da produção abaixo do limiar de dano econômico e, ao mesmo tempo, minimizar os prejuízos causados aos homens, animais, plantas e ambiente.

Segundo Geier (1966), o manejo integrado envolve três aspectos principais:

- a) determinação de como o ciclo vital de algumas pragas precisa ser modificado para mantê-lo em níveis toleráveis, ou seja, abaixo do limiar de dano econômico;
- b) combinação do conhecimento biológico e da tecnologia disponível para alcançar a modificação necessária, ou seja, o exercício da ecologia aplicada;
- c) desenvolvimento de métodos de controle adaptados às tecnologias disponíveis e compatíveis com aspectos econômicos e ecológicos e, a partir daí, a aceitação econômica e social.

A FAO (1991) propôs uma ampliação do conceito de manejo integrado para manejo integrado da cultura (MIC). Tal manejo envolve todas as atividades do sistema de produção e compõe-se de diversas estratégias, cada qual focalizando um aspecto particular do sistema, como manejo integrado de doenças e pragas, manejo integrado de nutrientes, manejo integrado da água, etc. O MIC visa a melhor utilização dos recursos naturais, a redução do risco para o ambiente e a maximização da produção. Dessa maneira, os objetivos de determinado sistema de manejo são dependentes dos recursos naturais, socioeconômicos e tecnológicos e de suas inter-relações.

As táticas de controle de doenças e de pragas devem ser combinadas de tal forma

que a planta hospedeira torne-se menos vulnerável ou mais resistente ao ataque de organismos nocivos, que as condições de ambiente não favoreçam esse ataque e que patógenos e pragas não sejam introduzidos nas áreas produtivas. Esse conjunto de medidas varia de acordo com o patossistema e de local para local. A escolha da medida de controle ou do conjunto de medidas a ser implementado deve ser submetido a análises criteriosas, verificando-se sempre se os requisitos relacionados com o custo/benefício ambiental e social estão sendo atendidos. Ao recomendar qualquer medida, deve-se levar em consideração o nível de educação do produtor, se estas medidas recomendadas estão em conformidade com as leis vigentes e se contribuem para a manutenção da sustentabilidade do agroecossistema (PAULA JÚNIOR et al., 2005).

### **PRÁTICAS ECOLÓGICAS DE MANEJO FITOSSANITÁRIO**

A proteção de plantas com métodos convencionais, por meio do uso de agrotóxicos, apresenta características bastante atraentes, como a simplicidade, a previsibilidade e a necessidade de pouco entendimento dos processos básicos do agroecossistema para a sua aplicação. No entanto, tal visão simplista não leva à sustentabilidade dos sistemas agrícolas, porque, normalmente interações complexas ocorrem nos agroecossistemas. No caso do controle biológico, é fundamental conhecer primeiramente como ocorrem as interações patógeno-antagonista ou presa-predador. Após a introdução, por exemplo, de um agente microbiano de controle biológico, haverá o seu estabelecimento em um nicho, seguido da interação com o organismo-alvo e outras espécies de organismos. Essas interações complexas são fundamentais para o sucesso do controle, devendo ser analisadas de modo holístico e consideradas em longo prazo (VENZON et al., 2001b). Assim sendo, há a necessidade de amplo conhecimento da ecologia de sistemas (ATKINSON; MCKINLAY, 1995).

Em contraste com a agricultura convencional, os sistemas alternativos ou

ecológicos buscam obter vantagens das interações de ocorrência natural. Os sistemas alternativos dão ênfase ao manejo das relações biológicas, como aquelas entre pragas e predadores, e em processos naturais, como a fixação biológica do nitrogênio em vez do uso de métodos químicos. O objetivo é aumentar e sustentar as interações biológicas, nas quais a produção agrícola se baseia, ao invés de reduzir e simplificar essas interações (NATIONAL RESEARCH COUNCIL, 1968).

O aumento estratégico da diversidade nos agroecossistemas, ou seja, da biodiversidade funcional, aquela que proporcionará o aumento das espécies de inimigos naturais, pode reduzir eficientemente as populações de pragas e patógenos (ALTIERI, 1999). Para isso, deve-se ter um conhecimento prévio da estrutura e do funcionamento da teia alimentar presente no sistema, a fim de manipular estrategicamente a diversidade da vegetação, visando ao aumento e à conservação daquelas espécies desejáveis (VENZON et al., 2001a).

Os agroecossistemas podem ser diversificados pela associação de plantas de espécies diferentes, ou seja, duas ou mais culturas (cultivos intercalares ou consorciados) ou uma cultura e uma ou mais plantas associadas (planta espontânea, cobertura verde, adubo verde). Em sistemas de cultivo caracterizados pela mistura de culturas (policulturas, consórcios ou multilinhas), por exemplo, as espécies suscetíveis podem ser cultivadas em densidades menores e o espaço entre elas pode ser ocupado por plantas resistentes que interessam ao produtor (PAULA JÚNIOR et al., 2005). A menor densidade de plantas suscetíveis e a barreira oferecida pelas plantas resistentes dificultam a disseminação do patógeno, reduzindo a quantidade de inóculo no campo. Além do aumento da diversidade no espaço, o aumento da diversidade no tempo, por meio da rotação de culturas, também faz com que os processos biológicos auxiliem a proteção de plantas, como por exemplo, no controle de diversos fitopatógenos veiculados pelo solo.

A diversidade proporcionada pela associação de plantas pode levar a um aumento de predadores e de parasitoides e, na maioria dos casos, à consequente redução populacional das pragas. As causas desse aumento devem-se à disponibilidade e à abundância de presas alternativas, de néctar e de pólen, e da presença de microhabitats apropriados. Além disso, quando plantas hospedeiras são intercaladas com outras, diminui-se a incidência de insetos fitófagos especialistas, segundo a hipótese da concentração de recursos. As plantas associadas podem também ter características que repelem as pragas ou que as atraem, sendo que, em ambos os casos, dependendo do arranjo espacial dessas plantas e da cultura principal, poderá haver redução significativa da população das pragas na cultura principal (VENZON et al., 2001a).

Na agricultura convencional, as espécies invasoras são um obstáculo a ser superado. No entanto, na agricultura orgânica e em outras linhas de agricultura alternativa, tenta-se tirar proveito desse recurso para o processo produtivo (PAULA JÚNIOR et al., 2005). Dessa forma, os efeitos positivos das plantas invasoras foram incorporados para cooperar na ciclagem de nutrientes, no aporte de matéria orgânica (MO) ao solo, no controle da erosão, como abrigo de inimigos naturais e de predadores, como substrato para microrganismos do solo, como cobertura do solo e como importante fator na conservação da água no solo. Nesse sentido, o manejo adequado das plantas invasoras contribui também para a diversificação dos agroecossistemas e tornam essas plantas ótimas indicadoras das condições em que se encontra o solo no tocante à fertilidade, estrutura e compactação, dentre outros aspectos (COSTA; CAMPANHOLA, 1997).

Além dos benefícios agronômicos e econômicos, a diversificação de culturas nas propriedades rurais traz benefícios sociais, pois estende a estação de trabalho dos empregados rurais, sendo esse aspecto parte integrante da sustentabilidade. Entretanto, a diversificação indiscriminada da

vegetação dentro de um agroecossistema pode não resultar na redução do risco de ocorrência de pragas e doenças (VENZON; SUJII, 2009). Os efeitos de combinações planejadas de plantas devem ser estudados criteriosamente antes da sua aplicação em programas de manejo (BETTIOL; GHINI, 2003).

Em complementação ao manejo ambiental, proporcionado principalmente pela diversificação estratégica da vegetação, outras medidas não poluentes podem ser integradas e aplicadas, visando à redução da intensidade de doenças e do ataque de pragas e ao consequente aumento da produção, da produtividade e da qualidade dos produtos agrícolas. A seguir, serão enfatizadas algumas práticas ecológicas para o manejo de fitopatógenos e de pragas.

### Manejo de fitopatógenos

As práticas ecológicas de manejo de doenças de plantas enfatizam o emprego dos princípios gerais de controle de exclusão, erradicação e de imunização, propostos por Whetzel (1929). O princípio da proteção, também proposto por esse autor, envolve, na agricultura convencional, na maioria das vezes, o uso de agrotóxicos. Quando são utilizados produtos alternativos, como extratos de plantas ou agentes de controle biológico, esse princípio também pode ser considerado dentro do contexto de práticas ecológicas, assim como os princípios da terapia e da evasão (escape ou fuga de condições favoráveis às doenças).

As diferentes estratégias de controle recomendadas atuam tanto na redução da quantidade de doença ou do inóculo inicial ( $x_0$ ), quanto no decréscimo da taxa de desenvolvimento da doença ( $r$ ), durante o período de crescimento da cultura.

Medidas de redução da quantidade de doença ou inóculo inicial ( $x_0$ )

#### Exclusão

Medidas de exclusão incluem a certificação de sementes e mudas, o tratamento

térmico e biológico de sementes e mudas, a limpeza de máquinas, implementos e ferramentas destinados a podas, e a indexação (cultura de tecidos e de meristema). Essas medidas visam prevenir a disseminação ou a dispersão do inóculo do patógeno para locais onde este não ocorre.

#### Erradicação

Medidas de erradicação, geralmente, referem-se à eliminação dos restos de cultura doentes, tratamento erradicante em pós-colheita de frutos com calor, eliminação de hospedeiros principais e/ou alternativos, eliminação de plantas doentes (*roguing*), eliminação de tigueras e restevas no campo após a colheita, emprego de plantas armadilhas e antagonicas a nematoides, poda de ramos doentes, solarização do solo e de substratos, eliminação de patógenos pela cultura de tecidos e limpeza de embalagens, equipamentos e armazéns. Essas medidas atuam na sobrevivência do patógeno já estabelecido em determinado local.

#### Terapia

Medidas de terapia em geral incluem uso de calor (termoterapia), cirurgias e podas de ramos doentes. São medidas que atuam diretamente na redução da quantidade de doença.

#### Resistência vertical

A resistência vertical (completa ou qualitativa) requer a utilização de cultivares que impedem a multiplicação do patógeno. Essa medida visa à redução da infecção do patógeno nos tecidos do hospedeiro.

Medidas de redução da taxa de desenvolvimento da doença ( $r$ )

#### Resistência horizontal

A resistência horizontal é também conhecida como resistência quantitativa, incompleta ou de campo. Caracteriza-se



por permitir que o patógeno complete o ciclo de vida no hospedeiro. Seu nível pode ser medido por meio de características, como período de incubação do patógeno, tamanho da lesão, número de esporos por lesão, frequência de infecção e número de lesões por área. A resistência horizontal é fortemente influenciada pela temperatura. Esse princípio atua também na redução da infecção do patógeno no tecido do hospedeiro.

A escolha da variedade a ser plantada em determinado local deve ser balizada pela sua adaptabilidade às condições edafoclimáticas locais. O uso de cultivares resistentes é fundamental para os sistemas agrícolas alternativos. Trata-se de um método barato e de fácil utilização para o controle de fitopatógenos importantes. Porém, os métodos de melhoramento aplicados para a obtenção de variedades resistentes utilizadas nos sistemas convencionais nem sempre são os mais eficientes para os sistemas alternativos. Os agricultores orgânicos, por exemplo, são orientados a optar por espécies vegetais compatíveis com o ecossistema e a utilizar sementes produzidas de forma diferenciada, para cada realidade ecológica. Mas, de modo geral, tem-se lançado mão de sementes disponíveis no mercado, melhoradas e produzidas de forma convencional (COSTA; CAMPANHOLA, 1997).

#### Pré-imunização ou proteção cruzada

O fenômeno da pré-imunização ou proteção cruzada ocorre quando uma estirpe fraca de determinado patógeno inoculada no hospedeiro passa a conferir proteção contra estirpes fortes do mesmo patógeno. Como exemplo, cita-se a proteção conferida por estirpes fracas do vírus da tristeza-dos-citros contra estirpes fortes desse mesmo vírus.

#### Evasão (escape ou fuga)

Pelo princípio da evasão, evita-se ou reduz a chance de ocorrência de condi-

ções favoráveis a determinadas doenças por meio da adoção de algumas medidas, como, por exemplo, escolha da área ou do local de plantio, alteração da época e da densidade de plantio, modificação do ambiente com emprego de práticas culturais, eliminação de plantas ou parte de plantas doentes, preparo e irrigação do solo de forma adequada, uso de barreiras físicas como quebra-ventos, cultivo em ambiente protegido, enxertia e poda, plantio em locais de altitude elevada, armazenamento de frutos em ambientes refrigerados e plantio a profundidades menores.

#### Proteção

As medidas de controle relacionadas com o princípio da proteção visam evitar que o inóculo do patógeno, já estabelecido no local, possa entrar em contato com os tecidos da planta hospedeira. Como no contexto de utilização de práticas ecológicas descarta-se o uso de agrotóxicos, a proteção, nesse caso, inclui pulverizações com agentes de controle biológico, inclusive para o controle de insetos-vetores. O controle biológico tem despertado o interesse dos produtores nos últimos anos. Diversas empresas e instituições de pesquisa brasileiras têm disponibilizado produtos comerciais à base de agentes biológicos, apesar de existirem ainda inúmeros entraves, especialmente relacionados com a adequação da legislação para o registro de produtos (PAULA JÚNIOR et al., 2009).

Entre as medidas de proteção, inclui-se também a aplicação das caldas bordalesa, sulfocálcica e viçosa e de produtos alternativos, como urina de vaca, composto de esterco bovino e biofertilizantes, resíduo da fermentação do melaço (comercializado como fertilizante), leite cru, diversos fosfitos e outros sais, extratos de cogumelos, algas e plantas, e conservadores alimentares (PAULA JÚNIOR et al., 2005). A aplicação é feita, em geral, de maneira preventiva, podendo em alguns casos também ter efeito curativo. Além disso, inclui a aplicação de calcário para alterar o pH do solo e o uso

de fertilizantes. Diversos trabalhos mostram os efeitos benéficos dos nutrientes sobre a dinâmica das doenças de plantas e a consequente redução da necessidade de controle a partir da nutrição equilibrada de plantas (ENGELHARD, 1989).

#### Manejo de pragas

Diversas estratégias podem ser integradas e utilizadas como alternativas aos inseticidas convencionais no controle de pragas. É fundamental, no entanto, que seja feito o manejo ambiental do agroecossistema considerado, com base principalmente na diversificação da vegetação. A seguir, serão apresentadas as principais práticas que podem ser utilizadas para o manejo ecológico de pragas e que possuem em comum a ausência de toxicidade tanto ao homem quanto aos animais domésticos e de resíduos tóxicos no produto final.

#### Controle biológico

Consiste na supressão das populações de pragas com a utilização de organismos vivos (predadores, parasitoides e patógenos) (EILENBERG et al., 2001). Pode ser feito por meio de práticas que incrementem as populações de inimigos naturais já existentes nos agroecossistemas (controle biológico conservativo) (VENZON; SUJII, 2009) ou pela liberação inundativa ou inoculativa de agentes de controle biológico (EILENBERG et al., 2001). Existem diversos produtos biológicos disponíveis no mercado brasileiro, para o controle de pragas em várias culturas. Nesses, incluem ácaros predadores para o controle de ácaros fitófagos, parasitoides para o controle de lepidópteros, predadores para o controle de sugadores, além de produtos formulados à base de bactérias, vírus e fungos (PAULA JÚNIOR et al., 2009). O sucesso no uso desses produtos depende da qualidade destes, do momento correto da aplicação/liberação do produto/ agente de controle biológico e da manutenção de condições adequadas à atuação e à permanência desses agentes em campo.

### Controle cultural

Algumas práticas agrícolas podem ser utilizadas para o controle de pragas, tais como: a aração do solo, para exposição de imaturos de insetos que nele se abrigam; a rotação de culturas, utilizando alternadamente plantas que não sejam hospedeiras das mesmas pragas; a poda, empregada em culturas perenes para o controle de brocas e cochonilhas; a destruição de restos culturais; a antecipação ou atraso da época do plantio ou colheita, visando escape das épocas de maior ocorrência de determinadas pragas. Como exemplo, pode-se citar o manejo das moscas das frutas, utilizando diferentes métodos culturais como (ALVARENGA et al., 2006): destruição dos frutos caídos, ensacamento dos frutos para impedir o ataque das moscas e a poda, recomendada para algumas fruteiras, visando maior arejamento da copa e, conseqüentemente diminuição de locais de abrigo para adultos da mosca.

### Controle por comportamento

Nesta modalidade de controle, destaca-se a utilização de feromônios, que são compostos químicos produzidos por insetos para comunicação intraespecífica. A aplicação desses feromônios na agricultura pode ser feita por técnicas como: monitoramento com armadilhas, coleta massal e confundimento ou confusão sexual (BENTO, 2001). No mercado brasileiro existem disponíveis feromônios para várias pragas importantes, como brocas, lagartas desfolhadoras, traças, moscas das frutas, pragas de grãos armazenados, entre outros.

### Controle com extratos de plantas

Diversas plantas possuem atividade inseticida e os seus extratos têm sido usados de modo eficiente no controle de pragas. Vários desses extratos são obtidos por meio de preparações caseiras (cinamomo, manipueira, alho, pimenta) (MOREIRA et al., 2006), mas para algumas espécies

existem produtos formulados disponíveis no mercado. Uma planta que se destaca no controle de pragas é o nim (*Azadirachta indica*). Seus derivados possuem, além da ação de contato, ação sistêmica e trans-laminar. Pode ser obtido em preparações caseiras ou em produtos formulados, os quais estão disponíveis no mercado brasileiro. Apesar do grande potencial do nim, assim como o de outros extratos, o seu uso deve ser embasado em recomendações técnicas, levando-se em consideração a seletividade aos inimigos naturais e a fitotoxicidade. Em experimentos realizados na Unidade Regional EPAMIG Zona da Mata (U.R. EPAMIG ZM), em parceria com a Universidade Federal de Viçosa (UFV), verificou-se a compatibilidade da utilização de produtos derivados do nim e de ácaros predadores para o controle do ácaro-rajado em morangueiro. Esse resultado foi possível, em decorrência da utilização de doses dos produtos seletivas aos predadores, as quais são inferiores às normalmente utilizadas em campo. Além disso, para ter sucesso no uso dessas doses, é necessário um tempo mínimo de cinco dias, para que os produtos à base de nim possam agir sobre as populações dos ácaros fitófagos (SOTO, 2009).

### Caldas fitoprotetoras e fertiprotetoras

Essas caldas têm sido utilizadas principalmente em sistemas orgânicos de produção, visando, além da melhoria da qualidade nutricional das plantas, o controle de pragas e doenças. A calda sulfocálcica é obtida pelo tratamento térmico do enxofre e cal. Tem sido utilizada com sucesso no controle de cochonilhas e de ácaros em diversas culturas como café, olerícolas e fruteiras (VENZON et al., 2008). Apesar do seu uso difundido, sua eficiência está diretamente ligada à espécie de praga-alvo. Por exemplo, para o ácaro-rajado *Tetranychus urticae*, o uso da calda sulfocálcica não é viável, pois a concentração letal capaz de causar mortalidade em 95% ( $CL_{95}$ ) da população foi de 23,4%. Para os ácaros *Tetranychus evansi* e *Polyphagotarsonemus latus*, a  $CL_{95}$  foi de 1,0% e 1,2%, respectivamente (Gráfico 1). É importante ressaltar que o uso de concentrações altas da calda sulfocálcica (em geral acima de 1,5%) pode causar efeito deletério aos inimigos naturais, além da possibilidade de causar toxicidade às plantas (VENZON et al., 2008).

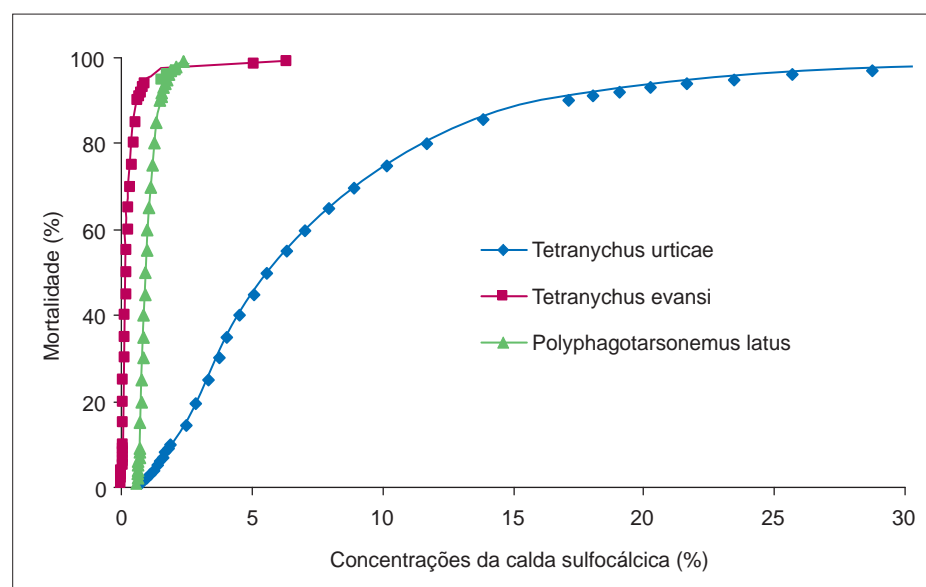


Gráfico 1 - Toxicidade aguda da calda sulfocálcica aos ácaros *Tetranychus urticae*, *Tetranychus evansi* e *Polyphagotarsonemus latus*

As caldas bordalesa e viçosa consistem na mistura de sulfato de cobre e óxido de cálcio, com o diferencial da adição de micronutrientes na calda viçosa. São utilizadas especialmente como fungicida e como adubo foliar. Porém, em algumas culturas como café e olerícolas têm sido usadas com o intuito de controlar pragas, em especial ácaros. Resultados de experimentos conduzidos em laboratório e casa de vegetação, no entanto, mostraram que a calda viçosa não foi eficiente no controle de ácaros em café, tomate, pimenta e morango (VENZON et al., 2008). Há, contudo, a possibilidade de essas caldas aumentarem a resistência das plantas às pragas, via fornecimento de nutrientes. Mas a pesquisa ainda precisa ratificar essa possibilidade.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

O manejo fitossanitário atualmente dispõe de técnicas e ferramentas que permitem ao proprietário agrícola produzir com qualidade, rentabilidade e sustentabilidade. O mercado consumidor está cada vez mais propenso a adquirir produtos isentos de agrotóxicos e inclusive pagando a mais por isso. Essa é uma visão de mercado, a qual os produtores estão perceptivos e adequando o seu sistema produtivo para usufruir desses consumidores.

São inúmeros os produtores de café, hortaliças, frutíferas, somente para citar alguns, que estão transformando o seu sistema convencional de produção para sistemas orgânicos e/ou ecológicos. Ao acessar esse mercado consumidor diferenciado, o produtor normalmente obtém rentabilidade superior ao produto gerado pelo sistema convencional. No entanto, muitos produtores ainda não conseguem expandir a sua produção, porque desconhecem ou não conseguiram ainda se adequar ao uso das práticas aqui citadas para a produção orgânica/ecológica.

Essas práticas, como já dito, estão disponíveis, possuem resultados testados pela pesquisa, mas precisam ser difundidas pelos serviços de extensão do País. O uso

dessas informações existentes retroalimentará a pesquisa para sanar as lacunas ainda existentes e para adequar essas práticas aos problemas práticos enfrentados pelos produtores, principalmente associados à certificação de seus produtos.

## AGRADECIMENTO

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (Fapemig) e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq).

## REFERÊNCIAS

- ALTIERI, M.A. The ecological role of biodiversity in agroecosystems. *Agriculture Ecosystems & Environment*, v.74, n.1/3, p.19-31, June 1999.
- ALVARENGA, C.D.; GIUSTOLIN, T.A.; QUERINO, R.B. Alternativas no controle de moscas-das-frutas. In: VENZON, M.; PAULA JÚNIOR, T.J. de; PALLINI, A. (Coord.). **Tecnologias alternativas para o controle de pragas e doenças**. Viçosa, MG: EPAMIG-CTZM, 2006. p.227-252.
- ATKINSON, D.; MCKINLAY, R.G. Crop protection in sustainable farming systems. In: SYMPOSIUM INTEGRATED CROP PROTECTION: TOWARDS SUSTAINABILITY, 63., 1995, Edinburgh. **Proceedings...** Farnham: British Crop Protection Council, 1995. p.483-488.
- BENTO, J.M. Fundamentos do monitoramento, da coleta massal e do confundimento de insetos-pragas. In: VILELA, E.F.; DELLA-LUCIA, T.M.C. **Feromônios de insetos: biologia, química e emprego no manejo de pragas**. Ribeirão Preto: Holos, 2001. p.135-144.
- BETTIOL, W.; GHINI, R. Proteção de plantas em sistemas agrícolas alternativos. In: CAMPANHOLA, C.; BETTIOL, W. (Ed.). **Métodos alternativos de controle fitossanitário**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2003. p.80-96.
- COSTA, M.B.B. da; CAMPANHOLA, C. **A agricultura alternativa no estado de São Paulo**. Jaguariúna: EMBRAPA-CNPMA, 1997. 63p. (EMBRAPA-CNPMA. Documentos, 7).
- EILENBERG, J.; HAJEK, A.; LOMER, C. Suggestions for unifying the terminology in biological control. *BioControl*, v.46, n.4, p.387-400, Dec. 2001.
- ENGELHARD, A.W. (Ed.). **Soilborne plant pathogens: management of diseases with macro-and microelements**. St. Paul: APS Press, 1989. 217p.
- FAO. **Sustainable crop production and protection**. Rome, 1991. 27p. (FAO. Background Document, 2). FAO - Netherlands Conference on Agriculture and the Environment: strategies and tools for sustainable agriculture and rural development...
- GEIER, P.W. Management of insect pests. **Annual Review of Entomology**, v.11, p.471-490, Jan. 1966.
- GHINI, R.; KIMATI, H. **Resistência de fungos a fungicidas**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2000. 78p.
- KOGAN, M. (Ed.). **Ecological theory and integrated pest management practice**. New York: J. Wiley, 1988. 362p.
- LUCKMANN, W.H.; METCALF, R.L. The pest management concept. In: METCALF, R.L.; LUCKMANN, W.H. (Ed.). **Introduction to insect pest management**. New York: J. Wiley, 1994. p.1-34.
- MOREIRA, M.D.; PICANÇO, M.C.; SILVA, E.M. da; MORENO, S.C.; MARTINS, J.C. Uso de inseticidas botânicos no controle de pragas. In: VENZON, M.; PAULA JÚNIOR, T.J. de; PALLINI, A. (Coord.). **Controle alternativo de pragas e doenças**. Viçosa, MG: EPAMIG-CTZM, 2006. p.89-120.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL. Committee on Plant and Animal Pests. **Plant disease: development and control**. Washington, 1968. 205p. (NAS. Principles of Plant and Animal Pest Control, 1).
- PAULA JÚNIOR, T.J. de; MORANDI, M.A.B.; ZAMBOLIM, L.; SILVA, M.B. da. Controle alternativo de doenças de plantas: histórico. In: VENZON, M.; PAULA JÚNIOR, T.J. de; PALLINI, A. (Coord.). **Controle alternativo de pragas e doenças**. Viçosa, MG: EPAMIG-CTZM, 2005. p.135-162.
- \_\_\_\_\_; VENZON, M.; MORANDI, M.A.B.; BETTIOL, W.; TEIXEIRA, H. Comercialização de produtos biológicos para o controle de doenças de plantas e pragas no Brasil. **Informe Agropecuário**. Controle biológico de pragas, doenças e plantas invasoras, Belo Horizonte, v.30, n.251, p.116-123, jul./ago. 2009.
- SOTO, A.G. **Manejo alternativo de ácaros em morango e tomate**. 128 f. 2009. Tese (Doutorado em Entomologia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2009.



VENZON, M.; OLIVEIRA, H.; SOTO, A.; OLIVEIRA, R.M. de; FREITAS, R.C.P. de; LOPES, I.P. de C. Potencial de produtos alternativos para o controle de pragas. In: POLTRONIERI, L.S.; ISHIDA, A.K.N. (Ed.). **Métodos alternativos de controle de insetos-praga, doenças e plantas daninhas: panorama atual e perspectivas na agricultura.** Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2008. cap. 12, p.263-288.

\_\_\_\_\_; PALLINI, A.; AMARAL, D.S.S.L. Estratégias para o manejo ecológico de pragas. **Informe Agropecuário.** Agricultura alternativa, Belo Horizonte, v.22, n.212, p.19-28, set./out. 2001a.

\_\_\_\_\_; \_\_\_\_\_. JANSSEN, A. Interactions mediated by predators in arthropod food webs. **Neotropical Entomology**, Londrina, v.30, n.1, p.1-9, Mar. 2001b.

\_\_\_\_\_; SUJII, E.R. Controle biológico conservativo. **Informe Agropecuário.** Controle biológico de pragas, doenças e plantas invasoras, Belo Horizonte, v.30, n.251, p.7-16, jul./ago. 2009.

WHETZEL, H.H. The terminology of phytopathology. In: INTERNATIONAL CONGRESS OF PLANT SCIENCE, 2., 1926, Ithaca, NY. **Proceedings...** Ithaca, NY: Cornell University, 1929. p.1204-1215.

**A HORA CERTA DE PENSAR NO FUTURO**  
**PROCESSO SELETIVO 2010**  
**INSTITUTO DE LATICÍNIOS CÂNDIDO TOSTES**

**Período de inscrição:**  
 23/11/2009 a 7/12/2009  
**Informações:**  
 (32) 3224 3116 • (32) 3224 5450  
[www.candidotostes.com.br](http://www.candidotostes.com.br)

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

 **GOVERNO DE MINAS**





▼ as vendas  
caíram.  
**e agora?**

**SEBRAE agora.**

**0800 570 0800**

Se o seu negócio está passando por uma fase difícil, procure o Sebrae. Lá você encontra consultorias, cursos e orientação empresarial que o ajudam a tocar melhor a sua empresa. Você vai conhecer novas formas de administrar, vender mais e planejar melhor. Ligue 0800 570 0800, acesse [www.sebraemg.com.br](http://www.sebraemg.com.br) ou vá ao Sebrae mais próximo.

**SEBRAE**  
**MG**

Sebrae. Quem tem conhecimento vai pra frente.



▲ as vendas  
subiram.  
**e agora?**

**SEBRAE agora.**

**0800 570 0800**

Se o seu negócio está crescendo, procure o Sebrae. Lá você encontra consultorias, cursos e orientação empresarial que o ajudam a tocar ainda melhor a sua empresa. Você vai fazer mais negócios, gerenciar os estoques e até mesmo exportar. Ligue 0800 570 0800, acesse [www.sebraemg.com.br](http://www.sebraemg.com.br) ou vá ao Sebrae mais próximo.



Sebrae. Quem tem conhecimento vai pra frente.



# Gerenciamento de efluentes na aquicultura e aproveitamento de água residuária do processamento do café

*Alexmiliano Vogel de Oliveira<sup>1</sup>*

*Eduardo José Azevedo Corrêa<sup>2</sup>*

*Sammy Fernandes Soares<sup>3</sup>*

*Luiz Carlos de Prezotti<sup>4</sup>*

Resumo - O recurso natural água vem sendo cada vez mais disputado nos dias de hoje. As atividades agrícolas utilizam constantemente a água na produção e em inúmeros processamentos, entretanto, após seu uso, a maioria dos produtores não se preocupa com o destino dos diversos efluentes gerados em suas atividades. O mau gerenciamento dos efluentes pode causar danos, tanto econômicos como ambientais. Com o aumento na fiscalização e a busca da sustentabilidade ambiental nas atividades agrícolas, muitas pesquisas estão sendo direcionadas para o tratamento e/ou aproveitamento desses efluentes. Na aquicultura, formas de tratamentos desses efluentes vêm sendo estudadas e entre estas, aquelas com utilização de plantas aquáticas vêm-se destacando por sua funcionalidade e simplicidade. Na atividade de processamento de café, o aproveitamento da água residuária, que também é uma nova tecnologia, começa a ser testado, com o intuito de reduzir os custos com o tratamento do efluente gerado e de buscar formas mais sustentáveis de utilização desse efluente.

Palavras-chave: Água residuária. Efluente. Resíduo agrícola. Tratamento. Aquicultura. Planta aquática.

## INTRODUÇÃO

Há 50 anos, falar no Brasil sobre direitos e cobranças pelo uso da água constituía um despropósito, dada a abundância desse recurso natural. Hoje, a situação é adversa. Nas últimas décadas, a água vem sendo cada vez mais disputada, tanto em termos quantitativos como qualitativos, principalmente em razão do acentuado crescimento demográfico e do próprio desenvolvimento econômico. Em grande parte, a adversi-

dade deve-se aos problemas de falta de saneamento e do tratamento de águas servidas, bem como do desperdício muitas vezes causado por perdas no sistema de distribuição, pelo aumento da demanda da água nas metrópoles (BRASIL, 2006) e dos efluentes gerados pelas atividades agrícolas. O Brasil desperdiça 40% da água potável destinada ao consumo humano, bem superior à média de 20% considerada ideal pela Organização das Nações Unidas (ONU). Na América Latina, apenas Argen-

tina e Chile apresentam índices menores (CAPRILES, 200-).

A área rural demanda esse bem como condição fundamental para o crescimento das suas atividades, entretanto, os problemas gerados com o mau gerenciamento de resíduos nas propriedades agrícolas são cada vez mais comuns e podem causar contaminações de mananciais, córregos e rios. Essa contaminação ocorre, principalmente, em função dos nutrientes contidos nos efluentes gerados pelas atividades agrícola-

<sup>1</sup>Zootecnista, M.Sc., Pesq. U.R. EPAMIG ZM, Caixa Postal 216, CEP 36570-000 Viçosa-MG. Correio eletrônico: alexmiliano@epamig.br

<sup>2</sup>Biólogo, M.Sc., Pesq. U.R. EPAMIG ZM, Caixa Postal 216, CEP 36570-000 Viçosa-MG. Correio eletrônico: eduardo.correa@epamig.br

<sup>3</sup>Eng<sup>a</sup> Agr<sup>a</sup>, D.Sc., Pesq. Embrapa Café/U.R. EPAMIG ZM, Caixa Postal 216, CEP 36570-000 Viçosa-MG. Correio eletrônico: sammy@epamig.ufv.br

<sup>4</sup>Eng<sup>a</sup> Agr<sup>a</sup>, D.Sc., Pesq. INCAPER, CEP 29375-000 Vitória-ES. Correio eletrônico: prezotti@incaper.es.gov.br

las, interferindo no equilíbrio do ecossistema aquático, além de agrotóxicos e outros produtos. Dois dos principais nutrientes são o fósforo e o nitrogênio, elementos básicos para o crescimento de algas. Ao elevar a quantidade desses nutrientes nos mananciais, córregos e rios, aumenta-se a produtividade biológica, o que permite proliferações periódicas de algas, tornando a água turva. Com a deficiência de oxigênio causada pelo apodrecimento das algas e aumento da toxidez para os organismos que ali vivem, processo conhecido como eutrofização (ESTEVES, 1998), a água torna-se imprópria para consumo, banho ou qualquer outra atividade que necessite qualidade. Esses nutrientes perdidos podem ser reutilizados na própria propriedade, reduzindo o custo do produtor com adubação nas lavouras, gerando impactos econômicos e ambientais positivos.

Nesse contexto, regras e ações conservacionistas estão sendo estudadas e implantadas no Brasil para promover o uso racional da água pela população. O Conselho Nacional de Meio Ambiente (Conama) é, atualmente, o órgão responsável pela regulamentação da água, ar e solo. Todos aqueles que utilizam os recursos hídricos estão sujeitos à cobrança. Entretanto, os valores a ser cobrados deverão ter por base o volume de água captado e consumido e a carga poluidora dos efluentes lançados nos corpos d'água (CONSELHO NACIONAL DE RECURSOS HÍDRICOS, 2001). Essa nova realidade incentiva pesquisas na busca de alternativas para o uso e aproveitamento de efluentes nas propriedades, como, por exemplo, o tratamento de efluentes da aquicultura e o aproveitamento da água residuária do café.

## TRATAMENTO DE EFLUENTES DE AQUICULTURA POR PLANTAS AQUÁTICAS

A aquicultura é uma atividade de produção e, como qualquer outra, acarreta impactos ambientais. Segundo Vinatea (1997), as rações empregadas na atividade

apresentam elevados teores de nutrientes e apenas uma fração do alimento disponível é digerida pelos organismos. Os alimentos não consumidos são convertidos em sólidos orgânicos em suspensão, dióxido de carbono, amônia, fosfatos e em outros compostos, que, somados às excretas e às fezes, proporcionam um considerável aporte de matéria orgânica (MO) e inorgânica, com elevada concentração de nitrogênio e fósforo, aos ecossistemas aquáticos (BOYD, 1997).

Essa disponibilidade de nutrientes nos ambientes aquáticos tende a favorecer o aumento da comunidade de algas, o que altera a dinâmica do oxigênio dissolvido. Durante o dia, a atividade fotossintética desses vegetais proporciona um acréscimo de oxigênio que, ao ultrapassar o equilíbrio de saturação, pode ocasionar danos nos organismos aquáticos. Por outro lado, durante a noite e no início da manhã, a excessiva respiração dessas algas pode acarretar no

consumo por completo do oxigênio dissolvido e, conseqüentemente, na morte da maioria dos organismos aquáticos.

O nitrogênio provém principalmente da proteína das rações, sendo que parte é excretada pelos organismos na forma de amônia, enquanto o restante é eliminado pelas fezes na forma de nitrogênio orgânico. Estimativas indicam que as taxas de excreção de nutrientes por peixes mantidos por uma dieta com 35%-40% de proteína, com conversão alimentar de 1:1,5, são de, aproximadamente, 0,025 kg de nitrogênio e 0,033 kg de fósforo/kg de biomassa produzida (COCHAVA et al., 1990). O fluxo de nitrogênio e fósforo da ração nos diferentes compartimentos do ambiente aquático é exemplificado na Figura 1.

A formulação de rações com maior digestibilidade e menor quantidade de nutrientes, associada a um manejo adequado, pode diminuir esse impacto

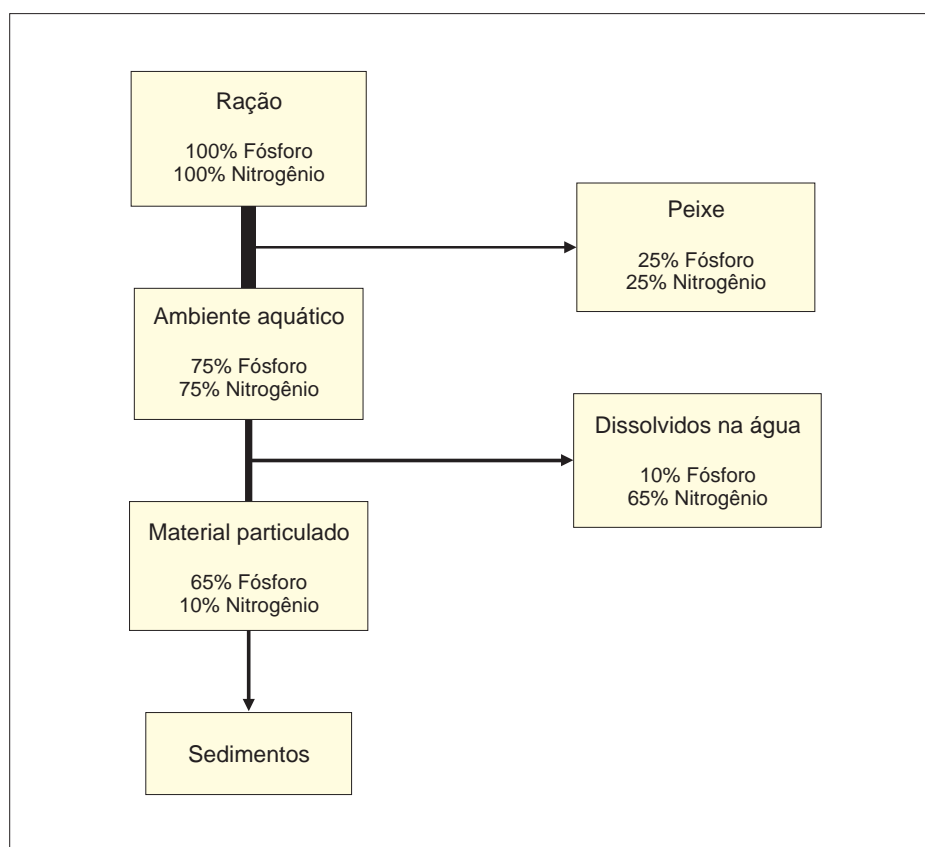


Figura 1 - Fluxo de bioelementos em tanques-rede com salmonídeos  
 FONTE: Bergheim et al. (1991 apud HENRY-SILVA; CAMARGO, 2008).  
 NOTA: Baseia-se na taxa de conversão alimentar de 1,5 (matéria seca).



(TACON et al., 1995). Além disso, há a necessidade do tratamento dos efluentes gerados, visando atender à exigência das novas legislações e às pressões de órgãos ambientais (HENRY-SILVA, 2001). Segundo o código de conduta da FAO (1997), para uma pesca responsável, os Estados deveriam efetuar uma tributação apropriada sobre as atividades de aquicultura e um monitoramento do meio ambiente, visando minimizar as mudanças ecológicas adversas decorrentes do uso de drogas e de descargas de efluentes.

Nesse contexto, os sistemas de tratamento de efluentes compostos por plantas aquáticas podem ser uma alternativa viável para os aquicultores. Suas principais vantagens são baixos custos de implantação e de manutenção e eficiência já comprovada no tratamento de efluentes urbanos (ENNABILI et al., 1998). Além disso, a biomassa vegetal produzida pode ser aproveitada na geração de biogás, na alimentação animal e como fertilizante (HENRY-SILVA, 2001).

Embora exista uma enorme variedade de plantas aquáticas que possam ser utilizadas no tratamento de efluentes, alguns aspectos devem ser observados em relação a esses vegetais (VYMAZAL, 1998), tais como:

- a) adaptabilidade ao clima local;
- b) alta taxa fotossintética;
- c) alta capacidade de transporte de oxigênio;
- d) capacidade de assimilação de poluentes;
- e) resistência a pragas e doenças;
- f) sistema radicular bem desenvolvido.

As plantas (macrófitas) aquáticas podem ser divididas em quatro grupos predominantes (Fig. 2): I - plantas aquáticas emersas, II - plantas aquáticas com folhas flutuantes, III - plantas aquáticas flutuantes e IV - plantas aquáticas submersas.

As plantas aquáticas exercem um importante papel na remoção de nutrientes, na filtração e sedimentação de material particulado em suspensão, como também no fornecimento de substratos para o desenvolvimento de microrganismos que atu-

am na mineralização da MO, na absorção e na transformação dos nutrientes (BRIX, 1997). Algumas plantas aquáticas flutuantes estão sendo utilizadas no tratamento de efluentes domésticos, principalmente em países de clima tropical, em função da capacidade de absorverem e estocarem grandes quantidades de nutrientes, além de apresentarem altas taxas de crescimento (GREENWAY, 1997). No Brasil, espécies como aguapé (*Eichhornia crassipes*), alface-d'água (*Pistia stratiotes*) e salvinia gigante (*Salvinia molesta*) são abundantes e amplamente distribuídas (Fig. 3, 4 e 5). Ocorrem tanto em ecossistemas aquáticos naturais, como em ambientes impactados pela atividade humana (HENRY-SILVA; CAMARGO, 2000).

Pesquisas recentes testaram a eficiência do aguapé, da alface-d'água e da salvinia gigante no tratamento de efluentes de viveiro de tilápia (*Oreochromis niloticus*), como a pesquisa conduzida por Henry-Silva (2001). O efluente do viveiro de piscicultura foi canalizado e enviado a 12

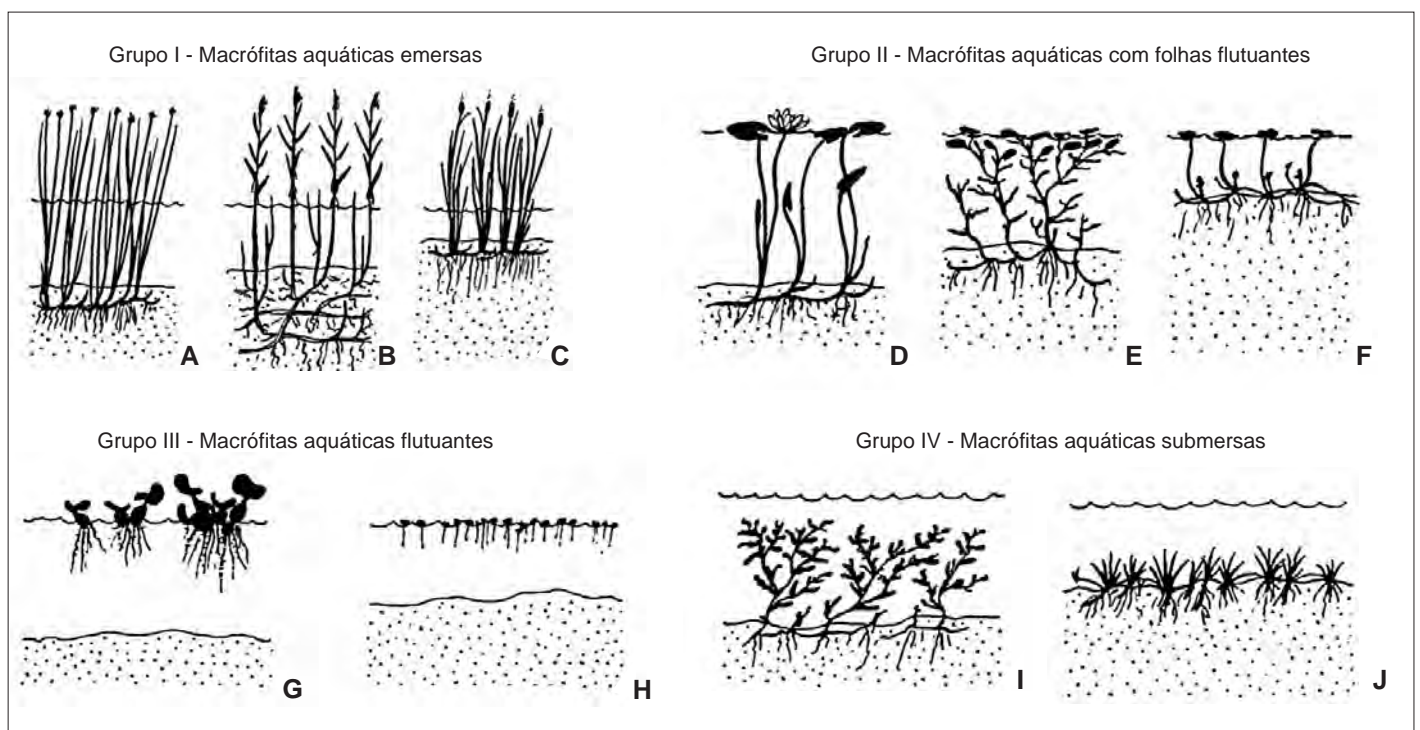


Figura 2 - Tipos ecológicos de plantas (macrófitas) aquáticas utilizadas em alagados artificiais

FONTE: Brix e Schierup (1989 apud HENRY-SILVA; CAMARGO, 2008).

NOTA: A - *Scirpus lacustris*; B - *Phragmites australis*; C - *Typha latifolia*; D - *Nymphaea alba*; E - *Potamogeton gramineus*; F - *Hydrocotyle vulgaris*; G - *Eichhornia crassipes*; H - *Lemna minor*; I - *Potamogeton crispus*; J - *Littorella uniflora*.





Figura 3 - Aguapé

José Mário Lobo Ferreira



Figura 4 - Alfaced'água

José Mário Lobo Ferreira



Figura 5 - Salvinia gigante

José Mário Lobo Ferreira

tanques com volume médio de 2 m<sup>3</sup>, onde foram distribuídos e montados os sistemas de tratamentos. O tempo médio entre a entrada e a saída do efluente no sistema de tratamento foi de, aproximadamente, 33 horas, com uma vazão de 1 L/minuto. Após o efluente passar pelos tanques, amostras eram coletadas e analisadas. Os sistemas compostos com aguapé ou alfaced'água foram mais eficientes na remoção do fósforo total (82,0% e 83,3%, respectivamente) e do nitrogênio orgânico total (46,1% e 43,9%, respectivamente), do que os sistemas com salvinia gigante (72,1% de fósforo total e 42,7% de nitrogênio orgânico total) ou sem plantas aquáticas. Além disso, o aguapé e a alfaced'água foram tão eficientes que o efluente gerado, após o tratamento, possuía teores menores de matéria orgânica e nutrientes, que aquele encontrado na água que abastece o viveiro com tilápia. Isso possibilita a reutilização do efluente da piscicultura, na forma de recirculação, após passar por uma etapa de oxigenação (HENRY-SILVA, 2001). Em outro estudo, em que essas duas plantas foram utilizadas no tratamento de efluentes de uma criação de camarão de água doce (*Macrobrachium amazonicum*), também houve uma grande remoção da matéria orgânica e dos nutrientes desses efluentes (HENRY-SILVA, 2005).

Essa tecnologia de tratamento de efluentes vem ao encontro da realidade da produção de pescado no Brasil e no mundo, que busca formas sustentáveis. Durante décadas, a produção de pescado no Brasil ficou condicionada, sobretudo, à pesca extrativista, com predomínio de espécies oriundas das águas marinhas. Entretanto, a diminuição de estoques naturais e o incremento de cultivos em águas interiores, entre outros fatores, apontam a possibilidade de mudanças na obtenção desse pescado em um curto período. Seguindo tendências mundiais, a produção de pescado proveniente da aquicultura em águas interiores, teve um aumento de 159,5%, enquanto a pesca extrativista cresceu apenas 22% (CARDOSO et al., 2007). Dados como esse mostram a relevância do estudo no



tratamento de efluentes de aquicultura, visto o potencial de crescimento presente em Minas Gerais e no Brasil. Minas Gerais é considerada como “a caixa d’água” da Região Sudeste, por causa da imensa rede de rios e lagoas que o Estado possui. Entretanto, essa característica não vem sendo aproveitada, visto o levantamento da produção do Estado pelo Ibama (2005), que apontou para uma produção de 4.914 t de pescado. Nesse mesmo levantamento, o estado do Rio Grande do Sul apresentou uma produtividade de 25.904 t, muito acima daquela observada em Minas Gerais. Além disso, deve-se levar em conta as condições climáticas que a região possui, que ao se comparar com a do estado de Minas Gerais, deixa o Rio Grande do Sul em desvantagem nos aspectos climatológicos, para a produção de pescado ao longo do ano.

Pela enorme eficiência do tratamento de efluentes de aquicultura com plantas aquáticas, mais estudos devem ser desenvolvidos, visando aprimorar essa técnica ainda recente no Brasil, para que seja disponibilizada de forma simples e prática ao produtor.

### APROVEITAMENTO DA ÁGUA RESIDUÁRIA DO CAFÉ

Na operação de colheita do café, geralmente todos os frutos produzidos pela planta são colhidos em conjunto, envolvendo frutos verdes, maduros e aqueles que já passaram do ponto de maturação. Para que se possa operacionalizar adequadamente a secagem e obter um produto mais uniforme, é necessário separar esses frutos, atividade que ocorre no processamento. O processamento do café pode ser realizado de duas formas: por via seca ou por via úmida.

No processamento por via seca, os frutos passam pelo lavador. Aqueles que já passaram do ponto de maturação, com menor massa específica, flutuam e saem em uma bica (denominados boias), enquanto os verdes e maduros afundam e são remetidos à outra bica, onde saem juntos. No processamento por via seca, os frutos não

são descascados e o produto que se obtém, após a secagem, é chamado café natural.

No processamento por via úmida (Fig. 6), os frutos passam por um lavador, onde são lavados e separados os boias dos verdes e cerejas. Em seguida, passam pelo descascador, onde os cerejas são descascados e separados dos verdes, obtendo-se, assim, o cereja descascado, o verde e a casca (BORÉM, 2008).

A água é o elemento condutor dos frutos na unidade de processamento e, dessa forma, há um acúmulo de sólidos e nutrientes nela, passando a ser denominada água residuária (Fig. 7). Além de gastar grande quantidade de água no processamento, esta apresenta elevada carga orgânica que pode trazer muitos problemas para os corpos hídricos receptores, se forem lançadas sem tratamento prévio.



Figura 6 - Unidade de processamento de café



Figura 7 - Água residuária do processamento do café



Contudo, para obter economia no uso desse insumo, tem sido feita a recirculação de água do sistema. Essa modificação ao longo do processamento do café reduz muito o gasto com água, entretanto, eleva ainda mais a quantidade de nutrientes e sólidos nesse meio (MATOS, 2008). Estudos mostram que a água residuária do café é rica em componentes sólidos e nutrientes provenientes do processamento dos frutos de café. No Quadro 1, são apresentados dados do teor de macro e micronutrientes da água residuária do café, colhida em 40 propriedades rurais em diversas fases do processamento (PREZOTTI et al., 2008b).

As condições e padrões para o lançamento de efluentes em corpos hídricos constam da Resolução nº 357 do Conama (2005) e, para atender a estas normas, é necessário desenvolver tecnologias de tratamento da água residuária ou seu aproveitamento alternativo.

Uma possibilidade de aproveitamento da água residuária é o seu uso na fertirrigação de diversas culturas, incluindo o próprio café (Fig. 8). Seu aproveitamento na água de irrigação supre em parte as exigências nutricionais das plantas, reduzindo a necessidade da aplicação de fertilizantes. Contudo, a maioria dos cafeicultores resiste em utilizá-la por acharem que essa água causa danos às plantas (SOARES et al., 2007).

Vários trabalhos de pesquisa com a aplicação da água residuária do café na fertirrigação de culturas vêm sendo realizados. Prezotti et al. (2008a) observaram que a aplicação de água residuária na cultura do milho aumentou a produção de biomassa e o teor de potássio, em relação às plantas que não receberam aplicações. Na cultura de azevém, foi observado um aumento da produção, quando se utilizaram doses crescentes de água residuária, entretanto, na cultura da aveia, essa resposta foi muito variável (FIA, 2009).

Assim como no caso da adubação química convencional, é preciso dispor de informações sobre a composição da água residuária para fazer uma aplicação adequada. Em café, um experimento com aplicação de

QUADRO 1 - Teores de nutrientes em amostras de águas residuárias coletadas em diferentes etapas do processamento dos frutos do café

Etapa do processamento	N	P	K	Ca	Mg	Cu	Zn	Mn	Fe	B
	mg/L									
Lavador	7,5	0,32	14	17,6	3,00	0,03	0,01	0,04	0,66	0,00
Descascador	118,2	6,3	218	35,2	9,5	4,1	4,6	8,2	49,5	1,4
Desmucilador	93,7	7,9	308	31,1	12,3	0,1	0,3	0,6	5,9	0,2
Lagoa de deposição	90,4	7,2	280	30,1	11,1	0,1	0,2	0,3	6,7	0,2

FONTE: Prezotti et al. (2008b).



Figura 8 - Aproveitamento da água residuária do café - Fazenda Viçosa, propriedade do Sr. Waldyr Mol, Vale do Café, em Paula Cândido-MG

FONTE: Soares et al. (2008).

NOTA: A - Aplicada no solo, em valas; B - Aplicada sobre as folhas de café, na dose de 40 L/planta.



água residuária em altas doses provocou o ressecamento das plantas (MATOS, 2008). Segundo esse autor, provavelmente a grande quantidade de íons presentes na água proporcionou a diminuição do potencial osmótico no solo que, conseqüentemente, comprometeu a absorção de água. Dessa forma, a aplicação da água residuária do café na irrigação de culturas necessita de mais estudos para uma indicação agrônômica. Além disso, é necessário adequar a quantidade de água a ser aplicada, sendo que os cálculos do volume de água residuária devem ser feitos com base na quantidade de nutrientes da água, do solo e da planta (SOARES et al., 2007).

Outros destinos potenciais para a água residuária seriam a produção de biogás e o uso da mucilagem para alimentação humana e animal. A biodigestão da água residuária, similarmente àquela dos dejetos suínos, gera grande quantidade de gases. Poderá vir a ser uma importante opção para agregar valor à cafeicultura, gerando energia para uso na propriedade e possibilitando a venda de certificados de não emissão de gases (SOARES et al., 2007).

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

À medida que as normas ambientais tornam-se mais rigorosas, a gestão e a eliminação dos resíduos passam a ser cada vez mais importantes nas atividades agrícolas. Nesse contexto, uma estratégia apropriada de manejo dos resíduos torna-se indispensável para manter a legalidade, a sustentabilidade e a rentabilidade desses empreendimentos.

O tratamento de efluentes de aquicultura, utilizando plantas (macrófitas) aquáticas é uma tecnologia recente e possui um enorme potencial para minimizar os impactos ambientais causados pelos excessos de nutrientes encontrados nos efluentes das atividades aquícolas, associada ao reaproveitamento dos nutrientes perdidos ao longo da alimentação dos peixes, reduzindo o custo com fertilizantes na propriedade, além de tornar o efluente mais limpo.

O aproveitamento da água residuária do café é uma tecnologia que se mostra promissora, principalmente quando utilizada para irrigação de culturas, pois há a possibilidade de o aproveitamento dos nutrientes, perdidos ao longo do processamento do café, retornar ao sistema produtivo. Para uma aplicação efetiva e uma recomendação agrônômica correta, são necessários mais estudos.

## REFERÊNCIAS

BORÉM, F.M. Processamento do café. In: \_\_\_\_\_. (Ed.). **Pós-colheita do café**. Lavras: UFLA, 2008. cap. 5, p.127-158.

BOYD, C.E. **Manejo do solo e da qualidade da água em viveiro para aquicultura**. Campinas: Associação Americana de Soja, 1997. 55p.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Secretaria dos Recursos Hídricos. **Plano Nacional de Recursos Hídricos**. Brasília, 2006. Disponível em: <<http://pnrh.cnrh-srh.gov.br>>. Acesso em: 9 set. 2009.

BRIX, H. Do macrophytes play a role in constructed treatment wetlands? **Water Science and Technology**, v.35, n.5, p.11-17, 1997.

CAPRILES, R. **Água e desastres**. [S.l.]: Ambiente Brasil, [200-]. Disponível em: <[http://ambientes.ambientebrasil.com.br/agua/artigos\\_agua\\_doce/agua\\_e\\_desastres.html](http://ambientes.ambientebrasil.com.br/agua/artigos_agua_doce/agua_e_desastres.html)>. Acesso em: set. 2009.

CARDOSO, E.L.; FERREIRA, R.M.A.; OLIVEIRA, P. de; SIMÃO, M.L.R.; PAIVA, B.M. de. **Panorama da piscicultura em Minas Gerais: conhecimento atual e prospectivo**. Belo Horizonte: EPAMIG, 2007. 72p. (EPAMIG. Boletim Técnico, 84).

COCHAVA, M.; DIAB, S.; AVNIMELECH, Y.; MIREN, D.; AMIT, Y. Intensive growth of fish with minimal water exchange. **Fish-Breeding**, Israel, v.23, n.4, p.174-181, 1990.

CONAMA. 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 de lançamento de efluentes, e dá outras providências. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, 18 mar. 2005. Seção 1, p.58-63. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=459>>. Acesso em: 9 set. 2009.

CONSELHO NACIONAL DOS RECURSOS

HÍDRICOS. Resolução nº 16, de 8 de maio de 2001. [Outorga de direito de uso dos recursos hídricos]. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, 14 maio 2001. Disponível em: <<http://www.cnrh-srh.gov.br/delibera/resolucoes/R016.htm>>. Acesso em: 18 jul. 2004.

ENNABILI, A.; ATER, M.; RADOUX, M. Biomass production and NPK retention in macrophytes from wetlands of the Tingitan Peninsula. **Aquatic Botany**, Amsterdam, v. 62, n.1, p.45-56, Sept. 1998.

ESTEVES, F. de A. **Fundamentos de limnologia**. 2.ed. Rio de Janeiro: Interciência, 1998. 602p.

FAO. **Aquaculture development**. Rome: FAO, 1997. (FAO. Technical Guidelines for Responsible Fisheries, 5).

FIA, R.; MATOS, A.T. de; MATOS, M.P. de; LAMBERT, T.F.; ABREU, E.C.; FIA, F.R.L. Desempenho agrônômico de aveia e azevém cultivados em sistemas alagados construídos utilizados no tratamento de águas residuárias do processamento dos frutos do cafeeiro. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 6., 2009, Vitória. **Resumos expandidos...** Inovação científica, competitividade e mudanças climáticas. Brasília: Embrapa Café, 2009. 1 CD-ROM.

GREENWAY, M. Nutrient content of wetland plants in constructed wetlands receiving municipal effluent in tropical Australia. **Water Science and Technology**, Oxford, v.35, n.5, p.135-142, 1997.

HENRY-SILVA, G.G. **Tratamento de efluentes de carcinocultura por macrófitas aquáticas, interações ecológicas e valor nutritivo da biomassa vegetal para tilápia do Nilo**. 132p. 2005. Tese (Doutorado em Aquicultura) - Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Jaboticabal.

\_\_\_\_\_. **Utilização de macrófitas aquáticas flutuantes (*Eichhornia crassipes*, *Pistia stratiotes* e *Salvinia molesta*) no tratamento de efluentes de piscicultura e possibilidades de aproveitamento da biomassa vegetal**. 79p. 2001. Dissertação (Mestrado em Aquicultura) - Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Jaboticabal.

\_\_\_\_\_; CAMARGO, A.F.M. Composição química de quatro espécies de macrófitas aquáticas e possibilidade de uso de suas biomassas. **Naturalia**, São Paulo, v.25, p.111-125, 2000.

\_\_\_\_\_; \_\_\_\_\_. Tratamento de efluentes de carcinocultura por macrófitas aquáticas flu-

tuantes. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v.37, n.2, p.181-188, fev. 2008.

IBAMA. **Estatística da pesca 2004 - Brasil**: grandes regiões e unidades da federação. Brasília, 2005. 98p.

MATOS, A.T. Tratamento de resíduos na pós-colheita do café. In: BORÉM, F.M. (Ed.). **Pós-colheita do café**. Lavras: UFLA, 2008. cap. 6, p.159-201.

PREZOTTI, L.C.; ROCHA, A.A. da; SOARES, S.F.; GUARÇONI, A.; MORELLI, A.P. Alterações das características químicas do solo submetido à aplicação de água residuária do processamento pós-colheita dos frutos de café e sua influência sobre o crescimento de plantas de milho. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEIRAS, 34., 2008, Caxambu. **Trabalhos apresentados...** Rio de Janeiro: MAPA: PROCAFÉ, 2008a. p.83-85.

\_\_\_\_\_; ROCHA, A.C. da; SOARES, S.F.; GUARÇONI, A.; MORELLI, A.P. Caracterização de águas residuárias da despolpa de frutos de café e de solos receptores no estado do Espírito Santo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEIRAS, 34., 2008, Caxambu. **Trabalhos apresentados...** Rio de Janeiro: MAPA: PROCAFÉ, 2008b. p.82-83.

SOARES, S.F.; DONZELES, S.M.L.; MORELI, A.P.; ROCHA, A.C. da; SOARES, G.F.; SOARES, V.F. **Água residuária do café**: geração e aproveitamento. Belo Horizonte: EPAMIG, 2008. 4p. (EPAMIG. Circular Técnica, 30).

\_\_\_\_\_; SOARES, V.F.; SOARES, G.F.; ROCHA, A.C. da; MORELI, A.P.; PREZOTTI, L.C. Destinação da água residuária do processamento dos frutos do cafeeiro. In: FERRÃO, R.G.; FONSECA, A.F.A. da; BRAGANÇA, S.M.; FERRÃO, M.A.G.; MUNER, L.H. de. **Café Conilon**. Vitória: INCAPER, 2007. p.519-529.

TACON, A.G.J.; PHILLIPS, M.J.; BARG, U.C. Aquaculture feeds and the environment: the asian experience. **Water Science and Technology**, v.31, n.10, p.41-59, 1995.

VINATEA, L.A. **Princípios químicos de qualidade da água em aquicultura**: uma revisão para peixes e camarões. Florianópolis: UFSC, 1997. 166p.

VYMAZAL, J. Types of constructed wetlands for wastewater treatment. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON WETLAND SYSTEMS FOR WATER POLLUTION CONTROL, 6., 1998, Águas de São Pedro. **Proceedings...** Águas de São Pedro: [s.n.], 1998. p.150-166.

# Mudas de frutíferas

- morango
- laranja
- limão
- manga



## Informações e aquisição:

UNIDADE REGIONAL EPAMIG NORTE DE MINAS  
Rodovia MGT 122, Km 155 - Caixa Postal 12  
CEP 39525-000 - Nova Porteirinha - MG  
Telefax: (38) 3834-1760  
E-mail: [ctnm@nortecnet.com.br](mailto:ctnm@nortecnet.com.br)  
[ctnm@epamig.br](mailto:ctnm@epamig.br)



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



# Sistema de avaliação participativo de aspectos ambientais e produtivos em agroecossistemas com cafeeiros

*José Mário Lobo Ferreira<sup>1</sup>*

*Paulo César de Lima<sup>2</sup>*

*Paulo Emílio Lovato<sup>3</sup>*

*Waldênia de Melo Moura<sup>4</sup>*

Resumo - A avaliação da sustentabilidade dos sistemas de produção agrícola é uma importante ferramenta para a gestão ambiental, e pode ser realizada de forma participativa, permitindo a inclusão de produtores na investigação e interpretação de alguns parâmetros qualitativos do solo, do cultivo e da diversidade dos sistemas de produção. Foi aplicado um método que permite apontar fatores específicos que podem estar limitando ou potencializando o desempenho ambiental dos sistemas de produção, e, ao mesmo tempo, fornecer uma visão do conjunto dos indicadores. Serão descritas três experiências com a aplicação desse sistema de avaliação, realizadas no Paraná, Minas Gerais e Ceará. No Paraná, o uso dos indicadores distinguiu o desempenho de três áreas similares e apontou algumas necessidades de manejo. Em Minas Gerais, os agricultores auxiliaram na identificação de parâmetros e metodologias para avaliar três propriedades, antes e depois da instalação de experimentos com diferentes materiais orgânicos para adubação dos cafeeiros. No Ceará, os indicadores serviram como ferramenta para avaliar o ambiente de dois sítios durante um curso de capacitação com agricultores. O sistema aplicado mostrou ser uma importante ferramenta para auxiliar a avaliação do desempenho ambiental de sistemas produtivos com sensibilidade para alterações de manejo.

Palavras-chave: Indicadores. Café. Qualidade do solo. Sustentabilidade.

## INTRODUÇÃO

As informações e ferramentas utilizadas por agricultores e técnicos para o planejamento e gerenciamento de suas atividades geralmente limitam-se a análises de índices de produtividade, custos de produção e mercado para os produtos agrícolas, além das análises químicas de rotina de solos e de folhas para o monitoramento dos sistemas de produção e de alguns aspectos fitossanitários, como, por exemplo, a incidência de pragas, doenças, plantas invasoras e a qualidade de mudas e sementes. Tais análises são pontuais e de

curto prazo, o que pode levar a tomadas de decisão sem a realização de um diagnóstico mais amplo dos sistemas de produção agrícola, pecuária ou florestal, com vistas à sustentabilidade da unidade de produção.

Atualmente, faz-se necessário buscar alternativas para o planejamento e manejo das atividades no sentido contrário ao da especialização e da simplificação dos sistemas de produção, cuja rentabilidade fica muito atrelada à economia de escala, gerando impactos socioambientais, baixa autonomia e forte dependência na aquisição de insumos externos.

Estratégias para exploração da ciclagem de nutrientes, conservação dos recursos naturais, diversificação e integração de atividades têm sido apontadas para o enfrentamento dos desafios advindos das mudanças climáticas, escassez de recursos, aumento no preço de insumos, visando também aproveitamento das oportunidades para prestação de serviços ambientais.

Alguns métodos têm sido desenvolvidos para uma avaliação do desempenho ambiental dos sistemas de produção. A determinação analítica para uma grande parte desses parâmetros é pouco acessível,

<sup>1</sup>Eng<sup>o</sup> Agr<sup>o</sup>, M. Sc., Pesq. U.R. EPAMIG ZM, Caixa Postal 216, CEP 36570-000 Viçosa-MG. Correio eletrônico: jmlobo@epamig.ufv.br

<sup>2</sup>Eng<sup>o</sup> Agr<sup>o</sup>, D. Sc., Pesq. U.R. EPAMIG ZM, Caixa Postal 216, CEP 36570-000 Viçosa-MG. Correio eletrônico: plima@epamig.ufv.br

<sup>3</sup>Eng<sup>o</sup> Agr<sup>o</sup>, D. Sc., UFSC - Dep<sup>o</sup> Engenharia Rural, Caixa Postal 476, CEP 88040-900 Florianópolis-SC. Correio eletrônico: plovato@mbox1.ufsc.br

<sup>4</sup>Eng<sup>a</sup> Agr<sup>a</sup>, D. Sc., Pesq. U.R. EPAMIG ZM, Caixa Postal 216, CEP 36570-000 Viçosa-MG. Correio eletrônico: waldenia@epamig.ufv.br

em decorrência do custo de equipamentos e de reagentes específicos ou por se tratar de metodologias de difícil mensuração e compreensão por parte dos produtores e técnicos. Diante da complexidade dos sistemas de produção agrícola, torna-se necessário buscar ferramentas acessíveis e que permitam uma análise em conjunto dos dados gerados, investigando um possível incremento da biodiversidade, ciclagem de nutrientes, atividade biológica do solo, entre outros.

As análises químicas de rotina podem não ser suficientes para o monitoramento da capacidade produtiva dos solos de um determinado sistema de produção. Parâmetros como a atividade biológica, o nível de compactação do solo e a retenção de umidade podem gerar um conjunto de informações úteis ao produtor, mesmo que tais medidas sejam relativas, ou seja, que se comparem sistemas de produção, ou avaliem um determinado sistema ao longo do tempo. Estas informações auxiliam na avaliação de atributos desejáveis como permeabilidade e capacidade de retenção de umidade do solo e redução do escoamento superficial e erosão, e sobre a atividade da microbiota e a eficiência na ciclagem e retenção de nutrientes no sistema, proporcionando assim a diminuição no custo de produção no médio prazo.

A qualidade do solo pode ser definida como a capacidade de uma classe específica de solo realizar, dentro dos limites de um ecossistema natural ou manejado, várias funções intrínsecas e extrínsecas, representadas por um conjunto de propriedades físicas, químicas e biológicas, que juntas vão prover um meio para sustentar a produtividade das plantas e dos animais, manter ou aumentar a qualidade da água e do ar e sustentar a saúde e a habitação do homem (LARSON; PIERCE, 1994). Tal descrição transcende o conceito convencional vinculado a um solo fértil, principalmente ao abordar a sua qualidade como indicador de sustentabilidade de agroecossistemas. Segundo Casalinho e Martins (2004), agricultores também desenvolvem um vasto conhecimento sobre o recurso solo disponível em suas propriedades, levando

em consideração atributos descritivos, analisados com ênfase em aspectos qualitativos, fundados em juízo de valor, estabelecendo relações com as condições das plantas, da água e do ambiente.

As análises realizadas em laboratório ou em campo com o uso de equipamentos podem ser associadas a métodos de diagnósticos, que possibilitem aos produtores fazer comparações entre sistemas e identificar quais se sobressaem para maior eficiência e melhor desempenho econômico e ambiental. Segundo Altieri e Nicholls (2006), os agricultores têm um papel-chave no desenvolvimento rural sustentável, já que estabelecem, por meio de processos participativos, prioridades de pesquisa e ações de desenvolvimento relevantes para as suas realidades e necessidades locais.

### **SISTEMAS DE AVALIAÇÃO PARTICIPATIVOS**

Existem algumas metodologias participativas para a avaliação e monitoramento do desempenho ambiental dos sistemas de produção. Alguns sistemas de avaliação buscam uma abordagem interdisciplinar. Tal é o caso do sistema de avaliação da sustentabilidade de agroecossistemas denominado MESMIS, idealizado no México, em 1994, por um grupo multidisciplinar e multi-institucional (LÓPEZ-RIDAURA et al., 2004). A sustentabilidade dos sistemas de produção é definida pelos atributos produtividade, estabilidade, confiabilidade, equidade e autoconfiança. É realizado de forma participativa, por uma equipe interdisciplinar e inclui participantes locais. A sustentabilidade não é medida por si mesma, mas pela comparação entre dois ou mais sistemas ou por etapas de um mesmo sistema ao longo do tempo. Segundo os autores, a aplicação do método começa pela definição do objeto de avaliação e do contexto socioambiental, passa pela determinação dos pontos críticos, pela seleção de critérios para um diagnóstico com base nos atributos descritos anteriormente e pela utilização de indicadores que sejam de fácil mensuração, passíveis de monitoramento e

provenientes de informações viáveis, confiáveis e claras para o seu entendimento. Após a aplicação dos indicadores selecionados, os resultados são apresentados de forma quantitativa, qualitativa e gráfica. Processos e pontos positivos são identificados entre os sistemas comparados e, então, procede-se a elaboração de recomendações para outros sistemas. As dificuldades na aplicação deste sistema de avaliação estão na mobilização de uma equipe de trabalho multidisciplinar, exigindo recursos e tempo para a sua aplicação (FERREIRA, 2005).

Um método utilizado, proposto por Altieri e Nicholls (2002), consiste em uma ferramenta que possibilita uma avaliação rápida e acessível da sustentabilidade de sistemas de produção, de acordo com os valores atribuídos para a qualidade do solo e para a saúde dos cultivos. Assim como na metodologia MESMIS, esse método também se propõe a medir a sustentabilidade de forma comparativa entre lavouras ou propriedades, ou ao longo do tempo. Ainda, segundo esses autores, o método permite aos produtores identificar os sistemas mais eficientes, tornando-se uma referência para que técnicos, pesquisadores e agricultores possam decifrar processos e interações ecológicas que possivelmente explicam melhor o desempenho desses sistemas. O método é aberto e participativo, o que possibilita fazer as adaptações necessárias para sua aplicação em regiões distintas, abordando as especificidades de cada realidade. Serve como uma ferramenta a ser utilizada pelos próprios agricultores para o acompanhamento e planejamento dos sistemas de produção.

O sistema de avaliação utiliza dois conjuntos de indicadores: um relacionado com a qualidade do solo e outro com a saúde do cultivo. Para cada indicador é atribuída uma nota, segundo a avaliação do seu estado: quanto melhor é a condição do indicador, maior é a sua nota. O valor 1 corresponde ao nível indesejável, o 5 representa o nível considerado como o limiar de sustentabilidade, ou seja, valores abaixo de 5 apontam uma situação de não sustentabilidade, e o valor 10 equivale



a uma situação considerada ideal. Para cada indicador avaliado no campo, são utilizadas referências correspondentes às notas 1, 5 e 10, previamente elaboradas com a participação dos agricultores, que consideram as especificidades de cada região. A partir deste guia de referência, o grupo percorre as lavouras e determina uma nota para cada indicador.

As médias são calculadas e os dados apresentados em gráficos radiais, para a visualização dos resultados em conjunto, permitindo uma análise geral dos atributos, de maior destaque ou com maior limitação, em cada propriedade ou sistema de produção. Uma distribuição mais equilibrada das médias no gráfico, ou seja, sem valores muito díspares, determinaria um sistema mais próximo da sustentabilidade, desde que os valores estejam acima do nível 5.

Visando uma abordagem preliminar da avaliação da sustentabilidade relacionada com os aspectos do meio ambiente, o sistema proposto por Altieri e Nicholls (2002) foi aplicado em agroecossistemas com cafeeiros em três locais distintos: na região Norte do Paraná, na Zona da Mata

em Minas Gerais e na região do Maciço de Baturité, no Ceará.

### Região Norte do estado do Paraná

O sistema de avaliação foi aplicado em duas propriedades, localizadas em dois municípios próximos, na região Norte do estado do Paraná, em 2004 (FERREIRA, 2005). A primeira propriedade (propriedade 1) possui altitude média de 470 m e relevo que varia entre suavemente ondulado a ondulado, com solo do tipo Latossolo Roxo e associação Latossolo Roxo com Cambissolo. A área total da propriedade é de 56 ha, com 41,5 ha de café em sistema de produção orgânica, certificado desde 1997. A área avaliada constitui uma lavoura com 3,8 ha, com aproximadamente 26 mil plantas da cultivar Catiflor, no espaçamento de 2,0 m entrelinhas e 0,5 m entre plantas, caracterizado como adensado. A lavoura foi formada em maio de 1997, simultaneamente ao plantio da macadâmia (*Macadamia integrifolia*), na linha do cafeeiro, no espaçamento de 17 x 17 m. A segunda propriedade (propriedade 2) pos-

sui altitude média de 480 m e as mesmas características de solo e relevo da primeira propriedade. A propriedade 2 possui duas áreas distintas: uma de 43,7 ha, com 8,5 ha de café, no sistema de produção orgânica, certificado desde 1999. O restante da área é ocupado por pastagens e pela reserva legal. A lavoura possui, aproximadamente, 32 mil plantas da cultivar Obatã, no espaçamento de 2,6 m entrelinhas e 1,0 m entre covas, com duas plantas por cova, também caracterizado como adensado. A lavoura foi formada entre dezembro de 1997 e janeiro de 1998, simultaneamente ao plantio de diversas espécies arbóreas na linha do cafeeiro, no espaçamento de 15 x 15 m. A segunda área possui um talhão de café com 13,5 ha, sem arborização, com manejo convencional, e as mesmas características da cultivar Obatã, idade e espaçamento da área anterior.

Seis pessoas participaram do sistema de avaliação: dois produtores convidados, dois pesquisadores, o dono da propriedade 1 e o gerente da propriedade 2. Foram utilizados nove indicadores para avaliar a qualidade do solo e nove, para avaliar a saúde do cafeeiro (Quadro 1).

QUADRO 1 - Adaptação das referências correspondentes às notas 1, 5 e 10 para os indicadores de qualidade de solo e saúde do cafeeiro, utilizada na região Norte do Paraná (continua)

Indicador	Valor	Característica
Qualidade do solo		
	Estrutura	
Compactação/Infiltração		
Profundidade		
Cor, odor e teor de matéria orgânica (MO)		
Retenção de umidade		

(conclusão)

Indicador	Valor	Característica
Controle de erosão	1	Erosão severa, presença de sulcos e canais de erosão
	5	Erosão difícil de observar, escoamento não cria sulcos
	10	Sem sinais visíveis de erosão
Atividade biológica	1	Sem sinais de presença de minhocas e artrópodes
	5	Presença de algumas minhocas e artrópodes
	10	Abundância de minhocas e artrópodes
Cobertura do solo e estado dos restos vegetais	1	Solo pouco coberto, pouca ou nenhuma palhada, sem sinais de decomposição
	5	Fina camada de palha, cobertura do solo acima de 50%
	10	Solo coberto, restos vegetais em diferentes estádios de decomposição
Diversidade de plantas espontâneas	1	Uma só espécie
	5	Poucas espécies
	10	Alta diversidade de espécies
Saúde do cultivo		
Aspecto	1	Folhas apresentam sinais de deficiência de nutrientes
	5	Folhas de coloração verde, sem sinais de deficiência nutricional
	10	Folhas de coloração verde-intensa, indicando bom vigor
Desenvolvimento	1	Fracos, talos e ramos curtos e quebradiços
	5	Ramos e talos finos, cafeeiro denso mas com baixa uniformidade
	10	Crescimento vigoroso, uniforme, ramos abundantes
Controle natural de pragas e doenças	1	Alta incidência, mais de 50% das plantas apresentam sintomas
	5	Entre 20% e 40% de plantas com sintomas leves e severos
	10	Baixa incidência, menos de 20% de plantas com sintomas leves
Vigor considerando a competição por plantas espontâneas	1	Estresse por competição com plantas espontâneas
	5	Baixo estresse por competição com plantas espontâneas
	10	Plantas vigorosas, não sofrem com a competição
Rendimento do cafeeiro atual e potencial	1	Baixo em relação à média regional
	5	Médio, aceitável
	10	Bom e alto
Arborização	1	Sem arborização
	5	Só uma espécie para arborização
	10	Duas ou mais espécies para arborização
Diversidade natural circundante	1	Circundado por outros cultivos ou pastos sem vegetação natural
	5	Vegetação natural circundando pelo menos um lado do cultivo
	10	Circundado em pelo menos 50% dos limites da lavoura por vegetação natural
Sistema de manejo	1	Alta dependência de insumos externos
	5	Dependência parcial de insumos externos
	10	Diversificado, com baixo uso de insumos externos à propriedade
Capacidade de produção de biomassa das plantas espontâneas	1	Baixa
	5	Média
	10	Alta



O indicador retenção de umidade foi avaliado conforme o comportamento do cafeeiro sob o estresse hídrico. Em relação à profundidade do solo, como foram observadas algumas manchas com solos mais rasos na propriedade 1, optou-se por fazer a avaliação referente às áreas com maior limitação em relação a este indicador. Alguns indicadores podem ser avaliados, segundo as informações levantadas com o produtor ao longo de um determinado período, como, por exemplo, os indicadores rendimento atual e potencial do cafeeiro e competição de plantas. A observação da diversidade circundante refere-se à vegetação natural das áreas adjacentes ao talhão. Segundo Nicholls et al. (2004), a observação da diversidade da vegetação dentro do talhão e no seu entorno tem o objetivo de avaliar a infraestrutura ecoló-

gica da lavoura, admitindo-se que o manejo de um sistema com alta diversidade, com baixa entrada de insumos externos e com diversidade no entorno seria beneficiado pelas sinergias da biodiversidade e exibiria um maior nível de sustentabilidade.

As médias dos valores atribuídos aos indicadores de qualidade do solo foram similares entre as propriedades, exibindo valores superiores a 5 (Quadro 2 e Gráfico 1). Os indicadores de saúde do cafeeiro apresentaram diferenças mais significativas entre as propriedades. A média geral dos talhões orgânicos das propriedades 1 e 2 foram de 6,9 e 8,1, respectivamente, e no talhão convencional foi de 5,9 (Quadro 2 e Gráfico 2). Os dados estão apresentados no Quadro 2, para melhor compreensão dos gráficos radiais.

Para cada atributo do solo e da planta avaliado, foram levantadas as possíveis interferências que atuam no meio, como fatores climáticos, manejo do cafeeiro, posição no relevo, o material de origem do solo, características das cultivares de café, entre outros. A contextualização dos dados levantados possibilitou a comparação dos talhões de forma mais criteriosa. Os indicadores de qualidade do solo (Gráfico 1) apontaram para uma condição geral melhor em relação aos indicadores de saúde do cultivo (Gráfico 2). O talhão orgânico da propriedade 2 apresentou bom desenvolvimento do cafeeiro, apesar de não ter sido realizado o manejo de podas para a condução, fundamental no sistema de plantio adensado, o que provocou diminuição do crescimento dos ramos do terço inferior e, conseqüentemente, na produção.

QUADRO 2 - Médias dos valores atribuídos aos indicadores de qualidade do solo e saúde do cafeeiro em duas propriedades da região Norte do Paraná

Indicador	Propriedade 1 (talhão orgânico)	Propriedade 2 (talhão orgânico)	Propriedade 2 (talhão convencional)
<b>Qualidade do solo</b>			
Estrutura	8,2	9,4	7,0
Compactação e infiltração	8,6	8,2	6,2
Profundidade	5,2	10,0	10,0
Cor, odor e teor de matéria orgânica (MO)	8,0	9,0	8,0
Retenção de umidade	8,0	8,0	9,0
Controle de erosão	9,8	10,0	10,0
Atividade biológica	9,0	8,4	7,0
Cobertura do solo	10,0	10,0	10,0
Diversidade de plantas espontâneas	9,4	8,0	8,0
Média	8,5	9,0	8,4
<b>Saúde do cafeeiro</b>			
Aspecto do cafeeiro	6,8	7,4	8,4
Desenvolvimento do cafeeiro	6,2	8,6	9,2
Controle natural de pragas e doenças	6,0	7,8	8,4
Vigor considerando a competição por plantas espontâneas	9,0	8,0	8,0
Rendimento atual ou potencial	4,0	5,8	10,0
Arborização	5,4	10,0	1,0
Diversidade da vegetação circundante	6,0	10,0	1,0
Sistema de manejo	9,0	9,0	1,0
Capacidade de produção de biomassa	10,0	6,0	6,0
Média	6,9	8,1	5,9

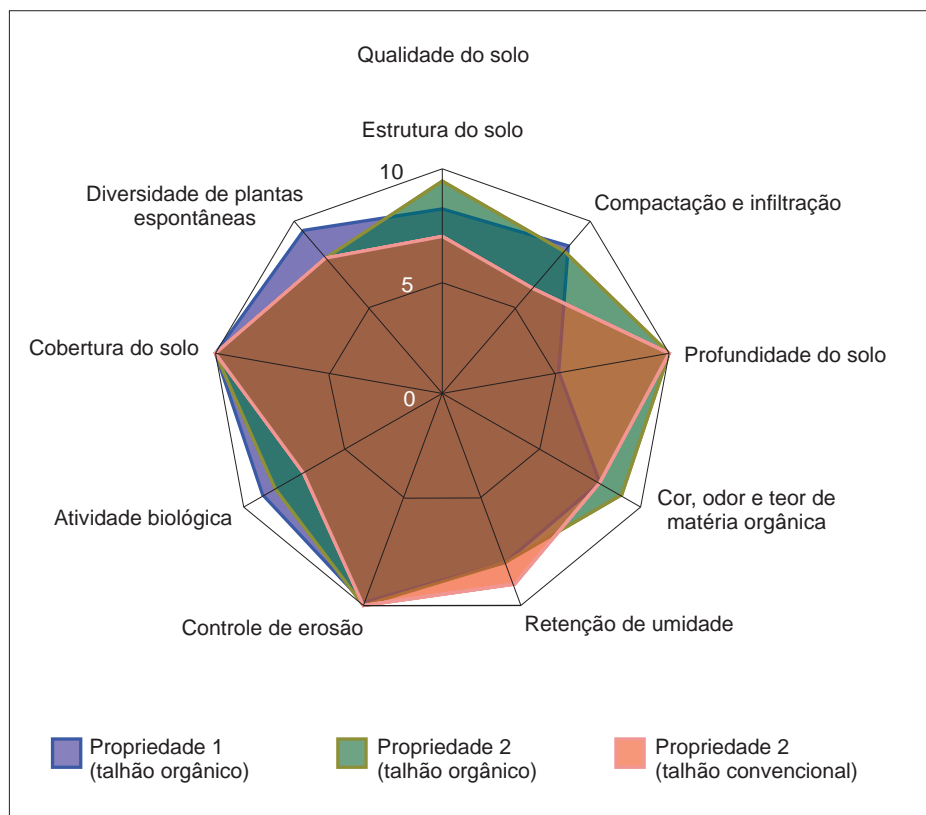


Gráfico 1 - Distribuição dos indicadores de qualidade do solo em duas propriedades da região Norte do estado do Paraná

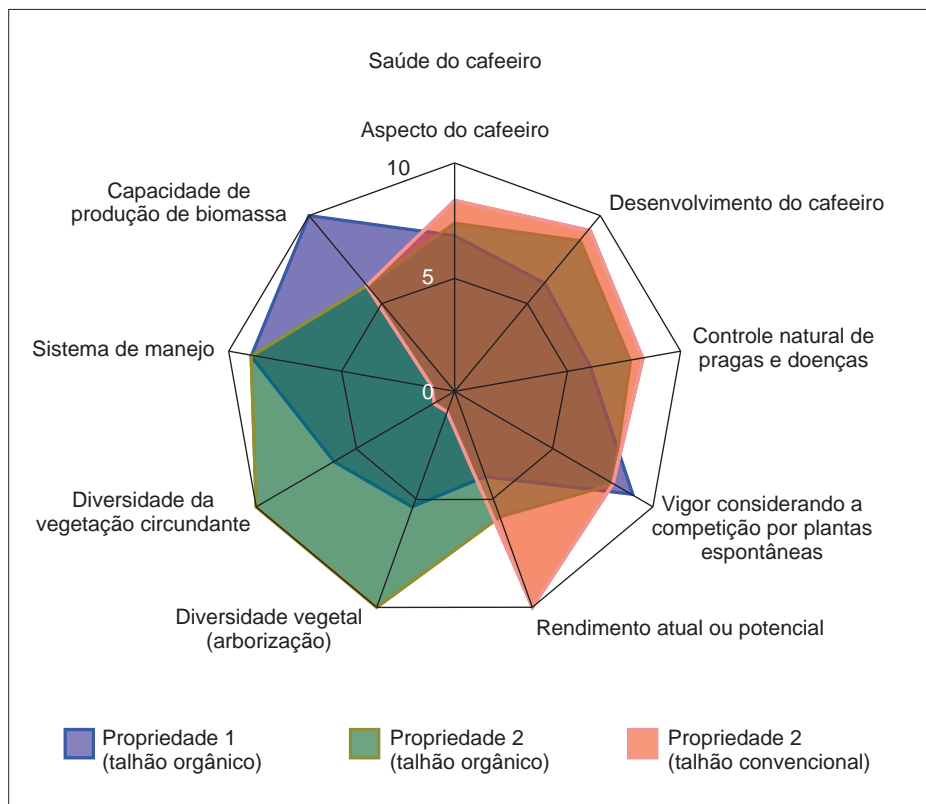


Gráfico 2 - Distribuição dos indicadores de saúde do cafeeiro em duas propriedades da região Norte do Paraná

No talhão convencional, o cafeeiro destacou-se em relação ao vigor, desenvolvimento vegetativo e rendimento, pois foi realizada uma poda de condução nesse talhão, com o corte dos ramos laterais em ruas alternadas. Segundo o gerente, o controle de plantas espontâneas não empregava herbicidas, prática adotada desde a sua implantação. Essa prática de manejo pode ter refletido positivamente nos indicadores de qualidade do solo (FERREIRA et al., 2005). Na propriedade 1, os aspectos que mais sobressaíram foram a diversidade de plantas espontâneas e a produção de biomassa proveniente dessas plantas. Considerando a maior declividade do terreno nesse talhão, a conservação do solo também se destacou, com a utilização de terraços e escoamento adequado das águas provenientes das estradas e carreadores. O aspecto vegetativo do cafeeiro foi inferior em relação aos demais e apresentou o menor rendimento atual ou potencial, abaixo do limiar de sustentabilidade, indicando a necessidade de um planejamento para fornecimento adequado de nutrientes, tanto para o cafeeiro, quanto para a produção comercial de noz macadâmia.

### Região da Zona da Mata do estado de Minas Gerais

O sistema de avaliação foi aplicado em três propriedades rurais, em parceria entre a EPAMIG e os Sindicatos de Trabalhadores Rurais e Associações de Agricultores Familiares, a Universidade Federal de Viçosa (UFV) e a Organização Não-Governamental (ONG) Centro de Tecnologias Alternativas da Zona da Mata (CTA-ZM), nos municípios de Ervália, Carangola e Divino. O objetivo do estudo foi avaliar materiais orgânicos disponíveis e plantas espontâneas como fonte de nutrientes para a adubação de cafeeiros no sistema de produção agroecológica em propriedades familiares da Zona da Mata de Minas Gerais, e os processos de decomposição, ciclagem e liberação de nutrientes desses materiais (LIMA et al., 2009).



Em cada propriedade, o sistema de avaliação foi aplicado antes e depois da implantação dos experimentos, no intervalo de um ano, permitindo aos agricultores avaliar o emprego de materiais alternativos na adubação de seus sistemas de produção. Os agricultores participaram na escolha das propriedades para a implantação dos experimentos, no levantamento dos materiais e doses utilizados para a adubação dos cafeeiros e na escolha dos indicadores para a avaliação desses sistemas. Foram levantados 11 tipos de materiais orgânicos para a adubação dos cafeeiros, incluindo resíduos e materiais orgânicos com potencial para adubação, considerados de fácil obtenção nas propriedades ou de fácil aquisição no mercado. Os materiais foram analisados em laboratório e em campo com relação aos conteúdos de nutrientes e velocidade de decomposição da matéria orgânica (MO) (LIMA et al., 2009). Para o sistema de avaliação foram definidos 12 indicadores para avaliarem a qualidade do solo e 14, para avaliarem a saúde dos cafeeiros (Quadro 3).

Algumas adaptações foram incluídas com a colaboração dos agricultores que participaram no processo de elaboração dos indicadores. Na avaliação da retenção de umidade, após a coleta de amostras de

solo na camada de 0 a 20 cm, estas foram secas, peneiradas e colocadas em um funil com filtro de papel (100 mL de solo) e, em seguida, adicionados 100 mL de água para a verificação do volume de água coletada no fundo do recipiente. Para a avaliação da retenção de umidade de solo na camada de 20 a 40 cm, amostras de solo foram secas e logo após foi adicionado um determinado volume de água para uma avaliação sensorial com a mão. A avaliação da atividade microbiológica foi realizada com a adição de água oxigenada em uma amostra de solo e a avaliação da maciez do solo com o uso de um penetrômetro adaptado. Todos os equipamentos e métodos foram adaptados para que os próprios agricultores pudessem dar continuidade ao processo de avaliação dos sistemas de produção (Fig. 1).

Foram observadas várias melhorias das características físicas, químicas e biológicas dos solos. Isso refletiu em algumas vantagens para as plantas em apenas um ano (Gráfico 3). Essas melhorias foram mais marcantes na propriedade de Carangola, recém-adquirida por um casal de agricultores de subsistência. O solo desse sítio encontrava-se em elevado estágio de degradação e as pequenas lavouras estavam bastante depauperadas. A adição da MO promoveu aumento da manta orgânica,

que teria resultado na melhoria da retenção de umidade, da maciez e da atividade microbiológica.

Os resultados das avaliações dos cafeeiros apresentaram mudanças mais marcantes com relação às características nutricionais como a redução na seca de ponteiros e na deficiência de nutrientes, como também alguma melhora na resistência a estresses, pragas, doenças e na competição com outras plantas (Gráfico 4).

A avaliação dos resultados de uma adoção de tecnologia, em cultivos, geralmente é realizada pela produção. No caso do cafeeiro, sua produtividade é determinada normalmente, considerando uma média de quatro colheitas. Visto que, o cafeeiro, a pleno sol, não regula naturalmente a carga de frutos ou a razão folha/fruto (RENA et al., 1998), podendo ocorrer o depauperamento da planta. Isso proporciona uma alternância de safras altas e baixas, denominada ciclo bienal de produção. Os indicadores de qualidade do solo e saúde do cafeeiro foram capazes de apontar mudanças no período de apenas um ano após a instalação das Unidades Experimentais, o que mostra a sensibilidade na medida para as alterações de alguns parâmetros avaliados.

QUADRO 3 - Indicadores de qualidade do solo e saúde do cafeeiro definidos pelos agricultores e técnicos para três propriedades da Zona da Mata, Minas Gerais

Indicador	Indicador
Qualidade do solo	Saúde do cafeeiro
Plantas indicadoras	Vigor
Diversidade de espécies cultivadas	Desenvolvimento do cafeeiro
Cor, odor e teor de matéria orgânica (MO)	Ausência de seca de ponteiros
Manta orgânica	Aspecto nutricional
Estado dos restos vegetais no solo	Resistência ou tolerância a estresse
Atividade biológica	Controle natural de pragas
Atividade microbiológica	Controle natural de doenças
Profundidade da camada escura	Vigor considerando a competição de plantas
Erosão	Carga pendente
Maciez	Rendimento do cafeeiro atual e potencial
Retenção de umidade - teste do funil (0-20 cm)	Arborização
Retenção de umidade - teste da mão (20-40 cm)	Diversidade natural circundante
	Sistemas de manejo
	Capacidade de produção de biomassa



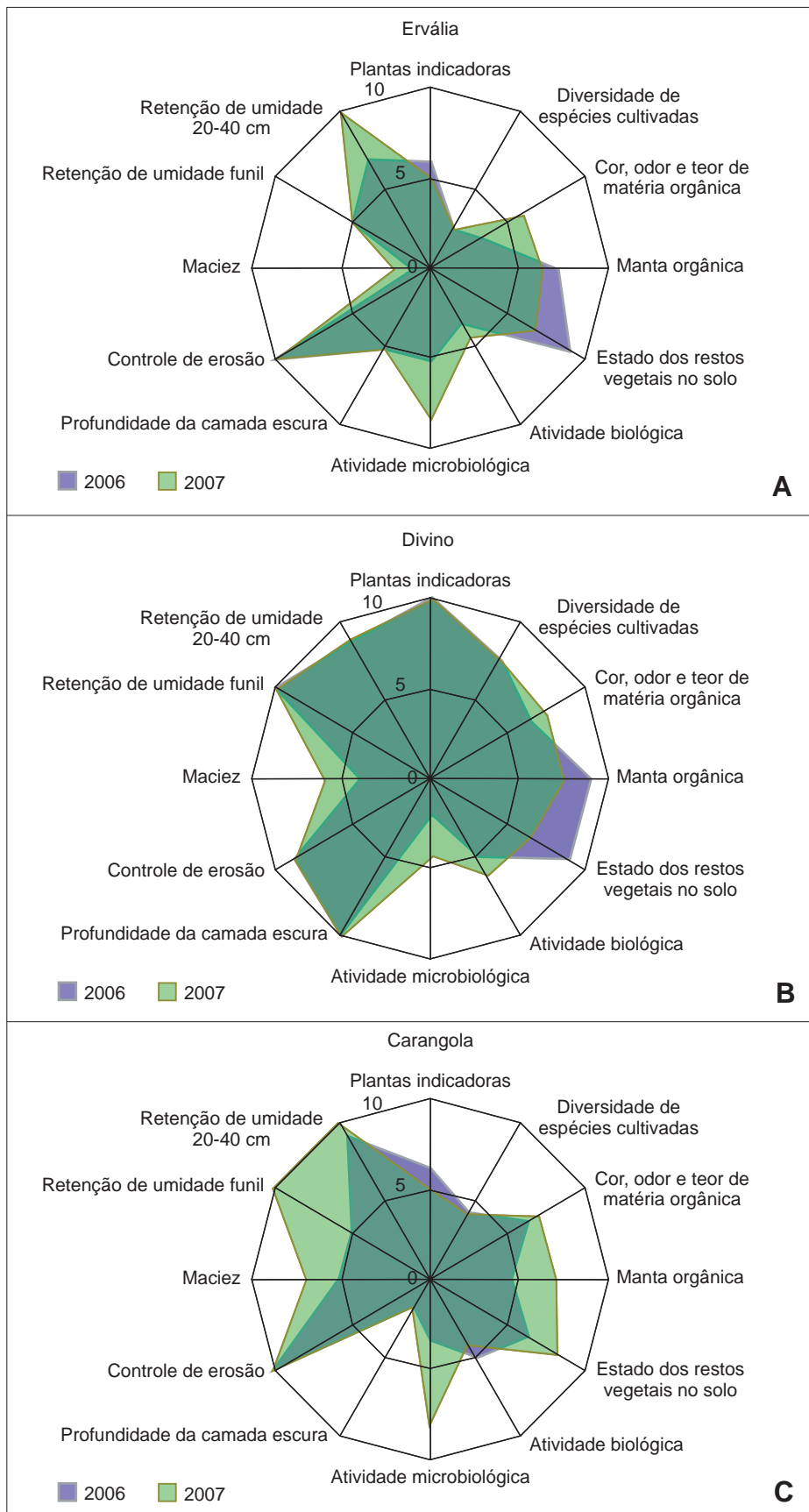


Fotos: Paulo César de Lima

Figura 1 - Indicadores utilizados no sistema de avaliação da qualidade do solo e da saúde do cafeeiro

NOTA: A - Estado dos restos vegetais; B - Atividade microbiológica; C - Profundidade da camada escura; D - Erosão; E - Maciez do solo; F - Preparo das amostras para avaliar a retenção de umidade; G - Retenção de umidade de 0-20 cm; H - Retenção de umidade de 20-40 cm; I - Vigor e desenvolvimento do cafeeiro; J - Seca dos ponteiros; K - Vigor considerando a competição por plantas espontâneas; L - Carga pendente e rendimento atual e potencial do cafeeiro e diversidade natural circundante ao talhão.





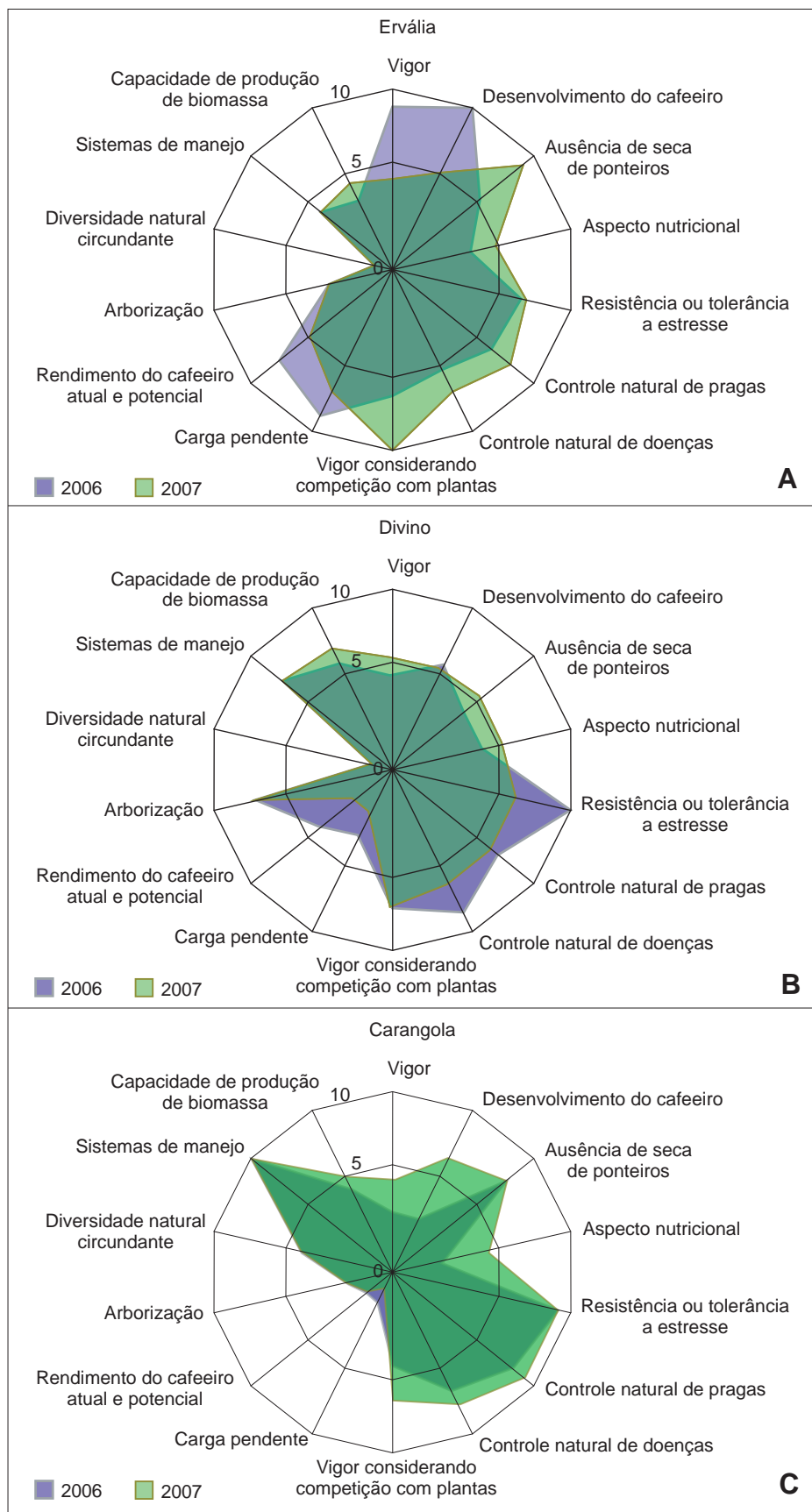


Gráfico 4 - Resultados da saúde do cafeeiro em três propriedades da região da Zona da Mata em Minas Gerais

NOTA: A - Município de Ervália; B - Município de Divino; C - Município de Carangola.

O parâmetro estrutura do solo recebeu a menor nota (5,63), atribuída à própria gênese do solo, na qual pouco se pode interferir. Outro parâmetro que recebeu nota baixa foi a atividade biológica (5,88), atribuída à elevada acidez e ao distrofismo do solo e à baixa umidade, na ocasião da avaliação.

Com relação aos aspectos relacionados com a saúde dos cafeeiros, o parâmetro rendimento do cafeeiro atual e potencial (4,5) foi o que indicou a pior condição (Gráfico 6). Os parâmetros competição de plantas (5,13) e desenvolvimento do cafeeiro (5,13) também receberam notas mais baixas. Os resultados, segundo Lima et al. (2005), são representativos em razão:

- a) de a cultivar ser antiga e de baixa produtividade;
- b) da não correção da acidez do solo;
- c) da não adição de nutrientes ao solo, além do proporcionado pela ciclagem de nutrientes;
- d) do excesso de sombreamento.

Os parâmetros arborização (10,0), diversidade natural circundante (9,38), doenças do cafeeiro (9,38) e sistemas de manejo (9,38) foram os que receberam as maiores notas. O sistema de manejo de baixo uso de insumos externos garantiu elevada pontuação.

Apesar de os sistemas de produção avaliados apresentarem características muito distintas das lavouras dos estados de Minas Gerais e Paraná, o método de avaliação mostrou-se adequado para uma melhor compreensão desses sistemas, mais diversificados, sem aporte externo de nutrientes, com baixa produtividade, porém adaptados às condições climáticas. Isso aponta para a necessidade de investigar outras cultivares adaptadas ao local, mas com melhor produtividade e alternativas de manejo, com vistas a proporcionar um fornecimento de nutrientes que garanta uma resposta na produção com retorno econômico.



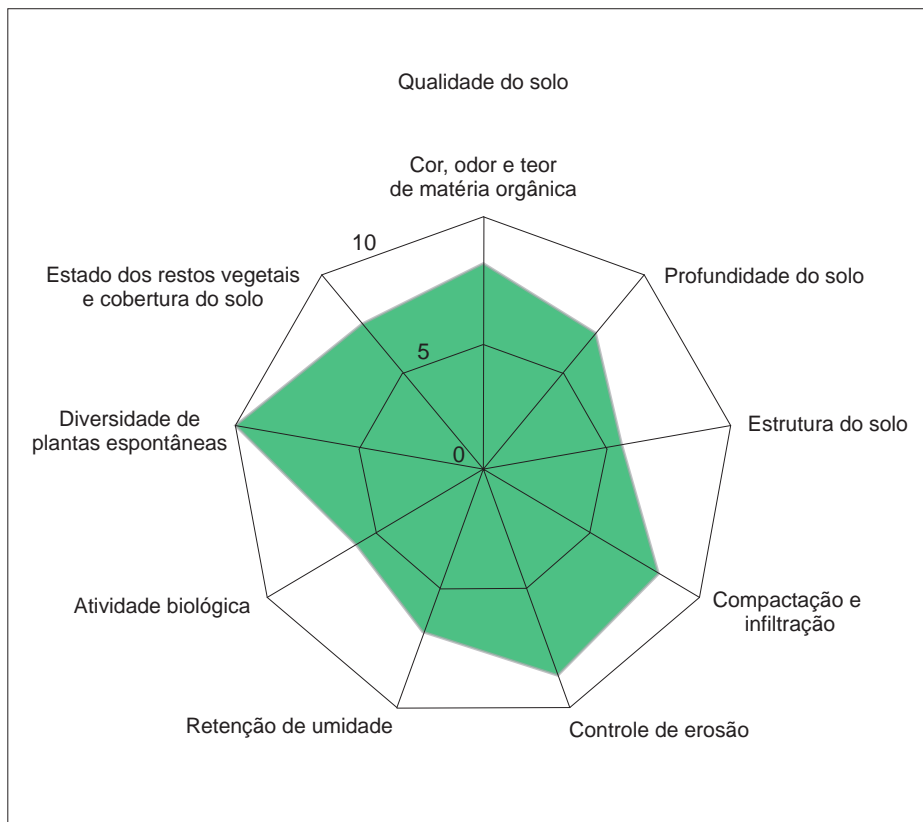


Gráfico 5 - Média das avaliações de qualidade do solo de duas propriedades avaliadas no estado do Ceará

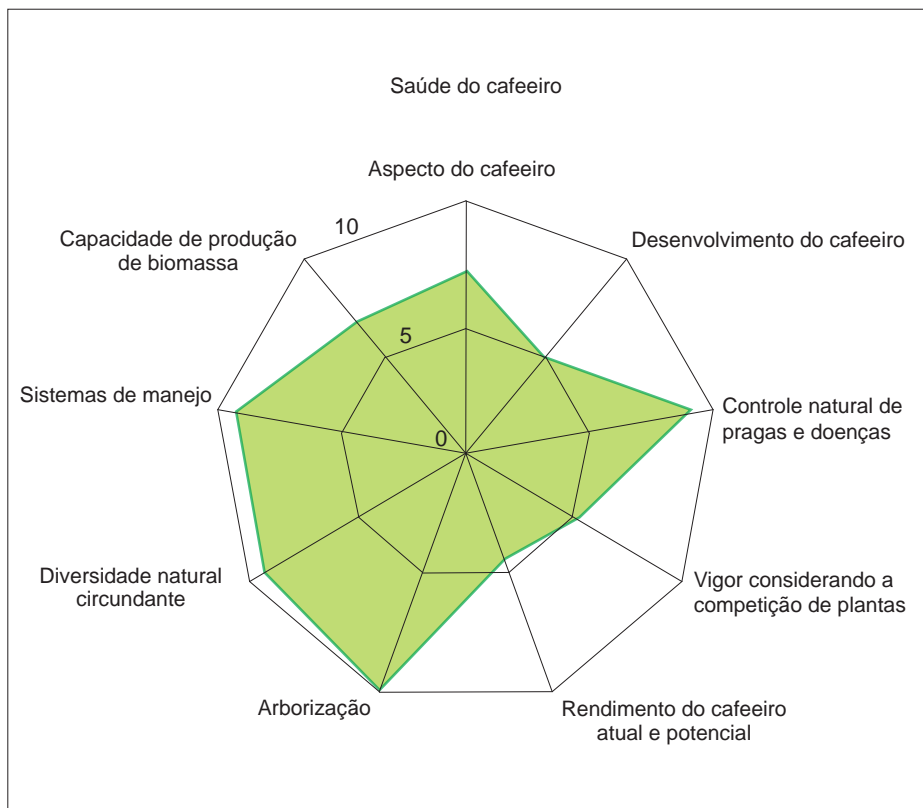


Gráfico 6 - Média das avaliações da saúde do cafeeiro de duas propriedades avaliadas no estado do Ceará

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

O processo de avaliação adotado mostrou ser uma ferramenta útil para o monitoramento da sustentabilidade dos sistemas de produção, de forma comparativa, rápida, com baixo custo e de fácil aplicação, permitindo a participação dos produtores no processo de elaboração das referências, na aplicação e avaliação dos parâmetros. Entre os resultados observados destacam-se a apropriação dessa ferramenta como instrumento para o planejamento e o manejo de seus sistemas de produção e a troca de experiências entre produtores e destes com os técnicos. Também ocorreu a construção de novos indicadores, como na comunidade do estado do Paraná, que adaptou o método para avaliação e melhoramento dos processos de manejo de colheita e pós-colheita, tendo obtido progresso significativo nesta área. Para mais detalhes ver Hugo et al. (2005).

A avaliação também mostrou-se uma importante ferramenta para a indicação de melhoria do manejo, como no estado do Ceará. O método permite adaptações, como foi realizado no estado de Minas Gerais, com a colaboração dos agricultores e utilização de ferramentas e instrumentos mais acessíveis e que consideram as especificidades locais.

Visto que o método propõe uma avaliação rápida dos sistemas de produção, a amostragem de parcelas para a sua aplicação não permitiria um grande nível de detalhamento e muitas repetições. Para contornar tal limitação, é importante identificar parcelas mais homogêneas e com boa representatividade. Os procedimentos para a avaliação dos parâmetros utilizados para cada indicador podem ser adaptados de acordo com os recursos locais, mas a padronização das técnicas utilizadas possibilitaria um maior alcance das informações entre produtores.

A melhora de condições de cultivo e o cuidado maior com os recursos naturais não garantem, por si só, a sustentabilidade, visto que há condicionantes em outras

dimensões mais amplas. Faz-se necessária uma complementação dos indicadores que abordem as dimensões socioeconômicas e culturais, proporcionando uma visão mais completa sobre a sustentabilidade desses sistemas.

### AGRADECIMENTO

À Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), ao Instituto Agronômico do Paraná (Iapar), à Universidade Federal de Viçosa (UFV), ao Centro de Tecnologias Alternativas da Zona da Mata (CTA-ZM), ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e aos agricultores e técnicos participantes dos estudos realizados.

### REFERÊNCIAS

ALTIERI, M.A.; NICHOLLS, C.I. Prefácio: In: LOVATO, P.E.; SCHMIDT W. (Org.). **Agroecologia e sustentabilidade no meio rural**. Chapecó: Argos, 2006.

\_\_\_\_\_; \_\_\_\_\_. Un método agroecológico rápido para la evaluación de la sostenibilidad de cafetales. **Manejo Integrado de Plagas y Agroecologia**, Costa Rica, v.64, p. 17-24, 2002.

CASALINHO, H.D.; MARTINS, S.R. Indicadores da qualidade do solo: a percepção do agricultor. **Ciência & Ambiente**, Santa Maria, jul./dez. 2004.

FERREIRA, J.M.L. **Indicadores de qualidade do solo e de sustentabilidade em cafeeiros arborizados**. 2005. 200f. Dissertação (Mestrado em Agroecossistemas) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2005.

\_\_\_\_\_; LANA, M.A.; LOVATO, P.E.; HUGO, R.G. Avaliação da sustentabilidade dos agroecossistemas cafeeiros através do uso de indicadores de qualidade do solo e saúde das plantas. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 4., 2005, Londrina. **Anais...** [Brasília]: Embrapa Café, 2005. 1 CD-ROM.

HUGO, R.G.; FERREIRA, J.M.L.; LANA, M.A. Avaliação de sistemas de produção de café durante dois anos utilizando indicadores de qualidade do solo, vigor vegetativo e manejo de colheita e pós-colheita. In:

SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 4., 2005, Londrina. **Anais...** [Brasília]: Embrapa Café, 2005. 1 CD-ROM.

LARSON, W.E.; PIERCE, F.J. The dynamics of soil quality as a measure of sustainable management. In: DORAN, J.W.; PARKIN, T.B. **Defining soil quality for a sustainable environment**. Madison, Wisconsin: Soil Science Society and América, 1994. p. 37-51. (SSSA. Special Publication, 35).

LIMA, P.C. de; MOURA, W. de M.; DUTRA, A.M. ; VIEIRA, A.E.; SALGADO, L.T. Uso de indicadores de qualidade do solo e do cafeeiro para avaliação da sustentabilidade de agroecossistemas no Maciço de Baturité, CE. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEIRAS, 31., 2005, Guarapari. **Anais...** Rio de Janeiro: MAA-PROCAFÉ, 2005. 1 CD-ROM.

\_\_\_\_\_; \_\_\_\_\_. GARCIA JUNIOR, E.; MENDONÇA, E. de S.; MANABE, P.M.S. ; SANTOS, J. dos; REIS, I.L. ; REIGADO, F.R. Avaliação de materiais orgânicos e plantas espontâneas na adubação e na sustentabilidade de agroecossistemas cafeeiros orgânicos e agroecológicos em comunidades de agricultores familiares. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 6., 2009, Vitória. **Resumos expandidos...** Inovação científica, competitividade e mudanças climáticas. Brasília: Embrapa Café, 2009. 1 CD-ROM.

LÓPEZ-RIDAURA, S.; MASERA, O.; ASTIER, M. Evaluating the sustainability of integrated peasantries systems: the MESMIS framework. **ILEIA Newsletter**. Dec. 2000. Disponível em: <[http://agriculturas.leisa.info/index.php?ure=getblob.php&o\\_id=12453&a\\_id=211&a\\_seq=0](http://agriculturas.leisa.info/index.php?ure=getblob.php&o_id=12453&a_id=211&a_seq=0)>. Acesso em: 8 set. 2009.

NICHOLLS, C.I.A.; ALTIERI, M.; DEZANET, A.; LANA M. A.; FEISTAUER, D.; OURIQUES, M. A rapid, farmer-friendly agroecological method to estimate soil quality and crop health in vineyard systems. **Biodynamics**, Pottstow, v.20, n.5, p. 33-44, 2004.

RENA, A.B.; NACIF, A.P. de; GUIMARÃES, P.T.G.; BARTHOLO, G.F. Plantios adensados de café: aspectos morfológicos, ecofisiológicos, fenológicos e agronômicos. **Informe Agropecuário**. Cafeicultura: tecnologia para produção, Belo Horizonte, v.19, n.193, p.61-70, 1998.



**A TECNOLOGIA EM SEMENTES À SUA DISPOSIÇÃO**

SEMENTES BÁSICAS, CERTIFICADAS, S1 E S2

QUALIDADE GARANTIDA

Arroz: Irrigado / Sequeiro

Feijão: Carioca / Preto / Vermelho

Pinhão-Manso

Soja

Milho

Café: variedades adaptadas, resistentes a doenças e pragas

INFORMAÇÕES E AQUISIÇÕES:  
EPAMIG - Assessoria de Negócios Tecnológicos  
Av. José Cândido da Silveira, 1.647 - Cidade Nova  
CEP 31170-000 - Belo Horizonte - MG  
Tel: (31) 3489-5060

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

**GOVERNO DE MINAS**



# Indicadores de sustentabilidade, avaliação de impactos e gestão ambiental de atividades rurais

Geraldo Stachetti Rodrigues<sup>1</sup>

**Resumo** - O sistema de Avaliação Ponderada de Impacto Ambiental de Atividades do Novo Rural (APOIA-NovoRural) consiste de 62 indicadores, integrados em cinco dimensões de sustentabilidade: Ecologia da paisagem, Qualidade ambiental (atmosfera, água e solo); Valores socioculturais; Valores econômicos e Gestão e administração. Tais indicadores são construídos em matrizes de ponderação, nas quais dados quantitativos obtidos em campo e laboratório são traduzidos em índices de impacto. Funções de utilidade especificamente derivadas para cada indicador permitem expressão dos impactos, de acordo com padrões ambientais e objetivos socioeconômicos. Os índices de impacto são apresentados em três níveis de integração: a) indicadores específicos, que oferecem um diagnóstico ambiental e um instrumental de manejo aos produtores, apontando atributos das atividades rurais, que possam estar em desconformidade com objetivos definidos de desempenho; b) dimensões de sustentabilidade, que indicam a tomadores de decisão as principais contribuições das atividades/estabelecimentos rurais para o desenvolvimento local, facilitando a definição de ações de controle ou medidas de fomento; c) o índice integrado de sustentabilidade, que pode ser tomado como uma medida objetiva para fins de ecocertificação. Dois estudos de caso, desenvolvidos em diferentes escalas, são detalhados, visando demonstrar a maleabilidade do método e sua aplicabilidade em gestão ambiental e desenvolvimento rural sustentável.

**Palavras-chave:** Indicadores. Índice de sustentabilidade. Impacto Ambiental. Desempenho ambiental. Diagnóstico ambiental.

## INTRODUÇÃO

Produtores rurais ao redor do mundo têm-se dedicado, com crescente afinco, à melhoria de desempenho dos seus sistemas produtivos agropecuários, procurando aliar boas práticas de manejo e gestão ambiental integrada. Estes objetivos favorecem o reconhecimento dos limites dos recursos naturais, da importância da conservação da biodiversidade e dos serviços ambientais fornecidos pelos ecossistemas, sendo iniciativas de ajuste a nichos de mercado, que oferecem vantagens comparativas para sistemas produtivos certificados como

conservacionistas. Numerosos métodos para avaliação de impactos ambientais (AIA) têm sido desenvolvidos para guiar a adoção de boas práticas, de inovações tecnológicas, bem como de processos integrados de gestão ambiental (RODRIGUES; RODRIGUES, 2007).

Níveis diferentes de complexidade são observados nas variadas abordagens metodológicas disponíveis, desde análise multicritério (MONTEIRO; RODRIGUES, 2006; SADOK et al., 2008) e diagnósticos rurais qualitativos (LÓPEZ-RIDAURA et al., 2002), a abordagens analítico-

quantitativas (HÄNI et al., 2003); e desde a escala de parcelas cultivadas na fazenda como um todo (RODRIGUES et al., 2006b; ZAHM et al., 2008), até o território rural (PAYRAUDEAU; WERF, 2005; RODRIGUES et al., 2006a) e a agricultura de todo um país (RONCHI et al., 2002).

Na maior parte dos casos, métodos de AIA baseiam-se em indicadores de desempenho (BOCKSTALLER et al., 2008), com avaliações que envolvem desde aspectos particulares, como riscos de contaminação por pesticidas (BOULLENGER

<sup>1</sup>Ecólogo, Ph.D., Pesq. Embrapa Meio Ambiente, Caixa Postal 69, CEP 13820-000 Jaguariúna-SP. Correio eletrônico: stacheti@cnpma.embrapa.br

et al., 2008) e balanço de insumos, até o desempenho socioeconômico e ambiental de sistemas de produção (ECKERT et al., 2000). No sentido de ampliar o alcance prático oferecido pelos indicadores de desempenho, a avaliação de sustentabilidade de estabelecimentos rurais permite a gestão ambiental integrada, pois é nessa escala que se realizam as decisões de manejo, de adoção tecnológica e de sistemas produtivos.

Uma abordagem integrada para avaliação de impactos implica em promover a gestão ambiental das atividades rurais como contribuição para o desenvolvimento local sustentável. Dessa forma, muito além de efeitos sobre indicadores específicos, mesmo aqueles cruciais como oportunidades de trabalho e de geração de renda, busca-se atender a objetivos de prosperidade (finalidade última das boas práticas de manejo e da adoção tecnológica), segundo a satisfação de múltiplos interesses dos produtores, de suas famílias e comunidades (CAMPANHOLA et al., 2007). Tal ponto de vista nada tem de verdadeiramente inovador, tendo sido proposto décadas atrás ao se reconhecer que os impactos não são equitativamente distribuídos entre os grupos sociais e compreendem julgamentos de valor, que representam e expressam as formas em que os objetivos e interesses sociais (dentre estes o desenvolvimento sustentável) são afetados (BISSET, 1983).

O presente artigo detalha um sistema integrado de indicadores de sustentabilidade, desenvolvido para promover a gestão ambiental de estabelecimentos rurais, aplicável aos mais variados contextos espaciais, atividades e setores produtivos. Dois estudos de caso são apresentados, visando exemplificar a maleabilidade da metodologia e sua aplicabilidade:

- a) a um contexto local, visando à gestão ambiental do entorno de uma Unidade de Conservação em Minas Gerais;

- b) a um projeto de desenvolvimento rural, realizado em escala macrorregional no Uruguai, similar às iniciativas de planejamento rural em curso no Estado.

### **SISTEMA APOIA-NOVORURAL**

Uma alternativa para a avaliação ambiental de atividades rurais, adequação tecnológica agropecuária e gestão territorial participativa é o Sistema de Avaliação Ponderada de Impacto Ambiental de Atividades do Novo Rural (APOIA-NovoRural) (RODRIGUES; CAMPANHOLA, 2003). Esse método tem sido aplicado à gestão ambiental territorial (RODRIGUES et al., 2006a), a programas de desenvolvimento rural em escala de país (RODRIGUES; MOREIRA VIÑAS, 2007), a setores produtivos (RODRIGUES et al., 2007) e cadeias produtivas agrícolas (RODRIGUES et al., 2009), bem como a sistemas de produção (BUSCHINELLI et al., 2007; RODRIGUES et al., no prelo) e no entorno de áreas de proteção ambiental (RODRIGUES et al., 2008).

Com o objetivo de implementar a gestão ambiental de atividades e estabelecimentos rurais, o método APOIA-NovoRural visa prover um procedimento de avaliação que satisfaça as premissas da ciência de AIA, segundo o modelo pressão/estado/resposta (OECD, 1999). Assim, cada avaliação configura-se conforme a específica situação socioeconômica, físico-química e de escala de produção, dessa forma definindo-se a PRESSÃO exercida sobre o ambiente, ou seja, o contexto local das atividades rurais avaliadas. Segue-se a avaliação do ESTADO do ambiente, segundo análise instrumental/levantamento de dados objetivos quantitativos de campo e cálculo de índices de impacto em matrizes de ponderação especificamente designadas, para o conjunto de indicadores componentes do sistema de avaliação. Essas etapas resultam na composição de Relatórios de Gestão Ambiental para entrega aos produtores, para sua tomada de decisão quanto

à RESPOSTA para adequação do manejo e conversão tecnológica, visando correção de impactos negativos e promoção dos positivos, contribuindo para a gestão ambiental.

Partindo dessas premissas, o sistema APOIA-NovoRural foi desenvolvido segundo os seguintes princípios:

- a) permitir a avaliação das mais diversas atividades rurais, em variadas regiões e situações ambientais, na escala específica do estabelecimento rural (na qual se faz a tomada de decisão para gestão ambiental);
- b) incluir indicadores relativos aos aspectos ecológicos, econômicos, socioculturais e de manejo implicados com o desenvolvimento local sustentável;
- c) facilitar a detecção de pontos críticos para correção de manejo;
- d) expressar os resultados em uma forma simples e direta para agricultores e empresários rurais, tomadores de decisão e o público em geral;
- e) ser informatizado e fornecer uma medida final integrada do impacto ambiental (e da sustentabilidade) das atividades rurais estudadas, contribuindo para a gestão ambiental e a ecocertificação, em atendimento à demanda de produtores e de suas organizações.

O sistema consta de um conjunto integrado de 62 indicadores ambientais construídos em matrizes escalares de ponderação, formuladas para avaliação sistêmica de atividades rurais, de acordo com cinco dimensões de sustentabilidade (Fig. 1):

- a) Ecologia da paisagem;
- b) Qualidade ambiental (atmosfera, água e solo);
- c) Valores socioculturais;
- d) Valores econômicos;
- e) Gestão e administração.



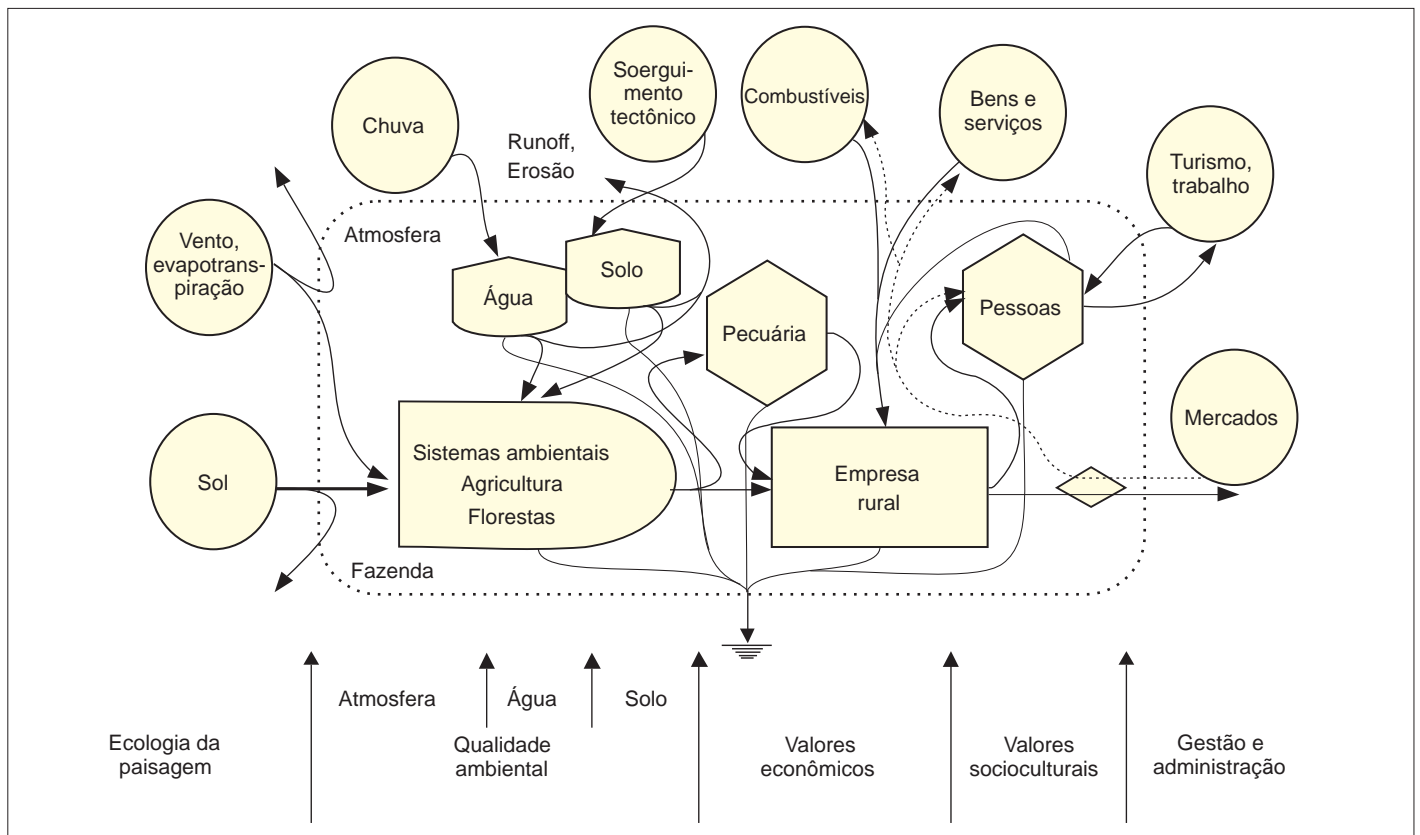


Figura 1 - Inserção das dimensões de sustentabilidade para integração de indicadores do sistema APOIA-NovoRural, segundo enfoque sistêmico de um estabelecimento rural

NOTA: Fontes externas de matéria e energia são associadas a estoques internos, unidades ambientais e produtivas do sistema, que de um lado exporta produtos e recebe a devida compensação dos mercados, de outro, conecta-se via fluxos de reciclagem, retroalimentação e controle.

APOIA-NovoRural - Avaliação Ponderada de Impacto Ambiental de Atividades do Novo Rural.

O estabelecimento rural representa a escala espacial de análise, a qual é procedida de forma analítico-quantitativa, avaliando-se os efeitos da atividade rural em cada um e todos os indicadores. Índices de impacto são automaticamente calculados de acordo com fatores de ponderação apropriados, construídos a partir de uma revisão de métodos de avaliação de impactos, discussões em grupos de especialistas e *workshops*, seguidos de validação de campo para diferentes setores produtivos. O conjunto completo de indicadores do sistema APOIA-NovoRural e suas respectivas unidades de medição, pesquisadas no campo e em análises laboratoriais, estão disponíveis em Rodrigues e Campanhola (2003).

As informações requeridas para preenchimento das matrizes de ponderação são

obtidas em vistorias de campo (auxiliadas por GPS, mapas e imagens de satélite) e levantamento de dados sobre o histórico administrativo do estabelecimento rural. Indicadores relacionados com a qualidade do solo e da água são obtidos com análises instrumentais de campo e laboratório. As matrizes de ponderação são construídas para transformar as variáveis dos indicadores em índices de impacto, segundo funções de utilidade (escala normalizada de 0 a 1, com o valor da linha de base de conformidade ambiental padronizado em 0,7) (BISSET, 1987).

Essas funções expressam as linhas de base para cada indicador em particular e foram derivadas em testes de probabilidade e de sensibilidade, caso a caso para cada indicador (GIRARDIN et al., 1999). No teste de probabilidade, definem-se os

limites da escala (mínimo e máximo) e o valor de conformidade (0,7), segundo solução numérica da variável que define o indicador. No teste de sensibilidade, definem-se a direção do indicador (se positivo ou negativo) e o significado das mudanças trazidas acerca da atividade avaliada, segundo relação quantitativa com o desempenho estabelecido na linha de base. Esses testes permitem a construção de uma tabela de correspondência entre os índices de impacto do indicador e os valores de utilidade, os quais são então apresentados graficamente. Esse relacionamento de correspondência é, então, matematicamente efetuado por uma equação de melhor ajuste, resultando na expressão do índice do impacto em valores de utilidade. Como exemplo, tem-se a matriz de ponderação do sistema APOIA-NovoRural apresentando

o indicador Erosão (Fig. 2). Essa matriz escalar típica integra dois grupos de atributos (um para tendência de ocorrência e outro para mecanismos de erosão) com respectivos valores de ponderação (k, indicando impactos crescentes para processos erosivos mais impactantes), equação para cálculo do índice de impacto (Ieros = -36), tabela de correspondência e gráfico para a relação índice de impacto/desempenho ambiental e equação e coeficientes para conversão em utilidade (U - Ieros = 0,85). A linha 'Averiguação' afere a correção dos dados de entrada (100% da área sob risco de erosão, aferida em levantamento de campo), os quais, no presente caso, representam, nas células de entrada, 15% da área sujeita à erosão laminar, 5% da área com redução nesse tipo de processo erosivo, dadas as medidas de controle implantadas (curvas de nível), 30% de aumento de erosão em sulcos (cultura anual em declive, sem adequado terraceamento) e 50% da área com redução de erosão em ravinas, com manejo de vegetação associada em áreas de pomares.

Matrizes de ponderação, similares à apresentada na Figura 2, são disponíveis para os 62 indicadores do sistema APOIA-NovoRural, permitindo a avaliação integrada de sustentabilidade. As matrizes podem conter informações simples obtidas em análise de campo e laboratório – ex. acidez H+Al (Fig. 3) –, estruturas mais complexas ou integração de dados entre indicadores, agregados para composição das dimensões de avaliação (Fig. 4). Gráficos similares são disponíveis no sistema para cada dimensão de avaliação e seus indicadores individuais, facilitando a detecção de pontos críticos para correção de manejo.

Os resultados das avaliações são apresentados em gráficos que expressam o impacto ambiental para cada um dos indicadores, comparativamente à linha de base, definida como valor 0,7. Os resultados para todos indicadores são combinados pela média dos valores de utilidade de cada dimensão considerada e para o conjunto integrado de indicadores, compondo um

diagrama síntese de sustentabilidade para as cinco dimensões de avaliação e para o estabelecimento rural como um todo (Fig. 5).

Ao final de cada avaliação, formula-se um Relatório de Gestão Ambiental, entregue ao produtor para sua tomada de decisão, visando minimizar os impactos negativos e maximizar os impactos positivos, contribuindo para o desenvolvimento local sustentável.

Em resumo, a aplicação do Sistema APOIA-NovoRural consiste em:

- identificar os limites espaços-temporais das atividades a serem avaliadas, no âmbito do estabelecimento rural, realizar os levantamentos de campo, as coletas de dados e amostras de solo e água para análise laboratorial;
- inserir os dados nas matrizes de ponderação do sistema, para obter os índices de impacto referentes aos indicadores, que são convertidos automaticamente em valores de uti-

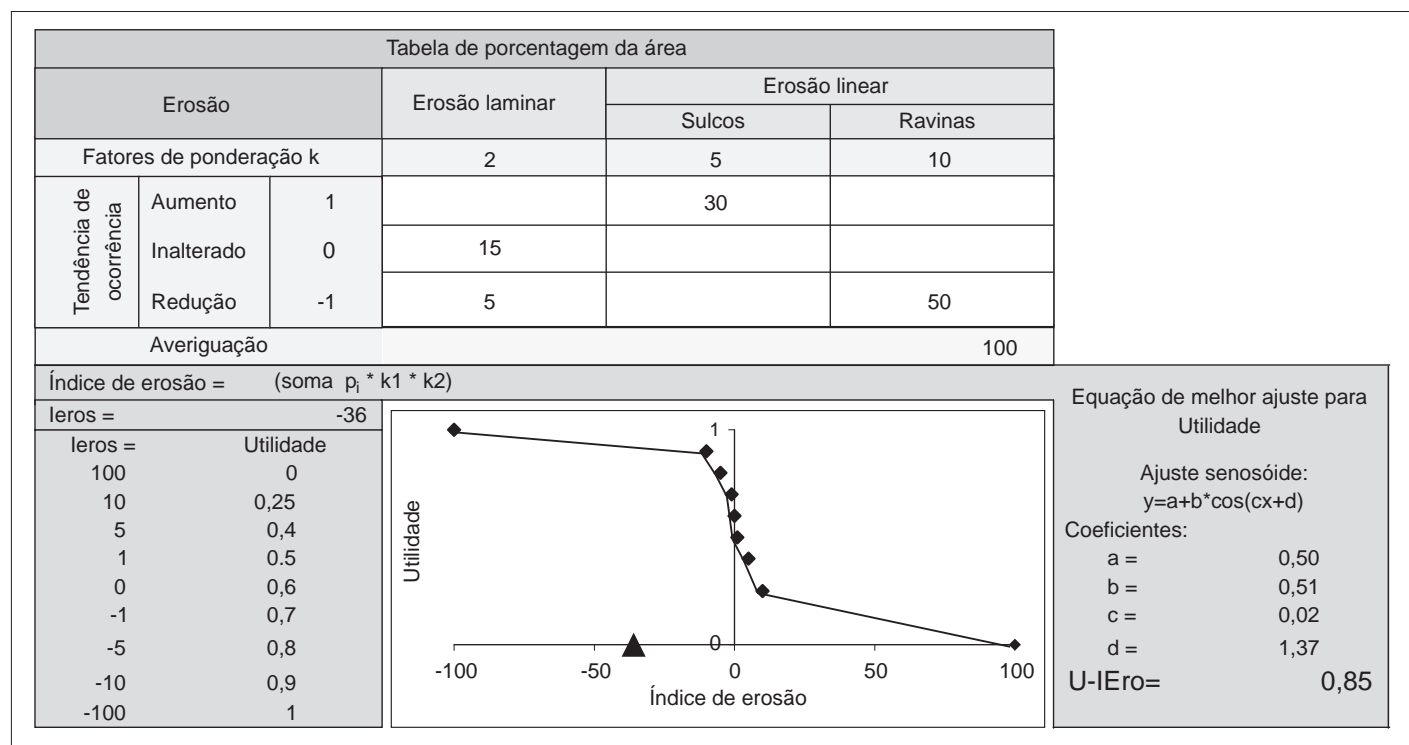


Figura 2 - Matriz de ponderação do sistema APOIA-NovoRural apresentando o indicador Erosão

NOTA: APOIA-NovoRural - Avaliação Ponderada de Impacto Ambiental de Atividades do Novo Rural.



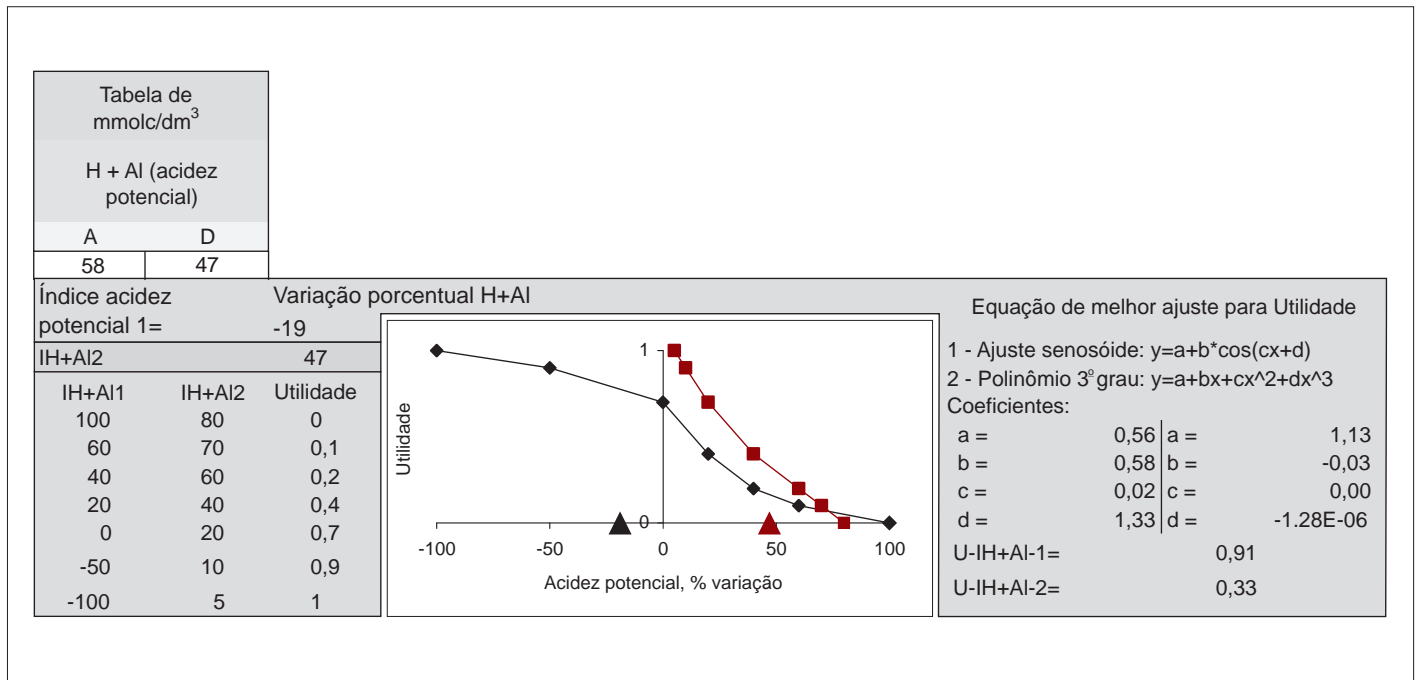


Figura 3 - Exemplo de matriz de indicador com fonte de dados simples, como acidez H+Al, do sistema APOIA-NovoRural

NOTA: Este indicador é avaliado em dois índices, IH+Al1 (variação porcentual da acidez, uma medida de tendência do impacto) e IH+Al2 (uma medida de estado do ambiente). No caso, uma correção de 19% na acidez indica tendência favorável (U-IH+Al1 = 0,91), mas o nível resultante (47 mmolc/dm<sup>3</sup>) é ainda elevado, pouco próprio para desenvolvimento das culturas.

APOIA-NovoRural - Avaliação Ponderada de Impacto Ambiental de Atividades do Novo Rural; A - Antes; D - Depois.

lidade (escala de 0 a 1) e agregados em índices de impacto nas cinco dimensões consideradas;

- c) analisar os resultados gráficos, identificando os indicadores que mais restringem a sustentabilidade e averiguar possíveis desconformidades com a linha de base;
- d) formular o Relatório de Gestão Ambiental, indicando medidas corretivas, recomendações de adequação tecnológica e de manejo para abatimento dos impactos ambientais negativos e promoção dos positivos;
- e) integrar as avaliações realizadas em estabelecimentos rurais em estudos de gestão ambiental territorial e desenvolvimento rural. Nesses casos, oficinas de trabalho são organizadas, para promover o diálogo acerca dos estudos de impacto, entre produtores e outros atores sociais e grupos de interesse.

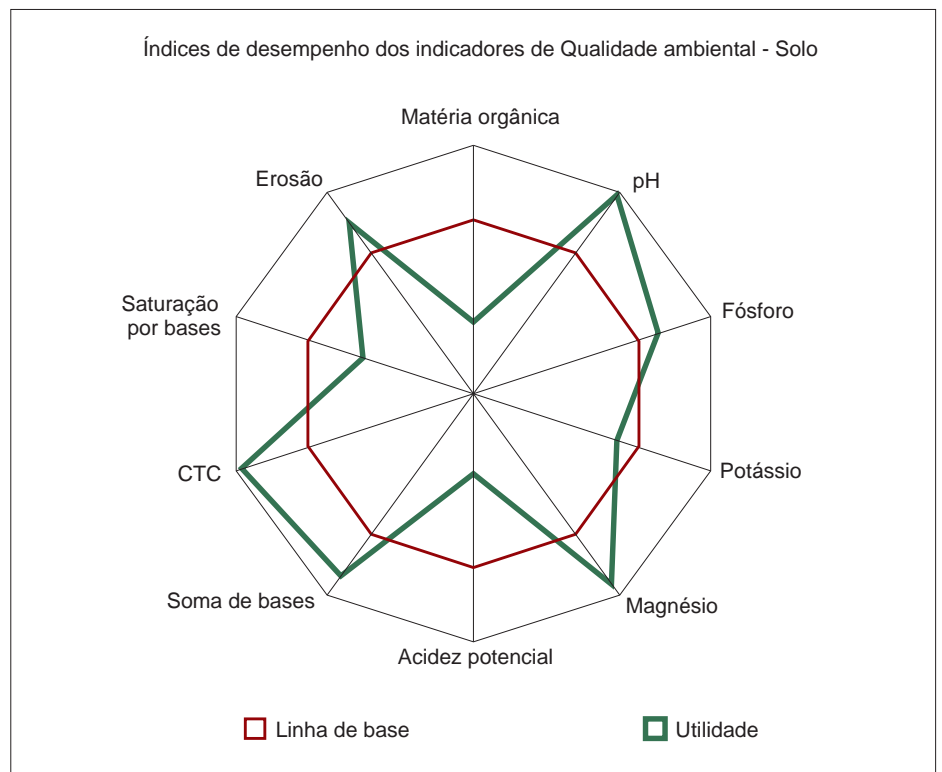


Figura 4 - Exemplo de integração de indicadores na dimensão Qualidade ambiental - Solo, do sistema APOIA-NovoRural

NOTA: CTC - Capacidade de troca catiônica; APOIA-NovoRural - Avaliação Ponderada de Impacto Ambiental de Atividades do Novo Rural.

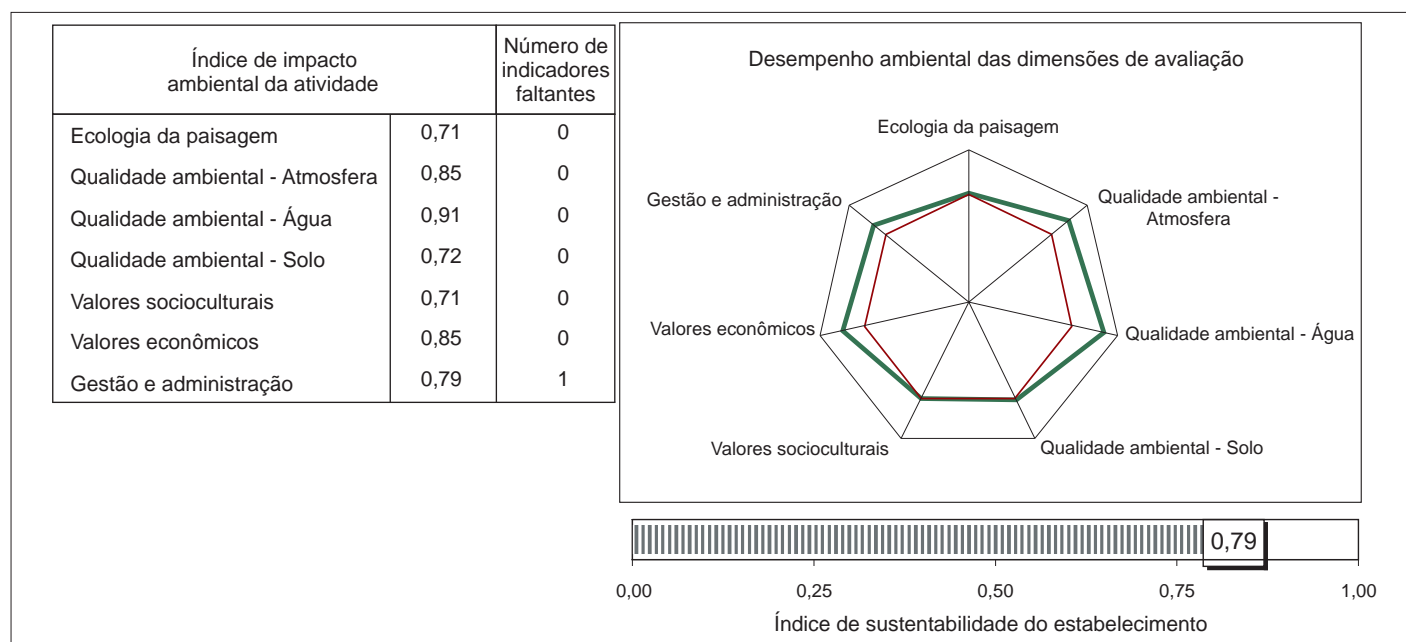


Figura 5 - Exemplo de gráfico de síntese de resultados do sistema APOIA-NovoRural

NOTA: Aparecem os índices de impacto para cada dimensão considerada, uma coluna para exclusão de eventuais indicadores faltantes na avaliação específica, e o índice de sustentabilidade agregado para o estabelecimento rural.

APOIA-NovoRural - Avaliação Ponderada de Impacto Ambiental de Atividades do Novo Rural.

## EXEMPLOS DE APLICAÇÕES DO SISTEMA APOIA-NOVORURAL

Uma série de projetos de pesquisa, utilizando o sistema APOIA-NovoRural, tem permitido ajustar os procedimentos para alcances que vão desde estabelecimentos rurais representativos de cadeias produtivas e sistemas de produção específicos, ou estabelecimentos selecionados para gestão ambiental em setores produtivos rurais, a conjuntos de estabelecimentos inseridos em contextos de gestão ambiental territorial, até a adaptação do sistema para um programa de desenvolvimento rural sustentável em escala de país. Dois desses estudos são, a seguir, resumidos como exemplos das escalas de resolução local e macrorregional.

### Gestão ambiental integrada de estabelecimentos rurais para conservação da biodiversidade: um estudo na Estação Biológica de Caratinga, MG (EBC)

A Estação Biológica de Caratinga (EBC) é uma reserva importante da Floresta Atlântica, definida como prioridade

nacional para a conservação do bioma e de especial interesse para a proteção de uma das maiores populações do miquiqui-do-norte, criticamente ameaçado de extinção. Pesquisas de longo termo têm indicado condições locais favoráveis a um crescimento rápido dessa população, desde que promovida a expansão do *habitat* disponível. No presente estudo, o sistema APOIA-NovoRural foi aplicado a quatro estabelecimentos rurais vizinhos à EBC, selecionados como unidades demonstrativas de gestão ambiental, em um programa participativo para recomposição de corredores ecológicos entre fragmentos de floresta, visando expansão de *habitat* para a população local de miquiqui-do-norte.

Todos os estabelecimentos apresentaram desempenhos ambientais adequados (índices de sustentabilidade entre 0,72 e 0,75), com índices abaixo da linha de base somente para Qualidade do solo (dados os solos inférteis típicos da região). Em geral, os indicadores de Ecologia da paisagem (índices entre 0,68 e 0,83) demonstraram situação de conservação dos *habitats*, desempenho das atividades produtivas e medidas de controle de incêndios adequadas,

dentre os indicadores relacionados com a proteção da fauna.

O único estabelecimento com resultado abaixo da linha de base nessa dimensão apresentou deficiência quanto às áreas de preservação permanente (APP), com índice igual a 0,13 (dada efetiva conservação de apenas 60% das APPs no estabelecimento), implicando em um índice igual a 0,68 para o indicador Corredores de fauna, registrando-se 15 ha de *habitats* naturais, distribuídos em três fragmentos. Reconhecendo a relação entre a correção desses indicadores e a sustentabilidade do estabelecimento, o produtor concordou com a recomendação de recuperação de uma área adicional de 5 ha, suficientes para alcançar conformidade com a legislação ambiental, bem como promover a extensão de corredores de fauna, conforme apresentado na Figura 6.

Com a recomposição da APP e consequente extensão dos corredores de fauna, o desempenho ambiental na dimensão Ecologia da paisagem alcança um índice igual a 0,74 (de 0,68 anteriormente), restando apenas os indicadores de diversidade produtiva e da paisagem, como abaixo da linha de base (Fig. 7).

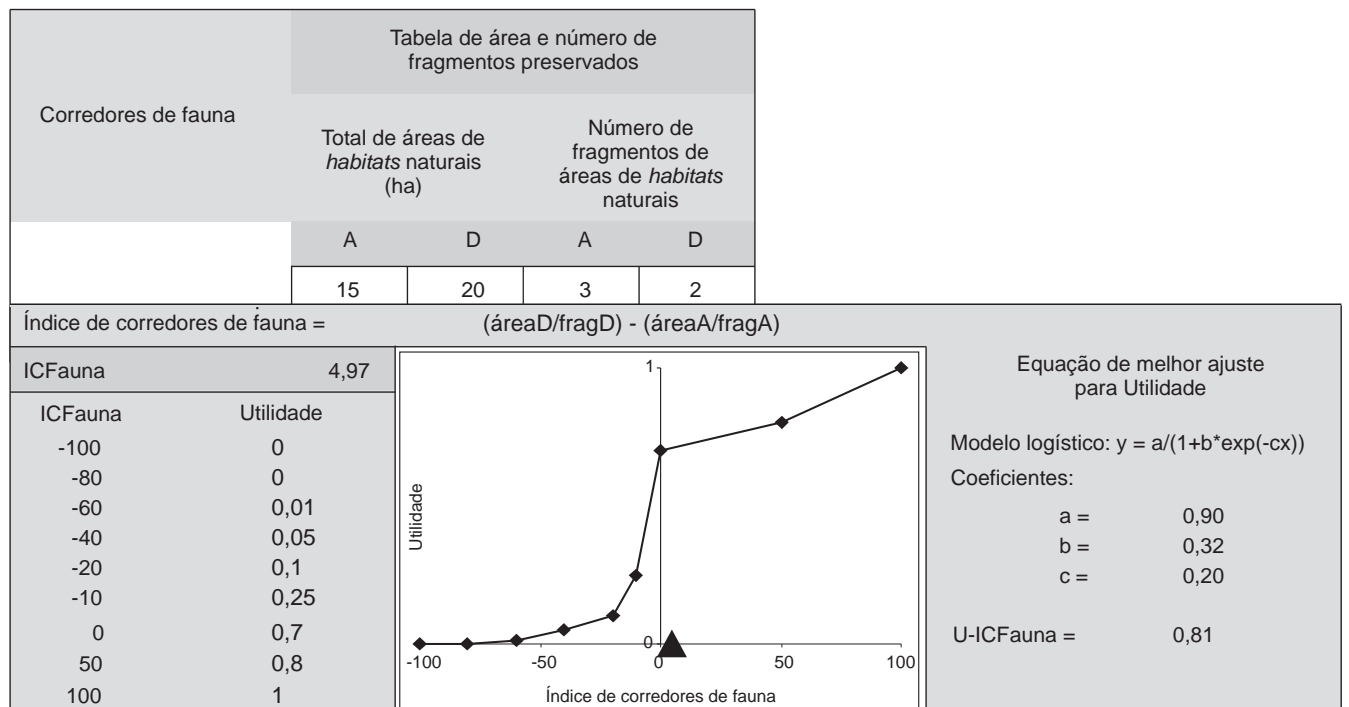
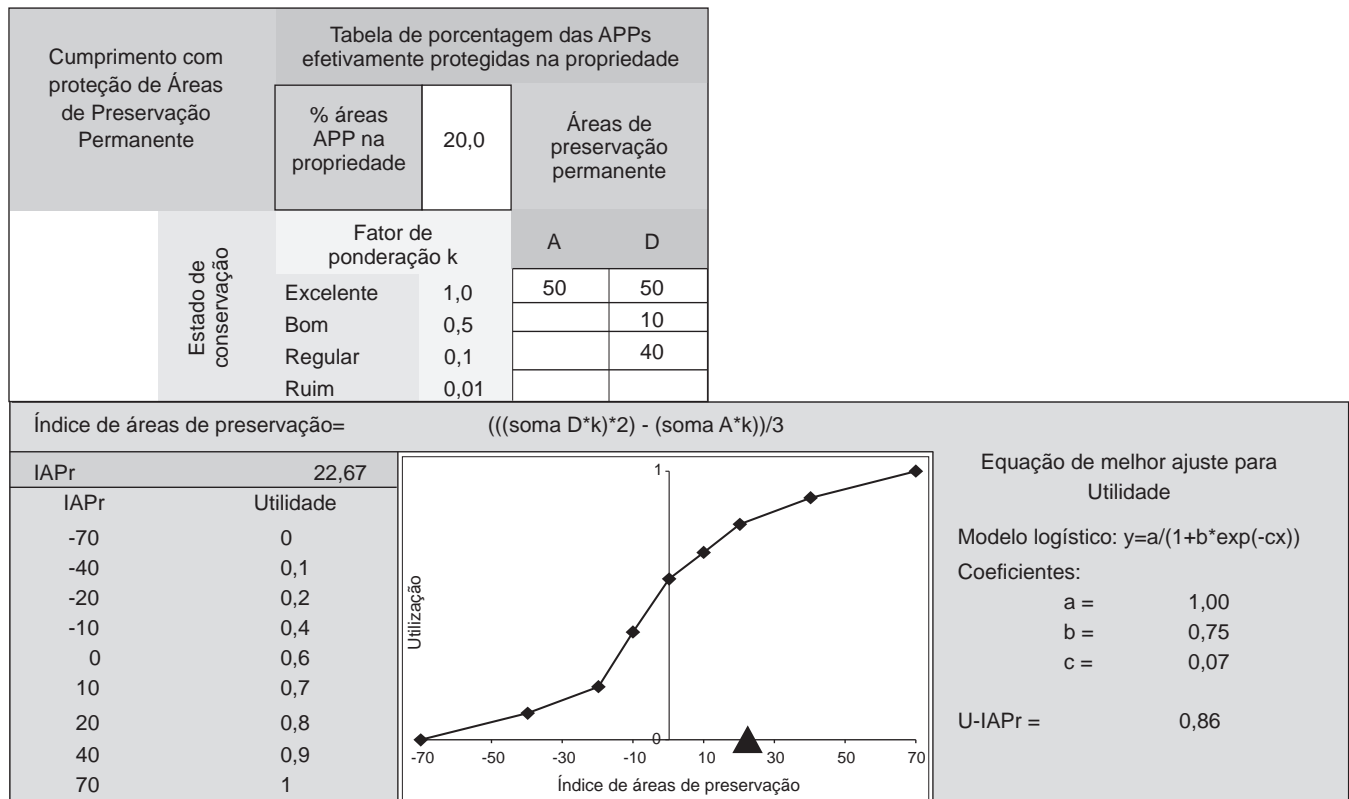


Figura 6 - Matrizes de ponderação dos indicadores proteção de APPs (incluindo recomendação de recuperação adicional de 40%) e Corredores de fauna (incluindo ampliação de 15 para 20 ha), reduzindo a fragmentação (de 3 para 2 fragmentos) e promovendo adequação dos índices de desempenho ambiental (de 0,13 e 0,68 anteriormente à recuperação ambiental, para 0,86 e 0,81)

NOTA: APP - Área de preservação permanente; A - Antes; D - Depois.



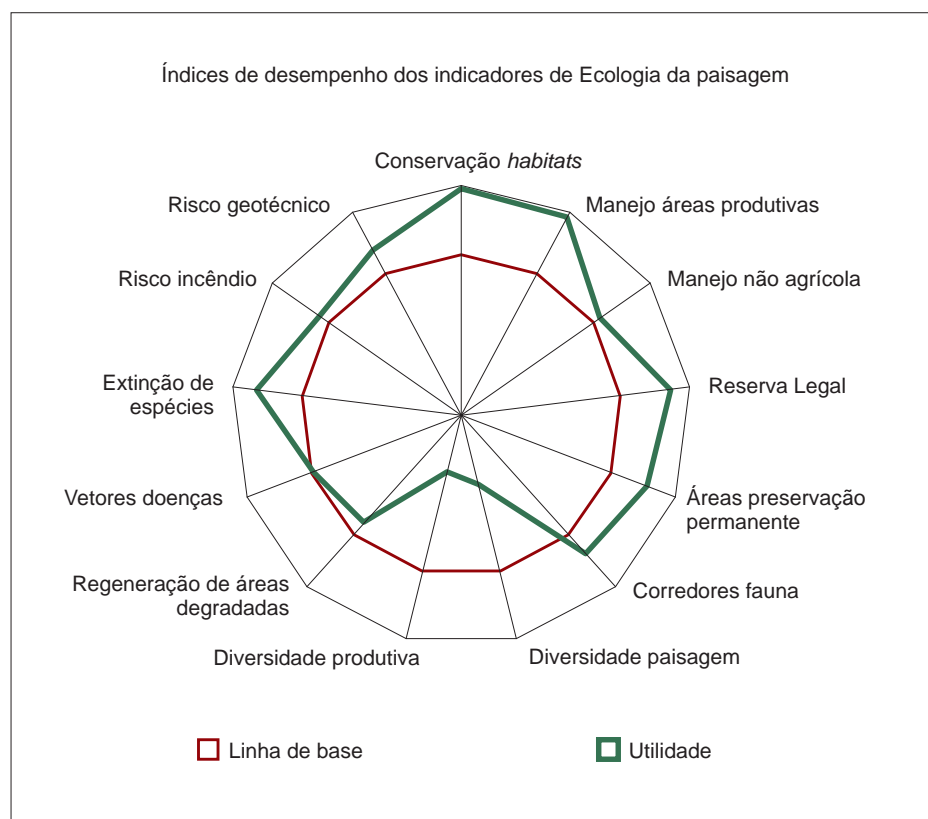


Figura 7 - Índices de desempenho ambiental dos indicadores da dimensão Ecologia da paisagem, após recomposição de APPs e consequente ampliação dos corredores de fauna em estabelecimento rural vizinho à EBC (MG)

NOTA: EBC - Estação Biológica de Caratinga.

Essa iniciativa, apoiada pelo Projeto de Proteção da Mata Atlântica de Minas Gerais (Promata-MG) permite conectar os dois principais remanescentes de Mata Atlântica da região (a própria EBC e uma reserva de 300 ha, ao sul) por meio de um corredor ecológico, o que representa um aumento de, aproximadamente, 30% na área potencial de ocupação e dispersão de várias espécies, entre estas o miquiqui-do-norte. Por meio da gestão ambiental participativa, foi proporcionada aos produtores participantes da pesquisa uma visão integrada dos seus estabelecimentos, da paisagem local, de alternativas de manejo e de oportunidades para o desenvolvimento local sustentável. Promoveram-se melhorias nas práticas agrícolas e nas tecnologias, bem como restauração de fragmentos de *habitats* naturais e implementação de corredores ecológicos favoráveis à conservação da biodiversidade local.

### Proyecto Producción Responsable (PPR) para desenvolvimento rural no Uruguai

Sob os auspícios do Banco Mundial e do Global Environmental Facility, o Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca del Uruguay iniciou o projeto Manejo Integrado de los Recursos Naturales y la Biodiversidad, conhecido como Proyecto Producción Responsable (PPR), direcionado à inovação tecnológica e à gestão ambiental do setor agropecuário do país. O sistema APOIA-NovoRural foi adaptado a esses propósitos, segundo as condições ambientais, produtivas e da legislação local, e validado para contextos representativos do espectro de estabelecimentos rurais endereçados no PPR: um pequeno estabelecimento hortícola e um médio estabelecimento de pecuária de corte (RODRIGUES; MOREIRA VIÑAS, 2007). O sistema adaptado com ampla participação

institucional tornou-se disponível como instrumento de planejamento e acompanhamento do PPR, juntamente com um Manual Técnico, sistema de coleta, tratamento de dados e expressão de resultados e formulários, para composição dos relatórios de gestão ambiental (URUGUAI, 2007).

Entre os resultados obtidos nos estudos de validação do sistema adaptado, contrastes observados nos indicadores de qualidade da água são demonstrativos da base quantitativa da metodologia, que oferece medidas analíticas precisas para variáveis significativas, enquanto favorecem sua interpretação como índices de impacto em valores de utilidade (Quadro 1).

De maneira similar, variáveis quantitativas objetivas são feitas disponíveis para os indicadores das demais dimensões, permitindo recomendações de reorganização da paisagem, controle da emissão de poluentes atmosféricos, correção do solo, adequação das condições de trabalho, melhorias nas atividades produtivas e sua diversificação, promoção das condições de comercialização, entre muitos outros aspectos que favorecem a gestão ambiental integrada dos estabelecimentos rurais.

Os exemplos apresentados e a experiência acumulada com os numerosos projetos já realizados atestam a maleabilidade do sistema APOIA-NovoRural, sua aplicabilidade para a gestão ambiental de estabelecimentos rurais e sua abrangência para o desenvolvimento sustentável em escala territorial.

### CONSIDERAÇÕES FINAIS

O APOIA-NovoRural é um método integrado, suficiente para avaliações de sustentabilidade na escala de estabelecimentos rurais. O sistema compreende os aspectos ecológicos, socioculturais e econômicos (incluindo gestão e administração) em uma medida quantitativa e objetiva das contribuições das atividades agrícolas para o desenvolvimento local sustentável. O método é de aplicação relativamente simples, desde que realizada por pessoal capacitado, facilita a ativa participação de produtores/administradores rurais e permite a coleta,

QUADRO 1 - Indicadores de qualidade da água do sistema APOIA-NovoRural, com resultados analíticos para os parâmetros ambientais correspondentes e valores de utilidade associados, em dois estabelecimentos com atividades rurais diversas, nos departamentos de Canelones e Maldonado, Uruguai, agosto de 2006

Indicadores e unidades de medida	Estabelecimento A			Estabelecimento B		
	Valor do parâmetro (antes)	Valor do parâmetro (depois)	Valor de utilidade	Valor do parâmetro (antes)	Valor do parâmetro (depois)	Valor de utilidade
Oxigênio dissolvido (mg/L)	8,5	2,1	0,40	5,7	5,7	0,79
Coliformes (número/100 mL)	1.560	2.760	0,57	0,0	0,0	1,00
DBO <sub>5</sub> (mg/L)	4,5	3,5	0,88	2,7	2,7	0,95
pH	8,7	8,9	0,99	6,4	6,4	0,99
Nitrato (mg/L)	< 2,5	< 2,5	1,00	< 2,5	< 2,5	1,00
Turbidez (unidades nefelométricas)	87	91	0,97	20	20	0,93
Clorofila a (µg/L)	22,2	27,5	0,82	4,5	4,5	1,00
Condutividade (µS/cm)	1,1	1,01	0,95	0,14	0,144	0,95
Poluição visual (porcentagem do tempo observado)	100% área sem poluição visual	100% área sem poluição visual	1,00	100% área sem poluição visual	100% área sem poluição visual	1,00
Pesticidas (porcentagem da área pulverizada)	100% aumento na frequência e variedade	100% diminuição na toxicidade	0,80	100% área sem pulverização	100% área sem pulverização	1,00
Coliformes água subterrânea (número / 100 mL)	2.100	2.100	0,61	0,0	0,0	1,00
Nitrato de água subterrânea (mg/L)	53	53	0,57	0,2	0,18	1,00
Condutividade água subterrânea (µS/cm)	1,11	1,11	0,95	55	55	0,87
Índice de qualidade da água			0,81			0,96

NOTA: APOIA-Novo Rural - Avaliação Ponderada de Impacto Ambiental de Atividades do Novo Rural; DBO<sub>5</sub> - Demanda bioquímica de oxigênio de cinco dias.

o armazenamento, a análise e a comunicação de informações relativas a impactos ambientais. A plataforma computacional é de fácil distribuição e utilização e fornece resultados em figuras de entendimento simples, passíveis de incorporação em formulários para composição de relatórios de gestão ambiental. Nestes, recomendações de melhores práticas de manejo e tecnologias para correção de indicadores negativos e promoção daqueles positivos, podem ser diretamente endereçadas aos produtores.

Os resultados relativos ao desempenho de atividades estudadas, segundo indicadores ambientais específicos, oferecem uma ferramenta de diagnóstico para produtores/administradores rurais, apontando a situação de conformidade com padrões ambientais em cada aspecto do impacto da atividade nas condições do estabele-

cimento. Adicionalmente, os indicadores mostram a variação relativa e a tendência espaço-temporal dos impactos, apontando linhas de ação para a gestão ambiental.

Os resultados combinados, segundo as dimensões integradas, proveem aos tomadores de decisão uma visão de conjunto dos efeitos, sejam positivos ou negativos, das atividades agrícolas sobre o desenvolvimento local, facilitando a seleção e a recomendação de políticas de incentivo ou medidas de controle na escala do território. Finalmente, o índice de sustentabilidade pode ser tomado como uma medida das contribuições das atividades rurais para o desenvolvimento das comunidades locais, segundo as demandas de produtores, administradores, tomadores de decisão e organizações rurais. Esta medida pode ser empregada para a ecocertificação de processos produtivos, de acordo com objetivos localmente definidos de integri-

dade ecológica, vitalidade econômica e equidade social para o desenvolvimento local sustentável.

## AGRADECIMENTO

Os resultados de estudos apresentados foram apoiados pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (Fapesp), pelo Programa de Apoio à Agricultura Familiar do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pelo Programa Cooperativo para el Desarrollo Tecnológico Agroalimentario y Agroindustrial del Cono Sur (Procisur) e pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa). Especial agradecimento é dedicado aos muitos pesquisadores colaboradores, aos produtores rurais e administradores participantes dos estudos de caso, que nos permitiram realizar as melhorias no método.

## REFERÊNCIAS

- BISSET, R. Introduction to methods for environmental impact assessment. In: PADC environmental impact assessment and planning unit: environmental impact assessment. **The Hague: Martinus Nijhoff**, 1983. p.131-147.
- \_\_\_\_\_. Methods for environmental impact assessment: a selective survey with case studies. In: BISWAS, A.K.; GEPING, Q. (Ed.). **Environmental impact assessment for developing countries**. London: Tycooly International, 1987. p.3-64.
- BOCKSTALLER, C.; GUICHARD, L.; MAKOWSKI, D.; AVELINE, A.; GIRARDIN, P.; PLANTUREUX, S. Agri-environmental indicators to assess cropping and farming systems: a review. **Agronomy for Sustainable Development**, v.28, n.1, p.139-149, Jan./Mar. 2008.
- BOULLENGER, G.; LE BELLEC, F.; GIRARDIN, P.; BOCKSTALLER, C. Adaptation d'I-Phy, indicateur environnemental d'effet de l'utilisation des produits phytosanitaires, à l'agrumiculture guadeloupéenne. **Phytoma**, v.617, p.22-25, 2008.
- BUSCHINELLI, C.C. de A.; CALEGARIO, FF.; BUENO, S.C.S.; LINO, J.S.; PASTRELLO, B.M.C.; RODRIGUES, G.S. Certificação participativa e gestão ambiental da produção integrada de morango. In: SEMINÁRIO BRASILEIRO DE PRODUÇÃO INTEGRADA DE FRUTAS, 9.; SEMINÁRIO SOBRE O SISTEMA AGROPECUÁRIO DE PRODUÇÃO INTEGRADA, 1., 2007, Bento Gonçalves. **Anais... Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho**, 2007. p.97-101.
- CAMPANHOLA, C.; RODRIGUES, G.S.; RODRIGUES, I.A. Gestão ambiental territorial. In: GEBLER, L.; PALHARES, J.C.P. (Ed.). **Gestão ambiental na agropecuária**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2007. p.13-31.
- ECKERT, H.; BREITSCHUH, G.; SAUERBECK, D. Criteria and standards for sustainable agriculture. **Journal of Plant Nutrition and Soil Sciences**, v.163, n.4, p.337-351, Aug. 2000.
- GIRARDIN, P.; BOCKSTALLER, C.; WERF, H. van der. Indicators: tools to evaluate the environmental impacts of farming systems. **Journal of Sustainable Agriculture**, v.13, n.4, p.5-21, 1999.
- HÄNI, F.; BRAGA, F.; STÄMPFLI, A.; KELLER, T.; FISCHER, M.; PORSCHE, H. RISE, a tool for holistic sustainability assessment at the farm level. **International Food and Agribusiness Management Review**, v.6, n.4, p.78-90, 2003.
- LÓPEZ-RIDAURA, S.; MASERA, O.; ASTIER, M. Evaluating the sustainability of complex socio-environmental systems: the MESMIS framework. **Ecological Indicators**, v.2, n.1/2, p.135-148, Nov. 2002.
- MONTEIRO, R.C.; RODRIGUES, G.S. A system of integrated indicators for socio-environmental assessment and eco-certification in agriculture – Ambitec-Agro. **Journal of Technology Management and Innovation**, v.1, n.3, p.47-59, 2006.
- OECD. **Environmental indicators for agriculture: concepts and framework**. Paris, 1999. v.1, 45p.
- PAYRAUDEAU, S.; WERF, H.M.G. van der. Environmental impact assessment for a farming region: a review of methods. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v.107, n.1, p.1-19, May 2005.
- RODRIGUES, G.S.; BUSCHINELLI, C.C. de A.; RODRIGUES, I.A.; MEDEIROS, C.B. A collaborative research initiative for the environmental management of struthioculture. **Brazilian Journal of Poultry Sciences**, v.9, n.4, p.221-228, 2007.
- \_\_\_\_\_; \_\_\_\_\_. SANTANA, D.P.; SILVA, A.G. da; PASTRELLO, B.M.C. Avaliação ambiental de práticas de manejo sítio específico aplicadas à produção de grãos na região de Rio Verde (GO). **Revista Brasileira de Agrociência**, v.14, n.3. No prelo.
- \_\_\_\_\_; CAMPANHOLA, C. Sistema integrado de avaliação de impacto ambiental aplicado a atividades do Novo Rural. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.38, n.4, p.445-451, abr. 2003.
- \_\_\_\_\_; \_\_\_\_\_. RODRIGUES, I.; FRIGHETTO, R.T.S.; VALARINI, P.; RAMOS FILHO, L.O. Gestão ambiental de atividades rurais: estudo de caso em agroturismo e agricultura orgânica. **Agricultura em São Paulo**, São Paulo, v.53, n.1, p.17-31, jan./jun. 2006a.
- \_\_\_\_\_; MOREIRA VIÑAS, A. An environmental impact assessment system for responsible rural production in Uruguay. **Journal of Technology Management and Innovation**, v.2, n.1, p.42-54, Mar. 2007.
- \_\_\_\_\_; RODRIGUES, I.A. Avaliação de impactos ambientais na agropecuária. In: GEBLER, L.; PALHARES, J.C.P. (Ed.). **Gestão ambiental na agropecuária**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2007. p.285-310.
- \_\_\_\_\_; \_\_\_\_\_. BUSCHINELLI, C.C. de A.; LIGO, M.A.; PIRES, A.M. Local productive arrangements for biodiesel production in Brazil – environmental assessment of smallholder's integrated oleaginous crops management. **Journal of Agriculture and Rural Development in the Tropics and Subtropics**, v.110, n.1, p.61-73, 2009.
- \_\_\_\_\_; \_\_\_\_\_. QUEIROZ, J.F. de.; FRIGHETTO, R.T.S.; ANTUNES, L.R.; NEVES, M.C.M.; FREITAS, G.L. de.; RODOVALHO, R. B. **Gestão ambiental territorial na área de proteção ambiental da Barra do Rio Mamanguape (PB)**. Jaguaruina: Embrapa Meio Ambiente, 2008. 90p. (Embrapa Meio Ambiente. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 50). Disponível em: <[http://www.cnpma.embrapa.br/public/public\\_pdf21.php3?tipo=bo&id=0](http://www.cnpma.embrapa.br/public/public_pdf21.php3?tipo=bo&id=0)>. Acesso em: 10 set. 2009.
- \_\_\_\_\_; \_\_\_\_\_. TUPY, O.; CAMARGO, A.C. de; NOVO, A.L.M.; BONADIO, L.F.; TOKUDA, F.S.; ANDRADE, E.F.; SHIOTA, C.M.; SILVA, R.A. da. Avaliação sócio-ambiental da integração tecnológica Embrapa Pecuária Sudeste para produção leiteira na agricultura familiar. **Agricultura em São Paulo**, São Paulo, v.53, n.2, p.35-48, jul./dez. 2006b.
- RONCHI, E.; FEDERICO, A.; MUSMECI, F. A system oriented integrated indicator for sustainable development in Italy. **Ecological Indicators**, v.2, n.1/2, p.197-210, Nov. 2002.
- SADOK, W.; ANGEVIN, F.; BERGEZ, J.E.; BOCKSTALLER, C.; COLOMB, B.; GUICHARD, L.; REAU, R.; DORÉ, T. Ex-ante assessment of the sustainability of alternative cropping systems: implications for using multi-criteria decision-aid methods: a review. **Agronomy for Sustainable Development**, v.28, n.1, p.163-174, Jan./Mar. 2008.
- URUGUAI. Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca. **Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental de Actividades Agropecuarias**. Montevideo, [2007]. Disponível em: <<http://www.cebra.com.uy/presponsable/seguimiento-y-evaluacion/eiar>>. Acesso em: 10 set. 2009.
- ZAHM, F.; VIAUX, P.; VILAIN, L.; GIRARDIN, P.; MOUCHET, C. Assessing farm sustainability with the IDEA method: from the concept of agriculture sustainability to case studies on farms. **Sustainable Development**, v.16, n.4, p.271-281, July/Aug. 2008.



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 ou  
epamig@epamigcaldas.gov.br

Núcleo Tecnológico EPAMIG Uva e Vinho  
Fazenda Experimental de Caldas  
Av. Santa Cruz, 500 • Caldas • MG • CEP: 37 780-000

Realização



Apoio



# Avaliação do desempenho ambiental no uso de recursos na agricultura

Luiz Renato D'Agostini<sup>1</sup>  
Sandro Luis Schlindwein<sup>2</sup>  
Alfredo Celso Fantini<sup>3</sup>  
Sergio Roberto Martins<sup>4</sup>

**Resumo** - A qualidade do uso de recursos na agricultura depende tanto do conhecimento objetivo e das condições do meio onde se dá a atividade, quanto do comportamento humano orientado por vontades subjetivas. Com base em relações bem compreendidas na termodinâmica, são apresentados uma abordagem e os procedimentos que possibilitam distinguir o desempenho ambiental humano no uso de terras, independentemente das diferenças de condições de meio disponíveis. Com esta abordagem, é o ser humano, em suas múltiplas relações que estabelece com o meio físico para atender aos seus mais variados interesses, que resulta avaliado e não mais o meio físico. A abordagem apresentada, traduzida em indicadores de qualidade do uso do meio, cria condições propícias ao desencadeamento de uma ação concertada no uso de recursos na agricultura, facilitando o estabelecimento de um sistema de aprendizagem na promoção de melhoria de uma situação.

**Palavras-chave:** Ambiente. Recurso natural. Aprendizagem social. Desempenho ambiental humano. Indicadores.

## INTRODUÇÃO

A agricultura pode ser entendida como um sistema de atividades humanas, no qual interesses muito distintos podem estar presentes. Por isso, a agricultura pode ser entendida também como um grande sistema de interesses. Resulta daí que essa atividade pode assumir muitos significados, e foi assim que também incorporou, a partir dos anos 70, do século 20, um forte significado ambiental. Como modalidade de relação ser humano-meio físico, a agricultura tem sido percebida como importante, se não a principal causa de degradação ambiental.

No Brasil, essa percepção tem-se acentuado com a forte expansão da fronteira agrícola sobre biomas como a Amazônia e o Cerrado.

Com a incorporação do significado ambiental à agricultura, surgiram os programas de monitoramento ambiental (como aqueles comumente implementados em microbacias hidrográficas), cuja principal característica é acompanhar a dinâmica temporal de variáveis do meio físico. Nesses programas, mede-se, por exemplo, a variação de determinados parâmetros de solo e de água, assumindo-se que as variáveis que estão sendo monitoradas revelam

o cuidado com que é usado determinado meio físico. Todavia, não se poderia esperar que as variáveis que estão sendo monitoradas possam, por si só, revelar a melhor maneira de usar diferentes partes do meio, mesmo quando as informações obtidas no monitoramento sejam reunidas na forma de indicadores, usados como instrumentos de apoio na tomada de decisão.

Ainda que uma abordagem fundada essencialmente no monitoramento possibilite avaliar se uma determinada condição do meio físico está melhorando ou piorando em função de uma dada destinação de uso,

<sup>1</sup>Eng<sup>a</sup> Agr<sup>a</sup>, Dr., Prof. Associado UFSC - NUMAVAM - Dep<sup>to</sup> Engenharia Rural, Caixa Postal 476, CEP 88040-900 Florianópolis-SC. Correio eletrônico: dagostin@mbox1.ufsc.br

<sup>2</sup>Eng<sup>a</sup> Agr<sup>a</sup>, Dr., Prof. Associado UFSC - NUMAVAM - Dep<sup>to</sup> Engenharia Rural, Caixa Postal 476, CEP 88040-900 Florianópolis-SC. Correio eletrônico: ssschlind@mbox1.ufsc.br

<sup>3</sup>Eng<sup>a</sup> Agr<sup>a</sup>, Ph.D., Prof. Associado UFSC - NUMAVAM - Dep<sup>to</sup> Fitotecnia, Caixa Postal 476, CEP 88040-900 Florianópolis-SC. Correio eletrônico: afantini@cca.ufsc.br

<sup>4</sup>Eng<sup>a</sup> Agr<sup>a</sup>, Dr., Prof. Voluntário UFSC - NUMAVAM - Dep<sup>to</sup> Engenharia Sanitária e Ambiental, Caixa Postal 476, CEP 88040-900 Florianópolis-SC. Correio eletrônico: sergio@ens.ufsc.br

essa pode apontar pouco ou nada sobre a qualidade da relação estabelecida entre seres humanos e esse meio. Ocorre que determinadas variáveis podem assumir valores contidos em intervalo considerado bom, porém à custa da mobilização de uma quantidade muito grande de recursos do meio. Por exemplo, quanto maior for a quantidade de água disponível e utilizada para um determinado fim, mais fácil será evitar sua degradação intensa.

É preciso considerar ainda que, em um grande sistema de interesses como a agricultura, é necessário fazer com que todos aqueles direta ou indiretamente nele envolvidos percebam e compreendam melhor seu papel em relação ao uso dos recursos disponíveis. Somente assim será possível promover ações concertadas entre todos os interessados no manejo de recursos do mundo natural. Em outras palavras, mais do que maneiras para se dispor de um sistema de informações importantes sobre a condição atual do meio físico, como é um programa de monitoramento convencional, é preciso desenvolver um sistema de relações que promova aprendizagem social para a melhoria no uso de recursos na agricultura.

Assim, este artigo tem por objetivo apresentar aspectos centrais de uma abordagem e maneiras de avaliar a qualidade do uso de terras para satisfazer necessidades humanas. Esta abordagem não prescinde do monitoramento de variáveis de comportamento do meio físico, mas se distingue de outras por não se restringir ao levantamento de informações desse comportamento. Mais importante do que o comportamento de variáveis, é distinguir o comportamento e o desempenho humano em afetá-las de maneira desejável.

## DEFINIÇÕES, CONCEITOS E PREMISSAS

Ter bom ou mau desempenho ambiental no uso de recursos importantes como solo e água pode ser, e quase sempre é, menos questão de conhecimento do que

de comportamento. Este entendimento inspira a abordagem adotada pelo Núcleo de Estudos em Monitoramento e Avaliação Ambiental (Numavam), da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), para se tratar de questões ambientais.

Um aspecto central da abordagem é o entendimento de que bom ou mau ambiente é produto de avaliação, manifestação de estado consciente, ou seja, reflete satisfação ou insatisfação que emerge a partir de significados atribuídos a relações vividas por seres conscientes. O significado de ambiente não é, e não se reduz, portanto, àquele de lugar, de meio físico e seus constituintes. Recursos como solos, energia, água, vegetais, rochas, luz e mesmo o conhecimento podem estar potencialmente disponíveis para a promoção de relações (ambientais), que satisfazem ou não. Tal entendimento tem em Santos (1979) um de seus precursores com a noção do espaço que em si mesmo é social, ou seja, a sociedade forja sua história num determinado espaço. Assim, no dizer de Abreu (2006), inaugura-se a partir desse olhar a categoria de formação socioespacial, e esta concepção é que vai nortear, no País, diferentes feições da chamada questão ambiental.

### Fundamentos da abordagem

Para Albert Einstein, o mais sólido fundamento de ciência é o Segundo Princípio da Termodinâmica, que enuncia a Lei da Entropia. De acordo com essa lei, a entropia no universo é crescente. Para a abordagem que se apresenta aqui não é necessário discutir o significado de entropia, mas saber que essa lei tem uma implicação especialmente útil: não há como obter determinado resultado (por exemplo, a quantidade de algum produto), sem que a quantidade de potencial mobilizado para produzi-lo seja maior do que a quantidade de resultado obtido. Mais sinteticamente, isso pode ser representado pela Equação 1:

$$\text{resultado } R = \text{potencial } P \text{ mobilizado} - \text{dissipação } \eta$$

O termo dissipação  $\eta$  na Equação 1 é a fração do potencial mobilizado que não pode ser convertida em determinado tipo de resultado. Pode-se dizer que a dissipação é um imposto que a natureza cobra em qualquer processo real de transformação. É por isso que parte da energia química no combustível utilizado para mover o automóvel se dissipa na forma de calor, em vez de se transformar em movimento do veículo. Da mesma forma, parte da energia transmitida por um carpinteiro para um martelo se dissipa em ruídos e calor. Diz-se, assim, que é impossível converter integralmente energia em trabalho útil. Representado mais sinteticamente pela Equação 2:

$$\text{trabalho } W = \text{energia } E - \text{dissipação } \eta$$

O imposto correspondente à dissipação  $\eta$  tem peculiaridades. Entre outras, aquela de não ser cobrado com alíquota fixa para determinado tipo de transformação. Ou seja, para obter determinado produto, a taxa de dissipação pode ser diferente, dependendo da maneira como o produto é produzido. Outra interessante peculiaridade desse imposto é a de não necessariamente ser cobrado mais daqueles que transformam mais recursos (que mobilizam mais potencial), e ainda menos necessariamente ser cobrado mais daqueles que mais usufruem e se satisfazem com a transformação, com os produtos que são gerados. Enfim, parte do imposto da conversão de querosene de aviação é a poluição que o avião causa na atmosfera e que não será cobrada mais daqueles que viajam mais. Nota-se, assim, que em seu fluir a natureza não tem qualquer compromisso com fazer justiça, que é essencialmente construção de seres conscientes.



Mesmo que sempre exija dissipação parcial do potencial mobilizado, a natureza não fixa qual é o mínimo dessa dissipação. Ou seja, o imposto sempre será maior do que zero, mas nada impede que este imposto seja minimizado, que seja dissipado menos daquilo que é mobilizado. Dissipando menos, reduz-se menos o potencial de possibilidades de transformar, aumentando, assim, a chance de outros também poderem mobilizá-lo com a mesma intenção. Por exemplo, na agricultura, quanto maior for a eficiência no uso do adubo mineral, por mais tempo poder-se-á continuar adubando.

Se por um lado a natureza não permite a transformação total de um potencial em produto desejado, por outro permite que o imposto de transformação seja equivalente à totalidade do potencial mobilizado, ou seja, que 100% do potencial seja dissipado. Enfim, toda a energia de uma dada quantidade de combustível pode ser dissipada sem que o automóvel mude de lugar. Assim como todas as marteladas do carpinteiro podem ser mal endereçadas, todas desperdiçadas, e nenhum prego resulte pregado. Significa que a natureza permite efetividade máxima em relação à intenção de dissipar potencial de transformação, mas não em relação à intenção de sua completa conversão em produto útil. É isto que está implicado na Lei da Entropia.

Finalmente, e ainda sobre suas peculiaridades, o imposto de transformação tanto é cobrado na promoção de processos de obtenção de produtos desejados, quanto na sustentação de processos cujos resultados são indesejados. Assim como ocorre dissipação na conversão de energia em trabalho, a quantidade de trabalho de erosão, um resultado indesejado, sempre será menor do que a quantidade de energia erosiva envolvida em sua produção.

### **Transformação, significado e comportamento humano**

Do que foi citado anteriormente, o desempenho ambiental no uso de recursos diz respeito à qualidade da mobilização

de potencial para promover o ambiente desejado. Ter bom desempenho ambiental é, portanto, mobilizar recursos para produzir ambiente que satisfaz, reduzindo apenas minimamente as possibilidades de outros também mobilizarem recursos com a mesma intenção. Por outro lado, em face do que é dado nas Equações 1 e 2, pretender mobilizar e transformar recursos sem reduzir nada das possibilidades futuras seria ingenuidade pura ou puro desconhecimento do operar da natureza.

É importante notar que quase todos os seres humanos saberiam, ainda que intuitivamente, como proceder para ter desempenho ambiental melhor do que aquele que logram ter em determinada atividade. No encaminhamento de questões ambientais, a vontade que orienta o comportamento humano pode ser mais determinante do que o conhecimento. Isso pode ser notado, por exemplo, em médicos que, mesmo sabendo de todos os problemas associados ao hábito de fumar, não deixam de ser fumantes. Significa que é mais necessário saber como predispor seres humanos conscientes a fazer mais daquilo que já sabem fazer, do que saber mais e apontar o quê e como deveria ser feito.

Avaliar desempenho ambiental é, portanto, verificar quem se dispõe mais a fazer aquilo que todos pensam ser necessário fazer para coletivamente se dispor de recursos para promover ambiente bom. Promover condições para um melhor desempenho ambiental, por sua vez, é possibilitar a mais e mais seres humanos movidos pela vontade aprenderem que, dada a finitude da disponibilidade de recursos em nosso planeta, as opções para a espécie humana situam-se entre viver consumindo muito por menos tempo ou existir por mais tempo consumindo menos. Uma alternativa dentro desse intervalo é bem poucos seres humanos viverem sempre consumindo muito e a maioria viver consumindo muito pouco. Somente poderiam existir outras opções caso fosse possível contradizer Einstein e revogar o Segundo Princípio da Termodinâmica.

À luz deste entendimento, a própria avaliação de desempenho ambiental precisa ser entendida mais como instrumento para se construir humanidade, do que como produto de ciência para apontar a necessidade de cuidado no uso de recursos do meio físico. Equivale a dizer que a avaliação do desempenho ambiental certamente precisa levar em conta as características objetivas e os estados dos recursos mobilizados em um processo produtivo, como é possível saber a partir de monitoramento, mas deve ser uma referência objetiva à qualidade de sua utilização.

Por tudo isso, construções conceituais e metodológicas para avaliação do desempenho ambiental precisam ser tanto quanto possível tecnicamente corretas e humanamente justas. Para isso, é fundamental ao mesmo tempo valorizar procedimentos técnicos, levar em conta o contexto em que se dá sua verificação, o sentimento de liberdade e o sentimento de constrangimento, tomado como complementar àquele de liberdade, que seres humanos podem ter no uso de recursos.

O conhecimento específico, como aquele empregado para medir determinadas variáveis, é necessário para a obtenção de informações objetivas sobre os recursos que estão sendo utilizados e para garantir precisão à avaliação do desempenho ambiental. Distinguir o desempenho, levando em conta as condições disponíveis, considerando o contexto em que se dá o desempenho, é condição para a existência de justiça na avaliação. A liberdade, por sua vez, é condição para o efetivo engajamento de seres humanos em atitudes e condutas que podem depender menos do objetivo saber do que da vontade, como na conservação do meio físico. E o constrangimento deve ser entendido como sentimento complementar à liberdade. Supõe-se que diante da medida objetiva, que aponte estar sendo feito bem menos daquilo que é viável e pode ser livremente feito em favor da comunidade, o ser humano, muito subjetivo e muito

consciente, objetivamente se move, age. É este o efeito da nota do desempenho escolar sobre o comportamento do estudante livre para estudar ou não. Somente estudando, e assim satisfazendo a expectativa implícita no esforço coletivo em educar, é que o estudante será positivamente distinguido entre seus semelhantes. E resultar distinguido, levemente diferente e para melhor, é o que mais move e revela semelhantes os seres vivos mais conscientes.

### Elementos de sistematização da abordagem

A qualidade da intervenção humana em processos de transformações, como aqueles no processo produtivo agrícola, tem implicações importantes sobre a dinâmica de disponibilidade de recursos em dada extensão do meio, como em uma microbacia hidrográfica (Fig. 1).

É fácil concordar que a quantidade de resultados carga de sedimentos e flutuação de vazão apontados na Figura 1 é afetada pela qualidade dos procedimentos (manejo) envolvidos em dispor de recursos presentes no meio (bacia hidrográfica). A quantidade de sedimentos que deixam uma bacia hidrográfica, por exemplo, assim como os níveis de flutuação de vazão, decorrem, em grande parte, da qualidade de uso da terra. Ou seja, os níveis das flutuações de vazão podem ser afetados pela capacidade do ser humano em promover

condições que dissipam a energia capaz de produzir erosão e flutuação de vazão (nesse caso, resultados indesejados).

As relações ilustradas na Figura 1, assim como a Equação 2, são casos particulares da Equação 1. Dado que tanto o resultado R quanto a dissipação  $\eta$  são frações do potencial P mobilizado na realização do resultado R, tem-se a Equação 3:

$$\frac{R}{P} = \frac{P}{P} - \frac{\eta}{P} \quad \text{ou} \quad \frac{R}{P} = 1 - \frac{\eta}{P}$$

em que os termos à direita do sinal de igualdade definem, evidentemente, uma fração: a fração do potencial que se transforma em determinado resultado.

Do que está implicado na Equação 1, a fração do potencial que será transformado em determinado resultado será, por um lado, necessariamente menor do que a unidade e, por outro, tão maior do que zero quanto maior for a efetividade de transformação de potencial em determinado resultado. Significa que a flutuação de vazão em uma microbacia hidrográfica nunca será do tamanho do potencial em produzi-la, e será tão mais elevada quanto piores forem as condições resultantes do manejo das terras.

É a partir da natureza desse intervalo numérico (0, 1), fechado à esquerda e aberto à direita, que se pode associar e distin-

guir desempenho ambiental na qualidade de um modo de agir. É exatamente porque não é possível ter desempenho unitário, máximo, que sempre será possível desempenhar ainda melhor e assim distinguir quem faz mais aquilo que todos concordam que deve ser feito (por exemplo, distinguir quem maneja melhor as terras em uma microbacia hidrográfica). Enfim, a natureza não permite dissipação igual a zero, mas em nada impede o esforço no aprendizado para minimizá-la.

Implica dizer que a avaliação do desempenho ambiental no controle da erosão em uma microbacia hidrográfica não pode ser reduzida à medição da quantidade de sedimentos produzidos por área em determinado período (t/ha/ano). É a relação entre aquela quantidade e o potencial existente para produzi-lo que traduz o desempenho humano em controlar o indesejado processo erosivo. Ou seja, mesmo pouca erosão pode representar um mau desempenho ambiental, quando as condições de controle são favoráveis.

### APONTANDO UMA APLICAÇÃO

Já foi apontado que a abordagem aqui apresentada pode ser aplicada, por exemplo, para avaliar o desempenho ambiental de seres humanos no manejo de recursos no âmbito de microbacias hidrográficas. Um exemplo mais específico dessa aplicação é a avaliação da regularização da hidrologia de superfície que pode ser promovida pelas condições decorrentes do manejo e suas implicações importantes sobre a disponibilidade de água no âmbito de microbacias hidrográficas.

O nível de disponibilidade de água, assim como de disponibilidade de qualquer outro recurso, é função de três variáveis: quantidade, qualidade e regularidade na quantidade e na qualidade. Ações antrópicas podem afetar de muitas maneiras essas três variáveis. Por exemplo, as condições de meio promovidas no uso da terra podem afetar positivamente ou negativamente a regularidade da hidrologia de superfície no âmbito de pequenas bacias hidrográficas.

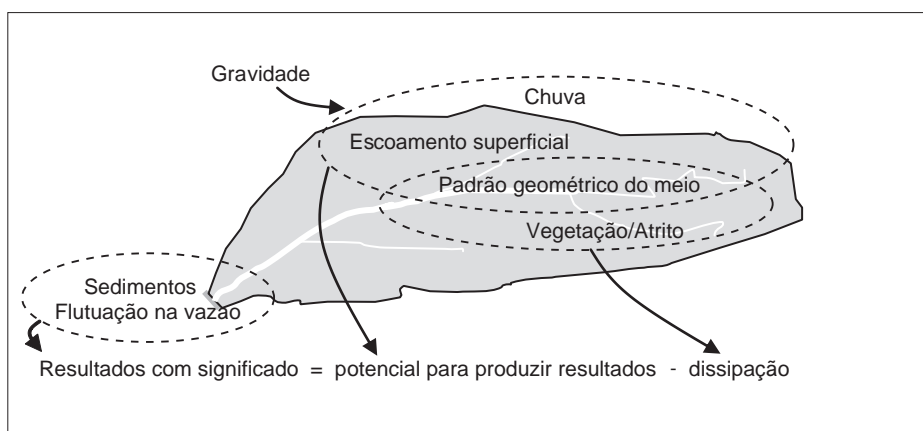


Figura 1- Resultados com significado ambiental, potencial para produzi-los e fatores que afetam a efetividade deste potencial, no âmbito de bacias hidrográficas

Flutuações de vazão na foz de uma microbacia hidrográfica (Fig. 2), que caracteriza um regime de vazão, são resultados que têm significado ambiental. O regime de chuvas e as características da bacia determinam o potencial de produção de flutuação de vazão. Já o atrito entre a água e as superfícies de partes do meio, como a vegetação, além de suas características permanentes, tem efeito de sustentação da vazão, mas que também representa dissipação do potencial de sua produção. Significa que parte da amplitude e da duração da flutuação de vazão (Fig. 2) decorre da qualidade de condições que seres humanos mantêm no meio físico em função de seus interesses, como no caso da produção agrícola. O ser humano não é responsável pelo regime de chuvas e nem pelas características permanentes do meio físico, mas deve ser responsabilizado pelas condições de superfície que promove e mantém (por meio do manejo que dá às terras que usa em determinado processo produtivo).

Tomando essas relações ilustradas na Figura 2 e aplicando-as na Equação 3 temos a Equação 4:

$$\frac{\text{Flutuação na vazão}}{\text{Potencial de flutuação}} = \frac{\text{Potencial de flutuação}}{\text{Potencial de flutuação}} - \frac{\text{Regularização}}{\text{Potencial de flutuação}}$$

ou

$$\frac{\text{Flutuação na vazão}}{\text{Potencial de flutuação}} = 1 - \frac{\text{Regularização}}{\text{Potencial de flutuação}}$$

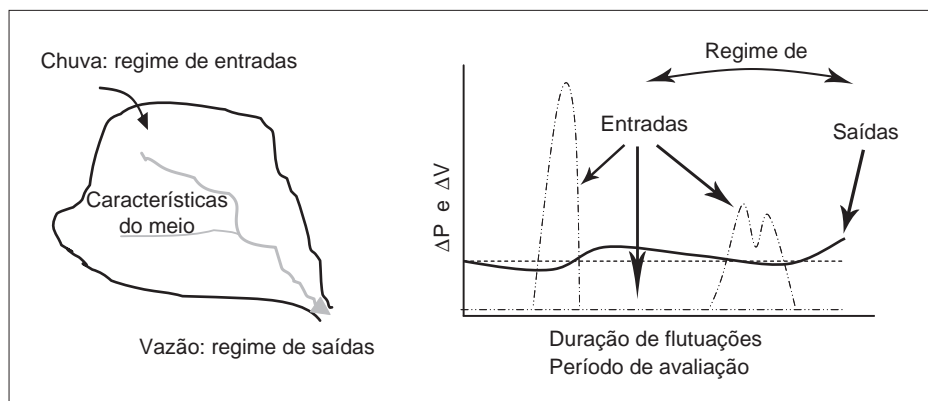


Figura 2 - Regime da hidrologia de superfície

NOTA: Flutuações  $\Delta V$  da vazão, diante do potencial em promovê-las e definido pelas flutuações  $\Delta P$  no regime de chuvas e pelas características do meio.

O termo à direita do sinal de igualdade (potencial de produção de flutuação de vazão menos a fração desse potencial que foi dissipado) define um coeficiente de irregularidade ( $I_r$ ) do resultado-vazão (Equação 5):

$$\frac{\text{Flutuação } \Delta V \text{ verificada}}{\text{Potencial para produzir flutuação}} = I_r$$

em que,  $I_r$  é o coeficiente de conversão do potencial de produção de flutuação em resultado flutuação de vazão verificado.

Dado que a irregularidade da vazão é um coeficiente, ou seja, uma fração, o grau de regularidade também é uma fração, obtida da seguinte diferença (Equação 6):

$$\text{Grau de regularidade} = 1 - I_r$$

Já foi apontado e é fácil de ser compreendido que o grau de regularidade de vazão deve-se, em parte, às características perma-

nentes do meio (tipo de solo, relevo, área e forma da bacia). Por isso, em um indicador de desempenho ambiental, o que importa apontar é a regularidade de fluxos associada a efeitos de ações humanas. Ou seja, importa apontar em quanto o ser humano afeta esses fluxos para melhor ou para pior. É preciso, então, vincular à irregularidade que se verifica um termo  $k$  que distinga esses efeitos. Assim (Equação 7):

$$\text{Indicador de Regularidade da Hidrologia de Superfície (IRHIS)} = 1 - I_r \cdot k$$

onde  $k$  precisa ser derivado a partir de características do meio físico que não podem ser atribuídas à qualidade da ação humana.

Na Figura 3, são apontados sinteticamente os termos do Indicador de Regularização da Hidrologia de Superfície (IRHIS) e cuja sistematização é orientada pela abordagem apresentada em D'Agostini e Cunha (2007). O IRHIS é um indicador de desempenho ambiental.

O IRHIS pode assumir valores contidos no intervalo (m, 1). Valor de IRHIS igual a  $m$  corresponderia à máxima flutuação possível na vazão. Valores do IRHIS muito próximos àquele de  $m$  significam flutuação de vazão igual àquela que ocorreria, quando do manejo resultasse uma condição de superfície perfeitamente lisa. Corresponderia então a pior condição imaginável de manejo em relação a promover regularização da hidrologia, o que representaria o pior desempenho ambiental. Valores de IRHIS que se afastam daquele de  $m$  e se aproximam da unidade, sem nunca poder alcançá-la, refletem melhoria do manejo.

A abordagem que orienta a sistematização do IRHIS pressupõe a existência de conhecimento suficiente sobre como usar melhor o meio físico e, assim, regularizar fluxos de hidrologia de superfície. Todavia, a abordagem também reconhece que a qualidade do uso do meio, que assim pode ser mais ou menos degradadora, é mais determinada por interesses humanos



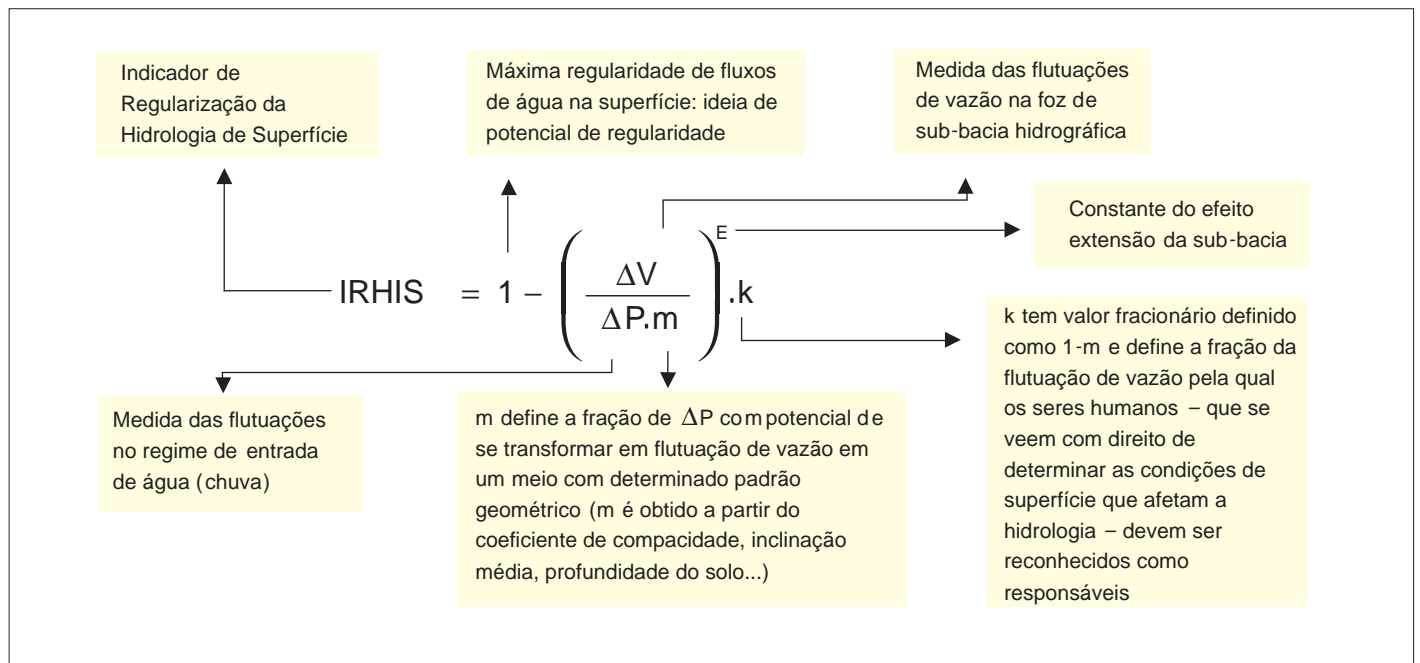


Figura 3 - Termos do Indicador de Regularização da Hidrologia de Superfície (IRHIS)

NOTA: Medida do desempenho ambiental em ações que afetam disponibilidade de água.

diferentes e legítimos e menos pelo conhecimento objetivo que saberia evitar a degradação.

Usar recursos degradando menos quase sempre implica mais dificuldades em atender ao interesse financeiro ou de comodidade, mesmo que seja fácil apontar o que poderia melhorar o uso. É o caso do uso das terras e suas implicações sobre a hidrologia de superfície. Por isso, usar os recursos degradando menos é possibilidade no exercício pleno do significado de liberdade. Assim como usar mal os recursos, dispondo de conhecimento e do mesmo nível de liberdade para não fazê-lo deve ser razão para permitir a expressão de constrangimento.

A partir do conhecimento técnico que possibilita monitorar o comportamento do meio físico, técnicos podem suprir gestores com indicadores que distinguem desempenho ambiental.

### DA ADOÇÃO DE INDICADORES À PROMOÇÃO DE APRENDIZAGEM NA GESTÃO DE RECURSOS

A gestão de recursos naturais, seja na agricultura ou em outras atividades hu-

manas, caracteriza-se como uma prática em que é preciso levar em consideração a presença de muitos interesses distintos e alta interconexão entre os envolvidos, fazendo com que se estabeleça uma situação de complexidade, onde prevalecem incertezas e conflitos. A gestão de recursos ambientais diz respeito, portanto, à melhoria de situações-problema complexas, o que exige a adoção de abordagens não convencionais para apontar e desenvolver procedimentos que permitam promover a melhoria necessária.

Como um instrumento importante de tomada de decisão na gestão de recursos ambientais, muito esforço tem sido dirigido ao desenvolvimento de indicadores, que normalmente pretendem informar de maneira concisa sobre o estado, ou sobre a condição de um sistema de interesse (uma microbacia hidrográfica ou um agroecossistema, por exemplo). Indicadores são tomados, assim, como instrumentos de tomada de decisão para melhorar o uso do meio físico e de seus recursos. É preciso considerar, porém, que as questões ambientais sempre envolvem seres humanos e que, por isso, os indicadores deveriam fazer com que os interessados em uma situação

não só compreendessem e percebessem melhor seu papel no complexo manejo dos recursos do mundo natural, mas que também desencadeasse neles ação com propósito.

Contudo, perceber que em sistemas de interesse operam processos complexos de uso de seus recursos, levados a cabo para atender diversos interesses, muitos dos quais conflitantes, deveria constituir entendimento central e a partir do qual indicadores de monitoramento seriam desenvolvidos, usados e seu significado apreciado. Decorreriam deste entendimento duas implicações importantes e complementares à gestão ambiental:

- indicadores deveriam avaliar o comportamento humano no uso do meio, não o meio em si mesmo;
- indicadores deveriam ser capazes de promover um processo de aprendizagem social, por meio do qual o seu significado seria emergente, sendo recursivamente produto e insumo em um processo de gestão coletivamente construído.

Como já mencionado anteriormente, os indicadores desenvolvidos pelo Numavam

visam, por isso, avaliar o desempenho ambiental (humano) na mobilização de um potencial. Com esta abordagem, é o ser humano, em suas múltiplas relações que estabelece com o meio físico para atender aos seus mais variados interesses, que resulta avaliado, e não mais o meio físico. Além do indicador IRHIS, no Numavam foram desenvolvidos também um indicador da qualidade do uso da água (IQUA), um indicador da efetividade do tratamento de água (IETA), um indicador da eficiência no controle do processo erosivo ( $\beta$  - Erosivo) e um indicador da qualidade da relação de uso e manejo de terras (IQRM). Esses indicadores foram aplicados em diferentes situações-problema do mundo real, no âmbito de investigações conduzidas em dissertações de mestrado, como em Salazar (2000), Uller-Gómez (2001), Bertuol (2002), Diz (2002), Klostermann (2003), Souza (2005), Salin Neto (2006), Exterckoter (2006) e Cunha (2007).

Na medida em que esses indicadores avaliam o desempenho ambiental de seres humanos, é o ser humano que se percebe avaliado, o que pode desencadear uma mudança no modelo mental que se situa na origem do comportamento que determina condutas, que se materializa na modalidade da relação que é por este estabelecida com o meio físico, na maneira como os recursos são utilizados. Além disso, a adoção desses indicadores faz com que os seres humanos em uma determinada situação comparem entre si o desempenho ambiental alcançado, podendo desencadear uma ação concertada no manejo de recursos ambientais. Essa ação concertada permite, portanto, a emergência de um processo de aprendizagem social em uma situação-problema complexa de tomada de decisão na gestão de recursos naturais (PAHL-WOSTL, 2002), caracterizado como um processo dinâmico e descentralizado de formulação do problema e monitoramento, de negociação, de resolução de conflitos e de acordo. Nesse sentido, e como mencionado em Social... (2004), aprendizagem social é uma propriedade emergente do processo de

transformação de uma situação, em que os interessados se engajam por meio de novas formas de pensar e agir.

É por tudo isso que a adoção de indicadores de avaliação do desempenho ambiental favorece a criação de circunstâncias à participação dos interessados, dos envolvidos em uma situação-problema de gestão de recursos ambientais. Ou seja, a adoção de indicadores de desempenho ambiental pode produzir um sistema de aprendizagem, afetando a capacidade dos envolvidos de aprender e responder à situação, de agir para a sua melhoria.

### CONSIDERAÇÕES FINAIS

Como aponta Daniels (2007), o manejo dos recursos do mundo natural requer um paradigma de aprendizagem, adotando uma abordagem que favoreça a participação dos interessados na situação, de modo que passem a agir de maneira coletiva. Portanto, no uso de recursos na agricultura ou quaisquer outros sistemas de atividade humana, indicadores de desempenho ambiental têm que ser incorporados em instrumentos de políticas não-coercitivas, capazes de promover ação concertada dos interessados no manejo de recursos. Se aprendizagem deve implicar mudança, como já apontou Bateson (1972), então por meio de indicadores de desempenho ambiental pode-se desencadear aprendizagem social, favorecendo a transformação (a mudança) de situações-problema, em que a gestão de recursos assume significado (Fig. 4).

Como lembraram Keen et al. (2005), a aprendizagem é a base da busca de uma mudança social de três agendas: valores e ética de aprendizagem, parcerias para aprendizagem e plataformas de aprendizagem. Os indicadores de avaliação do

desempenho ambiental de seres humanos no uso de recursos têm relação direta com todas essas agendas. Em primeiro lugar, na medida em que interessados se vejam avaliados e que possam comparar o resultado dessa avaliação com os resultados da coletividade, os indicadores promovem, de um lado, a satisfação do reconhecimento por bom desempenho e, de outro, o constrangimento que pode evitar mau desempenho, ambos favoráveis ao melhor uso de recursos. As parcerias para a aprendizagem resultam da ação concertada no uso dos recursos, pelo engajamento de todos os interessados no processo. Finalmente, os indicadores aqui mencionados são ferramentas para uso em plataformas de aprendizagem, que são essenciais para dinamizar o ciclo de aprendizagem, uma sequência contínua de planejamento, ação, reflexão e novo planejamento. Indicadores que avaliam seres humanos podem ser muito efetivos nessa tarefa, pois, além de apontarem a evolução de variáveis ambientais de interesse monitoradas, apontam os responsáveis interessados por essa evolução.

### REFERÊNCIAS

- ABREU, M.S. **Quando a palavra sustenta a farsa**. Florianópolis: UFSC, 2006. 177p.
- BATESON, G. **Steps to an ecology of mind**. Chicago: University of Chicago, 1972. 533p.
- BERTUOL, O. **A quantificação da qualidade do uso da água: elementos para promoção de bom desempenho ambiental**. 2002. 135f. Dissertação (Mestrado em Agroecossistemas) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.
- CUNHA, A.P.P. **Aprendizagem sistêmica e cobrança no uso da água**. 2007. 82f. Dissertação (Mestrado em Agroecossistemas) -

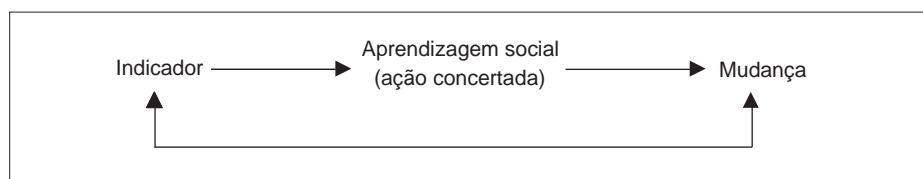


Figura 4 - Processo cíclico que liga o emprego de indicadores à promoção de mudança (transformação) da situação-problema de interesse, pela aprendizagem social



Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

D'AGOSTINI, L.R.; CUNHA, A.P.P. **Ambiente**. Rio de Janeiro: Garamond, 2007. 188p.

DANIELS, S. Book review. **Journal of Environmental Management**, v.83, n.4, p.491-492, June 2007.

DIZ, O.M. **Avaliação das relações homem-meio físico em microbacias hidrográficas de São Domingos (SC)**. 2002. 92f. Dissertação (Mestrado em Agroecossistemas) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

EXTERCKOTER, R.K. **Diagnóstico da qualidade das relações ambientais estabelecidas no uso da água na bacia hidrográfica do rio Cubatão do Sul (SC)**. 2006. 158f. Dissertação (Mestrado em Agroecossistemas) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

KEEN, M.; BROWN, V.A.; DYBALL, R. Social learning: a new approach to environmental management. In: KEEN, M.; BROWN, V.A.; DYBALL, R. (Ed.). **Social learning in environmental management: towards a sustainable future**. London: Earthscan, 2005. p.3-21.

thscan, 2005. p.3-21.

KLOSTERMANN, D. **Gestão de águas da bacia do Rio Cubatão Norte (SC): da qualidade na água à qualidade no uso**. 2003. 81f. Dissertação (Mestrado em Agroecossistemas) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

PAHL-WOSTL, C. Towards sustainability in the water sector: the importance of human actors and processes of social learning. **Aquatic Science**, Birkhäuser, v.64, n.4, p.394-411, Dec. 2002.

SALAZAR, L.A.C. **Avaliação de sustentabilidade em pequenas propriedades agrícolas: Projeto "Investigación Adaptativa en Las Provincias de Ichilo y Sara"**. 2000. 93f. Dissertação (Mestrado em Agroecossistemas) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

SALIM NETO, N. **Operacionalidade e significação do Indicador de efetividade de tratamento de água - IETA**. 2006. 68f. Dissertação (Mestrado em Agroecossistemas) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

SANTOS, M. **Espaço e sociedade**. Petrópolis: Vozes, 1979. 156p.

SOCIAL LEARNING FOR THE INTEGRATED MANAGEMENT AND SUSTAINABLE USE OF WATER AT CATCHMENT SCALE. **Social learning as a policy approach for sustainable use of water: a field-tested framework for observing, reflecting and enabling**. Milton Keynes, 2004. 41p. (SLIM Project. Disponível em: <<http://slim.open.ac.uk/objects/public/FramworkSocialLearningJune04.pdf>>. Acesso em: 1 set. 2009.

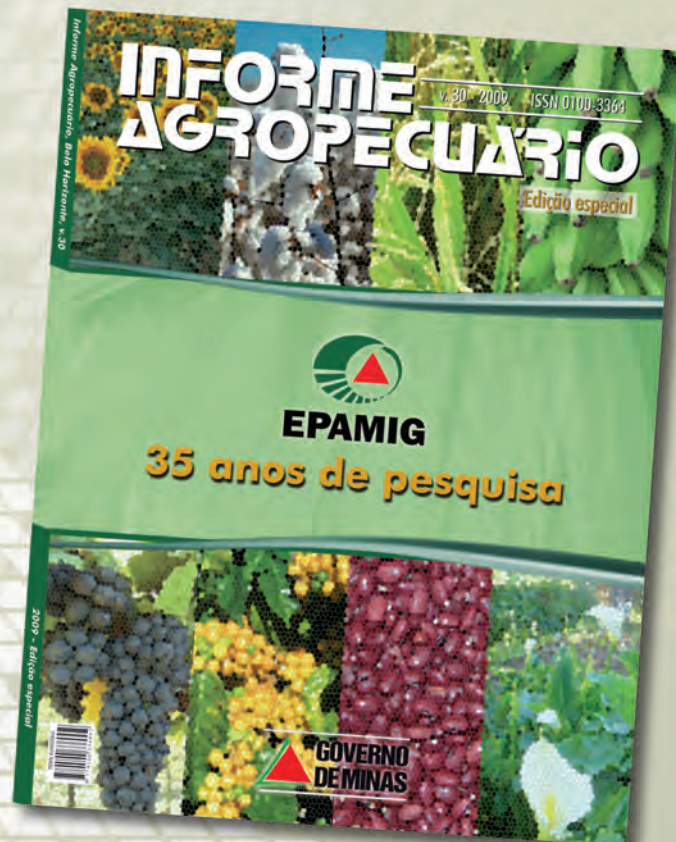
SOUZA, F.N. da S. **Incorporando componentes sócio-ambientais na avaliação de sistemas agrícolas: em busca de indicadores de sustentabilidade**. 2005. 93f. Dissertação (Mestrado em Agroecossistemas) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

ULLER-GÓMEZ, C. **Relações rural-urbano: encaminhamentos de soluções à questão da erosão do solo**. 2001. 85f. Dissertação (Mestrado em Agroecossistemas) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

## Informe Agropecuário tem edição especial pelos 35 anos da EPAMIG

Esta edição especial comemorativa dos 35 anos da EPAMIG faz um resgate de parte importante da história da pesquisa agropecuária mineira, com enfoque na transferência e difusão dos resultados apresentados pela Empresa ao longo desses anos. São 17 artigos sobre culturas e atividades estratégicas para o estado de Minas Gerais, nas quais a pesquisa exerceu importante papel como agente de transformação de técnicas, processos e manejos, por meio de tecnologias capazes de gerar benefícios a toda sociedade.

**Informações: (31) 3489-5002**  
**publicacao@epamig.br**





# Seringueira:

Um livro completo sobre a cultura no Brasil



**Informações:**

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

**(31) 3489-5002 - (31) 3891-2646**



**EPAMIG**

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



**GOVERNO  
DE MINAS**

# Certificação socioambiental e a sustentabilidade almejada

Sérgio Pedini<sup>1</sup>

**Resumo** - A certificação socioambiental vem crescendo nos últimos anos e a pressão que a sociedade vem exercendo, ao cobrar uma postura socioambiental mais adequada à realidade atual, não deixa a atividade agropecuária de fora. A certificação entra em cena muito mais como uma forma de adequação às regras de mercado do que como cumprimento de uma lei. São muitos os certificados, tais como: Rainforest Alliance, GlobalGAP, Código 4C e Utz Kapeh. Um processo que nasce de uma agregação adicional de valor ao produto deveria elevar o nível de comprometimento socioambiental e não apenas o cumprimento das exigências legais, ou seja, deveria, por si só, superar o processo de pressão legal e apresentar à sociedade um elevado padrão de qualidade nas relações sociais, trabalhistas e ambientais.

**Palavras-chave:** Controle de qualidade. Norma. Agropecuária. Cafeicultura.

## INTRODUÇÃO

A certificação socioambiental cresce nos últimos anos como um mecanismo de controle e acreditabilidade dos processos produtivos, com uma pretensa justificativa de garantir que critérios sociais e ecológicos sejam aplicados nas atividades agrícolas. A pressão que a sociedade exerce sob todos os segmentos produtivos, a fim de cobrar uma postura socioambiental mais adequada à realidade atual, não deixa que a atividade agropecuária se isente dessa contribuição. Medidas legais têm sido historicamente as únicas formas de exigir que os produtores rurais avancem, do ponto de vista social e econômico, pelo cumprimento do Código Florestal e da legislação trabalhista, como exemplo. A certificação entra em cena mais recentemente, muito mais como uma forma de adequação às regras de mercado (preferência do consumidor, nesse caso), do que como cumprimento de uma lei. Mas, à medida que o próprio mercado sinaliza uma obrigatoriedade dos processos de

certificação como um “passaporte” para seu ingresso, a certificação acaba por se confundir com o cumprimento de quesitos legais.

Cabe analisar, no entanto, a efetividade desse processo de exigência/controle no avanço das características socioambientais do segmento produtivo rural. Neste artigo, objetivou-se apresentar alguns dos sistemas de certificação em uso e apontar questionamentos sobre a sustentabilidade almejada e o que se tem de concreto com esses programas.

## CERTIFICAÇÃO

Segundo a nova economia institucional, num sistema de certificação, de produtos e processos de produção com atributos diferenciados, também exigem-se normas com padrões diferenciados. Sendo as especificações sobre processos e/ou atributos dos produtos mais complexas e, portanto, sujeitas a informações assimétricas, os padrões exigidos incorrem em maiores custos

de transação (MACHADO, 2000). Há duas soluções nesse caso: criar mecanismos de coordenação vertical via contratos formais ou informais de fornecimento, com incentivo para compensar o esforço extra por parte do produtor rural e originadores, acrescido de instrumentos de controle, como selos e certificados (incluindo auditorias e inspeções para monitoramento dos fornecedores, certificação própria ou de terceira parte), ou partir para a integração vertical completa, internalizando todas as etapas de produção em uma só firma.

Segundo Machado (2000), a certificação, em especial a independente, realizada por uma terceira parte, tem papel importante, pois diminui a assimetria de informações em transações que envolvem produtos ou processos com características complexas. Isso ajuda a evitar oportunismos e, conseqüentemente, custos de transação. Embora nem sempre garanta a qualidade do produto ou serviço, a certificação atesta que tais produtos são produzidos sempre dentro de um mesmo padrão.

<sup>1</sup>Eng<sup>a</sup> Agr<sup>a</sup>, M.Sc., Pró-Reitor de Ensino Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais, R. Ciomara Amaral de Paula, 167, CEP 37550-971 Pouso Alegre-MG. Correio eletrônico: [spedini@axtelecom.com.br](mailto:spedini@axtelecom.com.br)

Padrões servem para comunicar informações para clientes e consumidores de uma forma consistente e confiável, diminuindo os custos de transação nas relações comprador x vendedor, o que facilita a coordenação entre diferentes organizações de uma cadeia produtiva. O comprador livra-se do esforço de procurar as características do produto, pois, tendo a norma como referência, fica mais fácil escolher entre produtos alternativos. Quando os atores adotam padrões que exigem a adoção de processos produtivos específicos ou atributos diferenciados, é comum usar o recurso de certificação para atestar suas propriedades.

No caso específico da agricultura, são inúmeros os processos de certificação ou avaliação de conformidade, tais como UtzKapeh, Rainforest, GlobalGap, Orgânico, Naturland, SA 8001, entre outros, com diferenças específicas, mas com aspectos comuns no que diz respeito a uma pretensa preocupação com questões sociais, ambientais e de segurança alimentar dos produtos comercializados. A ótica do processo de certificação na agricultura é a mesma preconizada pela nova economia institucional, ou seja, a diminuição das incertezas e, conseqüentemente, dos custos de transação. A seguir serão apresentados alguns desses sistemas com suas características de diferenciação.

De acordo com Pinto e Prada (2008), o processo de certificação na agricultura origina-se da evolução crescente dos movimentos ambientalistas e da conscientização das populações urbanas que perceberam os impactos (negativos) que a agricultura convencional exerce sobre os recursos naturais, sobre a qualidade de vida de produtores e trabalhadores rurais e sobre as próprias comunidades urbanas. Essa pressão faz com que haja mudanças do paradigma produtivo agropecuário, propiciando sistemas de produção mais ecologicamente corretos e socialmente justos.

## EXEMPLOS DE PROCESSOS DE CERTIFICAÇÃO

São vários os sistemas de certificação socioambiental hoje em prática na atividade agropecuária. De maneira geral, todos apontam para uma exigência e controle das condições sociais e ambientais do sistema produtivo, com particularidades advindas de seu histórico de criação. Neste artigo, optou-se por descrever os sistemas Rainforest Alliance, GlobalGAP, Código 4C e Utz Kapeh (Fig. 1), como representações das diversas certificações em uso no País. Foi dado um destaque para os pontos exigidos de cada sistema, que subsidiaram as análises finais do artigo.



Figura 1 - Marcas e códigos de conduta

### Rainforest Alliance

O Programa de Certificação Agrícola socioambiental do Instituto de Manejo e Certificação Florestal e Agrícola (Imaflo) faz parte do sistema da Rede de Agricultura Sustentável (RAS) - Sustainable Agriculture Network (SAN). Esse sistema avalia empreendimentos agrícolas em vários países e os produtos certificados recebem o selo Rainforest Alliance Certified (IMAFLO, 2009). Os princípios da agricultura sustentável e as normas que dão suporte foram desenvolvidos pelo processo que envolveu muitos atores importantes

na América Latina de 1991 até 1993. Desde então, as normas foram testadas em propriedades de diferentes tamanhos e em plantações em vários países, por meio de uma série de auditorias e outras atividades relacionadas com a certificação. No início de 2003, a Rainforest Alliance, por intermédio da Secretaria da RAS, iniciou uma revisão detalhada da versão 2002 para produzir um novo grupo de normas, mais atualizado, de acordo com a missão da RAS. De novembro de 2003 a novembro de 2004, as consultas públicas foram conduzidas pela Rainforest Alliance, durante a qual as organizações e os indivíduos em diferentes países foram questionados para comentar sobre as novas normas propostas. Esse processo culminou com o encontro dos parceiros da RAS em novembro de 2004, quando as decisões técnicas finais foram tomadas. Em 2005, a RAS aprovou a versão final das normas e aumentou o número de princípios de nove para dez, com a criação de um novo princípio “Saúde e Segurança” (IMAFLO, 2009).

A RAS é uma coalizão de organizações conservacionistas independentes e sem fins lucrativos, que promove a sustentabilidade socioambiental das atividades agrícolas por meio de uma norma e da certificação de propriedades que agem de acordo com essa norma. Cada membro da RAS fornece serviços de certificação para produtores e empresas agrícolas em seus respectivos países, além de oferecer conhecimento e experiência em trabalhar com o desenvolvimento de normas para a Agricultura Sustentável. A Rainforest Alliance é a Secretaria da RAS e administra os sistemas de certificação. A RAS utiliza o selo representando a certificação conferida pela Rainforest Alliance. Os principais elementos avaliados são:

- a) sistema de gestão social e ambiental;
- b) conservação de ecossistemas;
- c) proteção da vida silvestre;
- d) conservação dos recursos hídricos;
- e) tratamento justo e boas condições de trabalho;



- f) saúde e segurança ocupacional;
- g) relações com a comunidade;
- h) manejo integrado dos cultivos;
- i) manejo e conservação do solo;
- j) manejo integrado dos resíduos.

### GlobalGAP

A Global Good Agricultural Practices (GlobalGAP), anteriormente conhecida como EurepGAP, conseguiu estabelecer-se no mercado global como referência-chave de Boas Práticas Agrícolas (BPA), levando as necessidades dos consumidores até a produção agrícola num número cada vez maior de países (atualmente mais de 80 países em todos os continentes) (GLOBALGAP, 2009). Funciona como um manual prático de BPA em todos os lugares do mundo.

O selo GlobalGAP é uma marca comercial destinada ao uso de empresa para empresa e, como tal, não é diretamente visível para o consumidor final. A certificação GlobalGAP é efetuada por mais de 100 organismos de certificação independentes, oficialmente reconhecidos em mais de 80 países. O esquema é aberto para todos os produtores no mundo inteiro. Os principais elementos avaliados são:

- a) rastreabilidade da colheita;
- b) registros sobre todos os procedimentos da pós-colheita;
- c) registros sobre todas as variedades e cultivares existentes na propriedade;
- d) histórico do gerenciamento da propriedade;
- e) manejo de solo, substrato e contaminantes;
- f) saúde e segurança dos trabalhadores no manuseio de insumos agrícolas;
- g) exigência da comprovação da ausência de microrganismos patogênicos.

### Código 4C

O termo 4C vem do inglês: Common Code for the Coffee Community, cuja

tradução em português é Código Comum da Comunidade Cafeeira. Trata-se, na verdade, de um código voluntário que serve como fundamento e linha de base para mais sustentabilidade e melhoramento e não é um processo de certificação. Optou-se por incluí-lo como exemplo, por se tratar de um sistema em franca expansão na cafeicultura.

A associação 4C teve seu começo com a iniciativa de estabelecimento de normas com participação global de múltiplos grupos interessados, ou seja, uniram-se vários grupos de interesse comum e estabeleceram normas e diretrizes a serem seguidas por todos para participação do grupo. Esses conceitos foram desenvolvidos de 2003 a 2006, na Organização Internacional do Café (OIC), com sede em Genebra, na Suíça, sendo constituída por 37 membros fundadores. A propriedade deverá estar vinculada a uma associação ou cooperativa e enquadrar-se nas seguintes diretrizes:

- a) é proibido o trabalho infantil, escravo ou o tráfico humano;
- b) são proibidas transações imorais nas relações de negócios;
- c) os funcionários despedidos devem ser compensados na forma da lei e as moradias adequadas para os funcionários. Deve haver água potável para todos os trabalhadores;
- d) não pode haver nenhuma espécie de discriminação aos trabalhadores;
- e) os trabalhadores podem participar de sindicatos;
- f) as crianças da fazenda devem ter total direito à infância e à educação;
- g) os trabalhadores fixos e temporários deverão estar todos registrados e o horário de trabalho deve seguir a legislação trabalhista;
- h) devem ser oferecidas condições ideais e seguras de trabalho e assistência médica aos trabalhadores;
- i) os funcionários devem ser devidamente treinados e habilitados para desempenhar suas funções da melhor maneira;

- j) deve ser feita a conservação de florestas primárias;
- k) a legislação ambiental deve ser respeitada, mantendo as práticas condizentes à manutenção da biodiversidade local;
- l) a propriedade não pode fazer uso de pesticidas proibidos e deve-se dar preferência aos agrotóxicos de menor toxicidade, procurando preservar os inimigos naturais;
- m) deve existir uma preocupação com as técnicas de conservação e manejo adequado do solo;
- n) na propriedade, deve-se buscar minimizar o consumo de água, evitando o desperdício. A irrigação deve ser feita por métodos que minimizam o consumo de água e os efluentes deverão ser devidamente tratados antes de lançados à natureza novamente;
- o) deve haver um destino correto e voltado à reciclagem do lixo produzido na propriedade, bem como o encaminhamento adequado das embalagens vazias de pesticidas;
- p) deve ser feito um controle dos gastos de energia e da propriedade visando o uso de fontes de energias renováveis.

### Utz Kapeh

Utz Kapeh é um programa de certificação mundial para a produção e o fornecimento de café social e ambientalmente responsável por meio de práticas agrícolas adequadas para a produção de café e para o bem-estar dos trabalhadores (UTZ, 2009). Foi fundada em 1997 por produtores de café guatemaltecos e uma torrefadora europeia, a Ahold Coffee Company, hoje com sede em Amsterdã, Holanda. Até janeiro de 2007, foram certificados produtores de cafés Arábica e Robusta em 18 países, a maioria na América Latina (Costa Rica, El Salvador, Guatemala, Honduras, México, Nicarágua, Bolívia, Brasil, Colômbia e

Peru), e também na Ásia (Índia, Indonésia e Vietnã) e África (Etiópia, Quênia, Tanzânia, Uganda e Zâmbia). A primeira certificação Utz Kapeh, no Brasil, ocorreu em 2002. Os principais pontos avaliados são:

- raastreabilidade, identificação do produto e separação;
- sistema de gestão, manutenção de registros e autoinspeção;
- gestão de solo, uso de fertilizantes, irrigação;
- registro de variedades e cultivares, defensivos agrícolas, colheita, pós-colheita, saúde, segurança e bem-estar do trabalhador;
- conservação do meio ambiente.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

É inegável a importância e o crescimento dos sistemas de certificação socioambientais na atividade agrícola, o que, *per se*, deve ser considerado um avanço na qualidade das relações sociais e ambientais do ambiente rural. O que é preocupante é a profundidade que esses sistemas têm alcançado e a efetividade de seus efeitos.

Quando o sistema Rainforest fala em conservação de ecossistemas ou do tratamento justo e boas condições de trabalho; o GlobalGAP, em manejo de solo, substrato e contaminantes ou na saúde e segurança dos trabalhadores no manuseio de insumos agrícolas; o Código 4C, em é proibido o trabalho infantil, escravo ou o tráfico humano ou que a legislação ambiental deve ser respeitada, mantendo as práticas condizentes à manutenção da biodiversidade local e o Utz Kapeh, em gestão de solo, uso de fertilizantes, irrigação ou prima pela conservação do meio ambiente, fica claro o comprometimento desses sistemas com a temática socioambiental. Mas o que efetivamente pode ser considerado um avanço? Quais condições superam apenas uma legislação ambiental vigente e, portanto, obrigatória?

Um processo que nasce de uma agregação adicional de valor ao produto, em função da certificação dos processos produtivos, deveria elevar o nível de comprometimento socioambiental e não apenas o cumprimento das exigências legais. O grau de sustentabilidade almejada pelos sistemas de certificação socioambiental deveria, por si só, superar o processo de pressão legal e apresentar à sociedade um padrão de qualidade elevado nas relações sociais, trabalhistas e ambientais.

Uma vez que, segundo Pinto e Prada (2000), os sistemas de certificação surgiram de pressões da sociedade, espera-se que a mesma pressão aponte para resultados socioambientais mais ampliados e a própria legislação acompanhe esse incremento de qualidade. A sociedade como um todo, urbana e rural, ganharia com isso.

## REFERÊNCIAS

- GLOBALGAP. **Bem vindo ao GLOBALGAP**. [S.l.: 2009]. Disponível em: <[http://www.globalgap.org/cms/front\\_content.php?client=1&changelang=4&parent=&subid=&idcat=9](http://www.globalgap.org/cms/front_content.php?client=1&changelang=4&parent=&subid=&idcat=9)>. Acesso em: 15 jul. 2009.
- IMAFLORA. **Instituto de Manejo e Certificação Florestal e Agrícola**. Piracicaba, 2009. Disponível em: <[www.imaflora.org](http://www.imaflora.org)>. Acesso em: 15 jul. 2009.
- MACHADO, R.T.M. **Rastreabilidade, tecnologia da informação e coordenação de sistemas agroindustriais**. 2000. 239p. Tese (Doutorado em Administração) - Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade, Universidade de São Paulo, São Paulo.
- PINTO, L.F.G.; PRADA, L. de S. Fundamentos da certificação. In: ALVES, F.; FERRAZ, J.M.G.; PINTO, L.F.G.; SZMRECSÁNYI, T. (Org.). **Certificação socioambiental para a agricultura: desafios para o setor sucroalcooleiro**. Piracicaba: IMAFLORA; São Carlos: UFSCar, 2008. cap.1, p.20-37. Disponível em: <[http://www.imaflora.org/arquivos/Livro\\_Certificacao\\_Socioambiental\\_para\\_a\\_Agricultura.pdf](http://www.imaflora.org/arquivos/Livro_Certificacao_Socioambiental_para_a_Agricultura.pdf)>. Acesso em: 24 ago. 2009.
- UTZ CERTIFIED. **Good inside**. [S.l.: 2009]. Disponível em: <[www.utzcertified.org](http://www.utzcertified.org)>. Acesso em: 15 jul. 2009.

# 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](mailto:femf@epamig.br)  
Tel: (35) 3662-1227




# 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, 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 Difusão de Tecnologia e Publicações da EPAMIG, 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 coordenador técnico, responsável 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 coordenador 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 coordenador técnico.

O coordenador 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 lingüística 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. U.R. EPAMIG SM, 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 Publicações ou Biblioteca/Normalização.



# FOR- MA- ÇÃO.

Um dos pilares do desenvolvimento científico e tecnológico de qualquer sociedade está na formação de pesquisadores. A FAPEMIG mantém modalidades de apoio que buscam essa capacitação em diferentes níveis, que compreendem desde o ensino fundamental até o pós-doutorado. Entre as ações permanentes de apoio estão:

- ▶ Programa de Iniciação Científica Jr.
- ▶ Programa institucional de Bolsas de Iniciação Científica (PIBIC)
- ▶ Programa de Apoio à Pós-Graduação (PAPG)
- ▶ Programa de Capacitação de Recursos Humanos (PCRH)
- ▶ Programa Mineiro de Capacitação Docente (PMCD)
- ▶ Programa de Apoio a Cursos nota 6 e 7 (PACSS)
- ▶ Bolsa de Incentivo à Pesquisa e ao Desenvolvimento Tecnológico (BIPDT)

**FAPEMIG**



[www.fapemig.br](http://www.fapemig.br)



**EDUCAÇÃO  
PARA O  
FUTURO**

**Inscrições Abertas**  
**2010**

# ITAC • PITANGUI • MG

**Ensino Técnico em Agropecuária com ênfase  
ao Cooperativismo e à Pesquisa Agropecuária**

**MATRÍCULA:**  
**04/01/2010 a 03/02/2010**

**INFORMAÇÕES:**  
**(37) 3271-4004**  
**ensinoitac@epamig.br**



### **TÉCNICO EM AGROPECUÁRIA** Concomitante com o Ensino Médio

- Período Integral
- Duração: 3 anos
- Requisito: conclusão do ensino fundamental.

### **TÉCNICO EM AGROPECUÁRIA**

- Período Integral
- Duração: 1 ano e meio
- Requisito: conclusão do ensino médio.

### **Documentos exigidos:**

- Histórico escolar (original)
- Certidão de nascimento (xerox)
- Carteira de identidade (xerox)
- 3 fotos 3 x 4
- Comprovante de residência (xerox)