




Gestão Ambiental na Agropecuária

Luciano Gebler
Julio Cesar Pascale Palhares
Editores Técnicos

Embrapa



Gestão
Ambiental na
Agropecuária

A stylized logo consisting of four leaf-like shapes arranged in a cross pattern. The top-left leaf is dark grey, the top-right is medium grey, the bottom-left is light grey, and the bottom-right is dark grey.

*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Uva e Vinho
Embrapa Suínos e Aves
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento*

Gestão Ambiental na Agropecuária

*Luciano Gebler
Julio Cesar Pascale Palhares*
Editores Técnicos

*Embrapa Informação Tecnológica
Brasília, DF
2007*

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

Embrapa Informação Tecnológica

Parque Estação Biológica (PqEB)
Av. W3 Norte (final)
70770-901 Brasília, DF
Fone: (61) 3340-9999
Fax: (61) 3340-2753
vendas@sct.embrapa.br
www.sct.embrapa.br/liv

Embrapa Uva e Vinho

Rua Livramento, 515
Caixa Postal 130
95700-000 Bento Gonçalves, RS
Fone: (0xx)54 3455-8000
Fax: (0xx)54 3451-2792
sac@cnpuv.embrapa.br
www.cnpuv.embrapa.br

Embrapa Suínos e Aves

Rodovia BR153, Km 110, Distrito de Tamanduá
89700-000 – Concórdia, SC – Caixa Postal: 21
Fone: (49) 3441-0400
Fax: (49) 3442-8559
sac@cnpva.embrapa.br
www.cnpva.embrapa.br

Comitê de Publicações

Presidente
Lucas da Ressurreição Garrido

Secretária-executiva
Sandra de Souza Sebben

Membros
Jair Costa Nachtigal
Osmar Nickel
Kátia Midori Hiwatashi
Viviane Maria Zanella Bello Fialho

Coordenação editorial
Fernando do Amaral Pereira
Mayara Rosa Carneiro
Lucilene M. de Andrade

Revisão de texto e tratamento editorial
Francisco C. Martins

Revisão de formatação
Francisco C. Martins
Helder Gomes Rodrigues

Normalização bibliográfica
Celina Tomaz de Carvalho

Projeto editorial, capa, editoração eletrônica
e tratamento digital de imagens
RV Comunicação Integrada Ltda.

Foto da capa
(???????????)

1ª edição
1ª impressão (2007): 1.000 exemplares

Todos os direitos reservados

A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Embrapa Informação Tecnológica

Gestão ambiental na agropecuária / Editores técnicos, Luciano Gebler, Julio Cesar Pascale Palhares. - Brasília, DF : Embrapa Informação Tecnológica, 2007.
310 p. : il.

ISBN ??-????-??-?

1. Agricultura sustentável. 2. Brasil. 3. Meio ambiente. 4. Pecuária. I. Gebler, Luciano. II. Palhares, Julio Cesar Pascale. III. Embrapa Uva e Vinho. VI. Embrapa Suínos e Aves.

CDD 333.76 (21. ed.)

Airton Kunz

Químico industrial, D.Sc. em Manejo de Tratamento de Dejetos de Animais, pesquisador da Embrapa Suínos e Aves, Concórdia, SC
airton@cnpsa.embrapa.br

Andrea Vulcanis Macedo de Paiva

Procuradora jurídica, especialista em Direito Ambiental, Ibama
Rua General Carneiro 481, 80060-150, Curitiba, PR
avulcanis@ibama.gov.br

Claudio A. Spadotto

Engenheiro agrônomo, Ph.D., em Solo e Água,
pesquisador da Embrapa Meio Ambiente, Jaguariúna, SP
spadotto@cnpma.embrapa.br

Clayton Campanhola

Gerente-Geral da Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial (ABDI)
SBN – Quadra 1, Bloco “B”, Edifício CNC, 14º Andar 70670-422 – Brasília, DF
clayton.campanhola@abdi.com.br

Geraldo Stachetti Rodrigues

Ecólogo, Ph.D. em Ecologia e Biologia Evolutiva,
pesquisador da Embrapa Meio Ambiente, Jaguariúna, SP
stacheti@cnpma.embrapa.br

Gilberto Kurasz

Engenheiro florestal, M.Sc. em Manejo Florestal (autônomo)
Rua Antônio Lopes, 143, 84500-000 – Irati, PR
gkurasz@gmail.com

Gilmar Luiz Espanhol

Engenheiro agrônomo, M.Sc. em Ciências
do Solo e extensionista rural da Epagri
Gerência Regional de Campos Novos – Caixa Postal 116
89620-000 – Campos Novos, SC
glespanhol@yahoo.com.br

Ioana Nicoleta Firta

Engenheira hidráulica, D.Sc. em Engenharia Ambiental
Rua Desembargador Vitor Lima, 354, Ap. 103-a
88040-000 – Florianópolis, SC
ioana@linhalivre.net

Isis Rodrigues

Geógrafa, D.Sc. em Demografia, colaboradora
da Embrapa Meio Ambiente
13820-000, Jaguariúna, SP
isis@cnpma.embrapa.br

Jeferson Luiz Gonçalves Wendling

Engenheiro florestal, fiscal do Instituto Ambiental do Paraná (IAP)
Rua Engenheiro Rebouças, 1206
Bairro Rebouças – 80215-100 – Curitiba, PR
jluizgw@pr.gov.br

Julio Cesar Pascale Palhares

Zootecnista, D.Sc. em Gestão Ambiental na Agropecuária,
pesquisador da Embrapa Suínos e Aves, Concórdia, SC
palhares@cnpa.embrapa.br

Luciano Gebler

Engenheiro agrônomo, M.Sc. em Engenharia Ambiental,
pesquisador da Embrapa Uva e Vinho, Vacaria, RS
lugebler@cnpuv.embrapa.br

Maria Augusta Doetzer Rosot

Engenheira florestal, D.Sc. em Manejo Florestal,
pesquisadora da Embrapa Florestas, Colombo, PR
augusta@cnpf.embrapa.br

Osmar Luiz Trombetta

Engenheiro agrônomo, especialista em Desenvolvimento
Sustentável e extensionista rural da Epagri
Gerência Regional de Joaçaba, Rua Getúlio Vargas, 172
89600-000 Joaçaba, SC.
trombett@epagri.rct-sc.br

Paulo Choji Kitamura (*in memoriam*)

Engenheiro agrônomo, Ph.D. em Economia,
pesquisador da Embrapa Meio Ambiente
13820-000, Jaguariúna, SP
kitamura@cnpma.embrapa.br

Ricardo Encarnação

Arquiteto, M.Sc. em Arquitetura
Embrapa-Sede/DRM
Parque Estação Biológica (PqEB) Av. W3 Norte (final)
70770-901 – Brasília, DF
roe@embrapa.br

Sergio Ahrens

Engenheiro florestal, Ph.D. em Planejamento da Produção Florestal
pesquisador da Embrapa Florestas, Colombo, PR
sahrens@cnpf.embrapa.br

Yeda Maria Malheiros de Oliveira

Engenheira florestal, Ph.D. em Manejo Florestal
e em Geoprocessamento, pesquisadora da Embrapa Florestas, Colombo, PR
yeda@cnpf.embrapa.br

Apresentação

Desde seus primórdios, a humanidade tem como um de seus princípios básicos obter alimentos que assegurem a sobrevivência da espécie. Ao longo da história, esse princípio tem evoluído, priorizando essencialmente a garantia de mais alimentos para uma população crescente, até nossos dias. Dentre outros aspectos, o século 20 foi caracterizado pela busca de alternativas na atividade primária – que proporcionassem a máxima eficiência dos meios de produção – de tal forma que a *Lei de Malthus* pudesse ser subvertida e a quantidade de alimentos disponíveis crescesse numa proporção maior do que o aumento da população. Certamente, tais esforços deram resultado: dentre outras iniciativas, a *Revolução Verde* permitiu um substancial aumento na oferta de alimentos e outros produtos derivados da agropecuária.

Entretanto, esses ganhos – sustentados no paradigma produtivista – trouxeram conseqüências danosas ao ambiente, pois enquanto crescia a preocupação em maximizar a produção, eram relegados a segundo plano aspectos essenciais da preservação de matas, mananciais de água, solo, fauna e flora nativas, macro e microrganismos, cuja alteração foi tão impactante que a preservação ambiental deixou de ser um discurso extremista e passou a ser prática integrante de qualquer processo produtivo. Atualmente, a questão ambiental é de tal modo relevante, a ponto de balizar legislações, novos investimentos e financiamentos, tomada de decisões, acesso a mercados e certificação de qualidade.

No âmbito dos processos produtivos, a gestão ambiental é a base para a aplicação dessas preocupações. Daí, a importância desta obra, construída com base no que há de atual no conhecimento do tema relativo à minimização dos impactos ambientais, fruto de estudos e práticas de técnicos altamente qualificados e conhecedores do assunto. Trata-se de importante ferramenta para o Setor Primário e demais atividades produtivas que interagem com a natureza. Além disso, está em plena aderência com a missão institucional da Embrapa, para a qual o desenvolvimento sustentado do espaço rural é a mola-mestra para todas as ações de pesquisa, desenvolvimento e inovação que constituem a etapa inicial de todas as contribuições para a sociedade brasileira.

Alexandre Hoffmann

Chefe-Geral da Embrapa Uva e Vinho

Sumário

Capítulo 1	
Gestão Territorial e Desenvolvimento Rural Sustentável	13
Capítulo 2	
Geotecnologias e Ecologia da Paisagem: <i>Subsídio para a Gestão Ambiental</i>	33
Capítulo 3	
Legislação Pertinente à Gestão Ambiental na Propriedade Imóvel Agrária	61
Capítulo 4	
Sistemas de Gestão da Qualidade na Agropecuária Brasileira e sua Certificação	87
Capítulo 5	
Dispersão de Poluentes e seu Monitoramento na Agropecuária . . .	105
Capítulo 6	
Tratamento de Dejetos Animais	167
Capítulo 7	
Planejamento do Espaço Rural por meio da Microbacia Hidrográfica e da Propriedade Rural: <i>O Projeto Microbacias em Santa Catarina e as Mudanças de Paradigmas da Sociedade</i>	193
Capítulo 8	
Gestão Ambiental nas Cadeias Produtivas Animais	239
Capítulo 9	
Gestão Ambiental nas Cadeias Produtivas Vegetais	265
Capítulo 10	
Avaliação de Impactos Ambientais na Agropecuária	285



Capítulo 1

Gestão Territorial
e Desenvolvimento
Rural Sustentável

*Clayton Campanhola
Geraldo Stachetti Rodrigues
Isis Rodrigues*



Introdução

A reconhecida pluriatividade característica do Brasil rural¹ na atualidade (DEL GROSSI; GRAZIANO DA SILVA, 1998) favorece a permanência da população no campo e a consolidação de territórios, os espaços socialmente construídos nos quais pode realizar-se a gestão para o desenvolvimento sustentável. O meio rural brasileiro não é mais essencialmente agrícola. Outras atividades, ligadas ou não à produção agropecuária propriamente dita, oferecem importantes oportunidades de emprego e renda para a população ali residente.

A multiplicação de atividades no meio rural resulta de um processo de criação de demandas diferenciadas, de nichos especiais de mercado ou de uma diferenciação dos mercados tradicionais, que agrega serviços às cadeias produtivas agroindustriais, criando novos espaços para a emergência de pequenos e grandes empreendimentos nesse longo caminho que vai do produtor rural ao consumidor final (CAMPANHOLA; GRAZIANO DA SILVA, 2000a).

Uma conseqüente valorização ocorre com a implementação de atividades rurais não agrícolas, advindas da crescente urbanização do meio rural (moradia, turismo, lazer e prestação de serviços), e com atividades decorrentes da conservação do meio ambiente, além de um amplo conjunto de atividades derivadas dessas atividades não agrícolas (GRAZIANO DA SILVA et al., 2002).

Com essas considerações, pode-se dizer que a existência de políticas agrícolas é condição necessária, mas não suficiente, para o desenvolvimento rural. O fortalecimento dessa nova dimensão não agrícola do meio rural brasileiro exige uma nova institucionalidade pública, que seja menos fragmentada setorialmente (agricultura, indústria e serviços), que confira flexibilidade suficiente para atender às particularidades de cada localidade e que ofereça aos moradores rurais as mesmas condições e oportunidades de desenvolvimento da cidadania oferecidas aos moradores urbanos (CAMPANHOLA; GRAZIANO DA SILVA, 2000b).

¹ Marsden (1989) afirmou que a pluriatividade não é uma atividade específica da agricultura, mas cada vez mais ela está relacionada à força de trabalho de todos os setores produtivos. Faz considerações sobre o fato de a agricultura estar criando padrões mais flexíveis de trabalho e relações multidimensionais e simbióticas entre capital e trabalho agrícola e não agrícola.

O fortalecimento da agricultura e as políticas públicas implementadas em diferentes regiões do Brasil inserem-se em ambientes sociais e econômicos fortemente marcados por especificidades históricas (acesso à terra via processos de assentamento e colonização), regionais (localização geográfica, importância econômica da região e relações de troca entre agentes econômicos), étnico-culturais (tipo de população, seus valores e atitudes, etc.), ambientais (disponibilidade e qualidade dos recursos naturais), religiosas, e outras. Portanto, qualquer tentativa de comparação deve levar em consideração esses fatores, sobretudo quando se considera a possibilidade de reprodução das experiências em outros contextos.

Diante dessas novas possibilidades de ocupações e rendas no meio rural brasileiro, é fundamental que se avaliem os instrumentos de regulação do meio ambiente no espaço rural, bem como os impactos ambientais que as atividades possam causar, de modo que se promovam políticas públicas e estratégias adequadas de desenvolvimento sustentável.

Para integrar variáveis econômicas, sociais e ambientais, é preciso que a gestão do espaço rural-urbano se dê por meio de instâncias que superem os atuais recortes meramente administrativos, com instrumentos inovadores de planejamento e de implementação ao nível territorial. Dinâmicas e detentoras de uma economia local integrada às mudanças nas atividades econômicas, as áreas rurais não se reproduzem isoladamente, mas dependem de diversificação interna e integração externa para seu desenvolvimento e sustentabilidade (SARACENO, 1994).

Com esse enfoque, as políticas públicas teriam que ser adaptadas às condições de cada território, cabendo às esferas públicas federal e estaduais a formulação de instrumentos de caráter diretivo, e ao poder público local a definição de instrumentos operacionais que atendam às perspectivas de desenvolvimento das comunidades, propiciando as bases para a co-gestão do território. Nesse caso, o fortalecimento da organização social e a participação são imprescindíveis para a legitimidade dos processos decisórios e de desenvolvimento.

Este texto reafirma a importância da organização participativa na formação de redes sociais para a gestão territorial a partir da avaliação ambiental das atividades rurais, da transferência tecnológica aos estabelecimentos, do debate

com os atores regionais afetos às atividades e à designação de medidas de políticas públicas voltadas ao desenvolvimento local.

Gestão territorial

Definem-se territórios, segundo a perspectiva de desenvolvimento local, como um espaço geográfico socialmente construído, com base numa trama de relações históricas e interações políticas entre agentes que se reconhecem por uma dada identidade cultural, que configuram capacidades produtivas e econômicas, que caracterizam uma institucionalidade compartilhada (ABRAMOVAY, 2002; SABOURIN, 2002).

Por natureza da identidade histórica e de convívio num meio compartilhado, o ambiente toma precedência na expressão da vontade de desenvolvimento que os segmentos sociais designam para si. Com essa reconhecida identidade cultural, delinea-se o objetivo comunitário da qualidade de vida, e sua manutenção ao longo do tempo.

A prioridade será a satisfação das necessidades básicas, especialmente das camadas mais pobres; avançando para as limitações que o estado da organização social e das relações econômicas, bem como de capacidade produtiva e de adoção tecnológica impõem sobre o ambiente (CAMPANHOLA, 1995).

A solução para esses embates, visando o desenvolvimento local, depende de integração e coordenação entre atividades, recursos e agentes, com uma abordagem que, ao invés de enfoques setoriais (urbano *versus* rural) ou corporativistas (agrícola *versus* industrial), enfatizem a configuração de uma rede de relações recíprocas entre os agentes locais, que valorizam o potencial das suas próprias forças sociais (WANDERLEY, 2002).

Enfoque territorial na diferenciação de produtos

Um paradoxo do enfoque territorial é o contraponto da vocação local, as potencialidades ambientais e comunitárias locais, frente às pressões externas do mundo globalizado – antes de impor a diluição da identidade

territorial pela massificação engendrada pelas forças do mercado, valorizam-se novas possibilidades de inserção, desde que os produtos e serviços ofertados sejam portadores de diferenciais reconhecidos pelos consumidores, o que permite a abertura de nichos especiais (CAMPANHOLA; GRAZIANO DA SILVA, 2000c).

O aproveitamento desses diferenciais será tanto melhor qualificado quanto seja possível identificar a origem, certificar a qualidade especial. O contraponto local *versus* global avoluma-se, possibilitando a concepção de alternativas para mecanismos excludentes de qualificação produtiva que vêm sendo gerados no âmbito dos mercados.

Assim, a certificação de qualidade, que busca diferenciar capacidades institucionais padronizadas, auditadas por agentes de terceira parte (externos), de difícil alcance para iniciativas locais, pode ser alternativamente concebida como certificação participativa, inclusiva.

Outro mecanismo, também excludente, consecutivo à certificação de terceira parte, é a denominação de origem controlada, que alternativamente pode prover a concepção de denominação de origem sustentável, independente de produto ou setor, inclusive quanto à convergência de modos de gerir os meios de produção (FLORES, 2001).

Atuação em redes

O desenvolvimento territorial pressupõe e promove a atuação das organizações e dos órgãos de governo, em conjunto com instituições da sociedade civil, em forma de redes sociais. A atuação concentrada dos agentes locais e regionais resulta em oportunidades de aprendizado comunitário e institucional, consolidando as redes, que passam a fortalecer a integração econômica e técnico-produtiva. Assim, melhora a comercialização da produção e a demanda por serviços, por vezes superando, por exemplo, problemas ligados à eventual baixa escala de produção e outras restrições de acesso aos mercados.

A atuação em rede configura a gestão participativa, com inclusão de diferentes atores e concretização do capital social, que baliza as demandas provenientes de entidades que agregam produtores e outras instituições na transferência de resultados de um trabalho conjunto.

Participação de atores e capital social

Ao entender-se capital como um fator de produção que representa um certo estoque na economia, pode-se ampliar seu alcance a elementos intangíveis, como serviços ecológicos que conformam o capital natural, ou a educação e a capacitação do capital humano, como importantes fatores propulsores do desenvolvimento.

O capital assume sua importância enquanto poder e possibilidade, variando seu valor segundo interesses locais. Assim, o capital apresenta formas de atuação que também diferenciam os lugares, e tratando-se da formação técnica, o capital social é o mais relevante, sendo resultado da dotação do capital econômico e cultural convertido na possibilidade de relações (ROSENSTEIN; ALBANESI, 1998; BIALOSKORSKI NETO, 2001).

Ao capital social foram incluídos determinados tipos de normas e redes sociais que são importantes para o desenvolvimento, favorecendo a realização de ações coletivas em benefício da própria comunidade, reduzindo os custos das transações e implicando maiores possibilidades de funcionamento interno, onde mais elevado seja o capital social (ESTRADA, 1999).

Considerando-se a economia e o processo de desenvolvimento, atribui-se uma significativa importância ao nível cultural e social existente em determinado local, na forma de organização da coletividade. O acesso aos fatores de produção poderá determinar a possibilidade de desenvolvimento, dada em proporção à influência da existência de um capital social, ou em outras palavras, a organização social deve permitir o acesso aos meios de produção, a mercados, e a termos favoráveis de transação.

Grupos de interesse

Grupos de interesse podem ser formados e desfeitos. Entretanto, há mudanças de atitude ou comportamento em relação a uma situação anteriormente estabelecida. Muitas vezes, o desaparecimento e a desestruturação de associações (grupos de agricultores, órgãos colegiados, fóruns regionais, cooperativas, etc.) não significam necessariamente uma involução no processo de organização do tecido social.

Ao contrário, organizações locais de agricultores devem conhecer uma maior estabilidade e consolidação mediante um aprendizado histórico marcado por oscilações e variações, passando por um processo de aprendizagem coletiva e fortalecimento de sua base política, elementos essenciais para a administração da nova situação na formação dos grupos de interesse.

Nesse processo, ocorre o fortalecimento de grupos que se organizam segundo um objetivo comum de desenvolvimento das atividades numa determinada comunidade, considerando-se a relação direta da constituição do capital social e da condução dos interesses, com conseqüente aumento na densidade dos vínculos locais.

Entretanto, há de se considerar a fragilidade na organização dos grupos de interesse, devido à possibilidade da desvalorização do conhecimento local e à introdução facilitada de ações externas na condução, por exemplo, dos processos de comercialização, de diferentes organizações de produtores e profissionais.

O conhecimento sobre as necessidades e capacidades de uma comunidade e as formas de condução para serem atingidos os objetivos comuns desses grupos necessitam da atuação de mediadores. A esses mediadores serão atribuídas as negociações com as instituições, assim como a atuação nos movimentos sociais de inclusão dos participantes no processo de desenvolvimento.

Mediadores

O papel fundamental dos mediadores, aqui entendidos como sendo as organizações da sociedade (governamentais e não-governamentais, sindicatos, movimentos sociais, serviços de pesquisa e de extensão, etc.), refere-se à participação social e política como expressão dos anseios das comunidades e de democratização dos processos decisórios.

A representatividade dessas formas de organização é reafirmada pela ação social e política de instituições fortemente atuantes na sociedade brasileira, como é o caso do sindicalismo e da Igreja. As chances de sucesso nos empreendimentos que comportam ativa participação de mediadores são favorecidas devido às relações de proximidade e reciprocidade nas comunidades, que por sua vez reforçam relações institucionais formalmente

estabelecidas. Ou seja, as organizações (associações, conselhos municipais, microempresas, etc.) dos agricultores que conseguem beneficiar-se do bom relacionamento político local e territorial em que estão inseridos provêm legitimidade e muitas vezes maior agilidade na resolução dos problemas que os afligem. Isso implica que deve existir sempre uma negociação em projetos de interesse com outras entidades locais, apoiada nos bons relacionamentos institucionais e pessoais anteriores – se existirem – ou na condução de novos, que facilitem as trocas e a compreensão adequada de suas demandas.

A atuação dos mediadores, que se propõem a desenvolver o papel de assessoria e acompanhamento de agricultores, pode apresentar basicamente duas características antagônicas. Alguns mediadores podem transformar esse espaço numa arena de dominação e reprodução de sua atuação nesse campo, restringindo ou limitando o crescimento da participação dos agricultores nos processos decisórios.

Outros desempenham o papel de indutores e facilitadores do aprendizado e da participação política, constituindo notáveis exemplos, como o trabalho normalmente desenvolvido por técnicos da extensão rural pública, instituições governamentais e organizações não-governamentais (ONGs). Quando isso acontece, os resultados são perceptíveis não apenas na democratização do processo decisório e de gestão, mas, especialmente, em aspectos objetivos, como o acesso à infra-estrutura (estradas, água potável, etc.), sementes, insumos e outras necessidades para melhoria da renda.

Assim, o papel dos mediadores pode ser uma ferramenta importante para estimular a organização social e política dos grupos de interesse. Contudo, em seu efeito inverso, pode inibir ou retrainir o potencial de organização social e política dos agricultores. De qualquer forma, o associativismo e os movimentos sociais são as formas de manifestação das demandas desses grupos pelos mediadores.

Arranjos institucionais

Parcerias

As parcerias fundamentam a participação dos diferentes agentes sociais no desenvolvimento rural sustentável, promovendo a troca de conhecimento sobre as práticas e alternativas tecnológicas, em cursos, trabalhos de campo,

visitas, assistência técnica direta aos produtores e na divulgação dos resultados por meio do intercâmbio entre os interessados.

Normalmente, as parcerias configuram-se em arranjos formais, que devem trazer clara a definição das atribuições, responsabilidades e compromissos institucionais, de preferência com a nomeação de representantes designados, que figuram como executores das ações institucionais acordadas.

As parcerias dependem de estreita vinculação com lideranças das comunidades, para que a mediação exercida atenda às demandas estabelecidas e propicie a oportunidade para a correção de rumos na execução dos projetos, com base em procedimentos de análise crítica dos trabalhos.

Poder local

O poder local se constitui a partir das percepções dominantes numa determinada área, no mais das vezes expressas pelos líderes comunitários segundo sua inserção na organização social e produtiva, no uso dos recursos e nas possibilidades de inovações pelos grupos de interesse (agentes locais).

Essas percepções se refletem nas normas do trabalho local, nos princípios das ações de consenso estabelecidas como razoáveis pela maioria dos membros que dirigem as formas de ver as coisas e pelas práticas cotidianas. Isso significa que a condução de mudanças nas práticas sustentadas pelo poder local deve considerar as normas estabelecidas localmente, a avaliação prévia das propostas com possibilidades de reavaliações e adaptações pelos membros da comunidade (ROSENSTEIN; ALBANESI, 1998).

O poder de escolha e decisão das comunidades locais tem demonstrado resultados excelentes em termos das inovações propostas para o desenvolvimento local, quando as comunidades definem estratégias de manejo e destinação de uso de áreas, seja para a conservação ou incorporação a novos usos da terra, atuando com o conhecimento que possuem e com o aprendizado de novas técnicas e formas de manejo que convirjam com as definições de políticas de desenvolvimento. A partir da Reforma Constitucional de 1988, foram implementados os Conselhos (Comunitários), que consistem importante mecanismo de participação democrática no País.

Esses conselhos, geralmente temáticos, se multiplicaram nas diferentes esferas – federal, estadual e municipal – do Poder Público. Acontece que sua simples constituição não foi suficiente para resolver a questão da representação e participação da sociedade civil na tomada de decisões.

Embora em algumas instâncias e situações os conselhos tenham demonstrado efetividade na viabilização de propostas inovadoras junto ao Poder Público, em outras, os conselhos apenas serviram de instrumento para legitimação dos interesses das oligarquias existentes (ABRAMOVAY, 2002). Além disso, os conselhos que são geralmente de caráter consultivo, e não deliberativo, vinculam as decisões à boa vontade e interesses políticos dos poderes Executivo e Legislativo locais.

C&T e extensão rural

As perspectivas e diretrizes para o desenvolvimento rural sustentável dirigem-se à implementação de medidas que integrem as comunidades locais, que difundam os resultados de trabalhos realizados para se obter informações sobre a situação social, econômica e ecológica da área e que promovam as intervenções, sejam de assistência técnica ou das decisões sobre políticas públicas, necessárias à promoção desse desenvolvimento com base na gestão territorial.

A extensão rural adquire seu potencial político na medida que valoriza e inclui os produtores envolvidos no processo de desenvolvimento no trabalho em grupo, gerador de um espaço para discussão, buscando-se soluções para os problemas encontrados e promovendo a circulação de informações. Assim, torna-se claro que a extensão rural não é um processo acabado, bastando-se para a adoção de mudanças. Deve-se considerar que os grupos de interesse têm formas particulares de compreenderem a realidade, de interpretar as alternativas e de comprometerem-se com as propostas, participando das decisões sobre o que colocar em prática.

As contribuições dos provedores de ciência e tecnologia (C&T) devem auxiliar na solução de problemas encontrados no manejo das atividades desenvolvidas no meio rural. Contudo, os pesquisadores devem evitar a designação de soluções prontas, buscando sempre integrar as comunidades locais, que possuem o conhecimento desde questões simples como a indicação de pontos apropriados para coleta de dados, até a apresentação

de prioridades locais de interesse comum, como guia para a formulação de formas de manejo ou alternativas tecnológicas adequadas, ou mesmo as oportunidades de apoio na implementação de medidas por instituições internas.

Os resultados dos trabalhos científicos devem prover ferramentas para análise, armazenamento e comunicação de informações, bem como projeção a longo termo de tendências e alternativas para o desenvolvimento sustentável (GETZ et al., 1999).

Presença do Estado

As intervenções do Estado têm seu reconhecimento, essencialmente, na transferência dos avanços obtidos no desenvolvimento tecnológico e nas práticas de gestão e administração rural. O Estado desempenha papel primordial nas atividades rurais produtivas e no estabelecimento das atividades derivadas da atual demanda de uso e ocupação do solo rural brasileiro.

Entretanto, no que se refere ao papel do Estado e do Poder Público em geral, deve-se ter em mente a importância de precaução e comedimento na condução das intervenções em âmbito local, visando influência no desenvolvimento territorial.

Em algumas situações, a presença ostensiva da ação indutora do Estado acaba gerando paternalismo social e político (transferência de recursos, fornecimento de infra-estrutura, disposição de mediadores, etc.), que pode interferir na organização associativa (mínima que seja) já conseguida entre os agricultores e a comunidade. Isso não significa que o papel do Estado e das políticas públicas possa ser menosprezado ou deixado de lado. Ao contrário, deve-se reconhecer o limite a partir do qual a ação governamental perde a capacidade de estabelecer elos e relações de compromisso e responsabilidade, em contraposição com aquelas situações nas quais ela é imprescindível para estimular a integração dos agentes em redes sociais.

Concerto entre os agentes sociais

Não é raro encontrar iniciativas de organização social e de atuação de agentes locais que possuem uma conotação territorial, mas que se encontram

ligados a arranjos institucionais (estrutura organizacional, legislações, etc.) que restringem ou limitam o aprofundamento dessa atuação.

Esses balizadores da organização entre os agentes muitas vezes impõem certo descompasso entre a realidade da agricultura existente em algumas regiões e os arranjos institucionais mais gerais aos quais ela precisa submeter-se. Portanto, antes de apresentar-se o problema da atuação com um enfoque territorial, em muitos casos coloca-se a questão dos limitantes institucionais que impedem seu funcionamento. É importante conceber a área rural brasileira como uma área dinâmica e apta a receber incentivos, seja via ação governamental, seja por meio de políticas públicas e sociais voltadas ao desenvolvimento socioeconômico.

Em contrapartida, num processo de sinergia para o desenvolvimento local, a gestão territorial implementa o potencial das áreas rurais como provedoras de benefícios para um importante contingente de visitantes, que nelas podem encontrar as amenidades naturais que procuram em alívio às pressões do meio urbano em que residem, amenidades essas renovadas, de acordo com a decisão exercitada pela população residente (ABRAMOVAY, 2000; CAMPANHOLA; GRAZIANO DA SILVA, 2000a).

Desempenho ambiental de atividades rurais e gestão territorial participativa

Conformar redes sociais de interesse, organizar agentes locais, firmar parcerias, amalgamar os anseios comunitários de gestão e desenvolvimento territorial não são processos espontâneos – é necessária a existência de um objetivo comum, um projeto consensual para o qual convirjam os interesses dos agentes envolvidos.

No meio rural, as capacidades produtivas e as características dos recursos disponíveis geralmente oferecem as bases para a convergência das vocações, para a definição das potencialidades a serem priorizadas num projeto de desenvolvimento.

Para a consecução do projeto de desenvolvimento comunitário – e para sua sustentação em longo termo – é que se realiza a gestão ambiental territorial. Tendo-se o objetivo acordado entre os agentes da rede social de interesse,

faz-se mister elaborar um fio condutor que permita tecer a malha da rede social.

As características emergentes do meio rural, a diversificação de atividades voltadas para o aproveitamento dos recursos e a conservação ambiental, juntamente com o resgate e a valorização do modo de vida, oferecem um tal fio condutor. Pela via da avaliação, adequação e gestão da qualidade ambiental na realização das atividades rurais, é possível promover a integração dos produtores locais, cuja organização pode culminar na gestão territorial.

O desempenho ambiental de atividades rurais pode ser averiguado, corrigido e gerido pela avaliação de impacto ambiental (AIA) em sentido amplo, integrando-se os aspectos sociais, culturais, econômicos e ecológicos. A avaliação de impactos ambientais (AIA) é um conjunto de procedimentos para a previsão, a análise, e a mitigação dos efeitos ambientais de projetos, planos e políticas de desenvolvimento que impliquem em alteração da qualidade ambiental. Quando aplicadas a atividades rurais, as AIAs são instrumentos valiosos para a definição de formas de manejo que minimizem os efeitos negativos das atividades, e para a seleção de tecnologias que maximizem a eficiência produtiva e o uso racional de recursos naturais (RODRIGUES, 1998).

Um programa de avaliação ambiental, adequação tecnológica e gestão territorial participativa foi desenvolvido para atividades rurais com o objetivo de elaborar um procedimento que permitisse organizar a rede social de interesse em territórios selecionados. O estudo envolveu, de forma experimental, as atividades de agroturismo, horticultura orgânica e pesque-pagues no interior do Estado de São Paulo (proximidades de Campinas e Região de Ibiúna), no sudoeste do Paraná (Região de Francisco Beltrão) e na região serrana do Espírito Santo (Venda Nova do Imigrante).

Para esse estudo, idealizou-se um sistema de Avaliação Ponderada de Impacto Ambiental de Atividades do Novo Rural (RODRIGUES; CAMPANHOLA, 2003), aplicado à gestão ambiental das atividades e para a organização dos agentes locais na expressão do projeto de desenvolvimento sustentável da atividade no âmbito territorial.

O Sistema Apoia NovoRural consiste numa plataforma de avaliação ambiental que fundamenta-se no envolvimento e no conhecimento do produtor

rural quanto ao seu estabelecimento, bem como em análises que lhe indicam a situação de indicadores de qualidade ambiental (RODRIGUES et al., 2003).

Índices de Impacto Ambiental foram obtidos para cada estabelecimento avaliado e consolidados para cada território, identificando os pontos favoráveis e os principais problemas relacionados ao desempenho ambiental da atividade. Com base nessas informações, procedeu-se a uma segunda etapa de levantamento de dados no campo, com a formulação de um questionário detalhado para verificação da congruência entre os resultados obtidos com o Sistema Apoia-NovoRural e a realidade local da atividade, segundo o ponto de vista dos agentes sociais envolvidos com a gestão ambiental regional.

Os agentes locais proveram indicações quanto aos problemas e vantagens comparativas da atividade no âmbito territorial, à disponibilidade ou capacidade de implementação de políticas de fomento, bem como quanto a oportunidades de organização dos produtores e seus pares. Com as informações dessa segunda etapa do procedimento de avaliação ambiental foi possível:

- i. Averiguar o grau de aderência entre o conhecimento dos agentes sociais e os resultados das avaliações de impacto.
- ii. Promover o diálogo entre as partes (produtores rurais e gestores).
- iii. Oferecer subsídios e motivação para a formulação e implementação de políticas públicas com um direcionamento objetivo sobre a realidade regional (RODRIGUES et al., 2004a).

Numa terceira etapa, foram realizadas oficinas de trabalho sobre gestão participativa e o desempenho ambiental da atividade rural, em todos os territórios mencionados. Nas oficinas, foram apresentados a metodologia de trabalho e os resultados das etapas anteriores, como subsídio para grupos de trabalho que foram coordenados para a promoção de debates de construção participativa da gestão ambiental da atividade nos estabelecimentos e no território.

Os resultados obtidos – para cada um dos estabelecimentos estudados – compuseram relatórios técnicos detalhados individuais, que foram entregues aos produtores rurais no momento da realização das oficinas (RODRIGUES et al., 2004b).

Com esse material, tornaram-se disponíveis as publicações relativas ao estudo, o relatório individualizado, com as informações sobre os pontos favoráveis e sobre os aspectos a serem adequados para o desempenho ambiental dos estabelecimentos. Os resultados que compuseram o desempenho regional da atividade foram apresentados aos gestores municipais.

Organizações não-governamentais (ONGs) e órgãos públicos de pesquisa e extensão rural tiveram papel fundamental na condução desses trabalhos, assegurando representatividade do poder local e de diferentes grupos de interesse. Com a efetivação dessas etapas de trabalho, foram alcançadas as seguintes proposições:

- i. Manejo do estabelecimento contemplando os aspectos sociais, econômicos e ecológicos na garantia de melhoria do desempenho ambiental.
- ii. Formulação de políticas públicas favoráveis ao setor e medidas para a implementação dessas políticas.
- iii. Promoção dos meios para a participação dos diferentes agentes sociais na gestão ambiental dos estabelecimentos e do território.

Mais importante, os grupos definiram que a avaliação do impacto ambiental das atividades só terá repercussão, em termos de ações voltadas ao desempenho dos estabelecimentos e ao desenvolvimento local, se ocorrer a gestão participativa, e acordaram em promovê-la (RODRIGUES et al., 2004a).

Adicionalmente, os estudos promoveram questionamentos quanto aos efeitos negativos de determinados indicadores, em especial aqueles que dependem de ações ligadas ao Poder Público ou outros agentes e instituições externas ao território, cujo diagnóstico permite base para negociação e formulação de medidas saneadoras.

O Sistema de AIA exposto mostra que existem vários vetores que podem alavancar o processo de desenvolvimento territorial. No caso, a temática de meio ambiente constituiu-se no atrativo principal para que fosse despertado o interesse dos agricultores e microempresários rurais em participar da iniciativa. No entanto, há outros atrativos que podem funcionar como amalgamadores dos interesses coletivos, e que estão afetos às particularidades de cada território.

Considerações finais

O processo de desenvolvimento territorial requer um conjunto de condições que assegurem sua sustentabilidade. Como foi abordado no presente texto, há muitos desafios a serem vencidos, para que efetivamente o território se torne uma nova forma de governança.

O primeiro desafio é o concerto de interesses privados e que requer um grau adequado de capital social. O segundo desafio consiste em romper a histórica tendência de se construir políticas públicas setoriais, integrando de maneira harmoniosa políticas de saúde, educação, desenvolvimento agrícola, fomento, crédito, meio ambiente, entre outras.

O Setor Público não tem sido eficaz em promover esses avanços devido a constrangimentos estruturais e instrumentais. Talvez a saída seja o fortalecimento de estruturas e mecanismos de mediação entre os interesses públicos e privados, sendo os conselhos municipais uma das iniciativas que tem mostrado grandes avanços tanto pela participação como pela transparência decisória. O problema ainda persiste devido ao fato dos conselhos ainda serem constituídos setorialmente.

O terceiro desafio refere-se ao acesso a tecnologias de produção e de agregação de valor aos produtos agrícolas, pecuários e florestais. Há necessidade de se aumentar a capilaridade das atividades de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D), de modo que as necessidades e conhecimentos acumulados dos agricultores caminhem em harmonia com as ações dos projetos de pesquisa.

Quanto à assistência técnica e extensão rural públicas, elas não podem mais se ater aos pacotes tecnológicos prontos: é preciso respeitar as diferentes aptidões produtivas e de serviços, apoiando a multifuncionalidade do meio rural, de modo que não se definam atividades apenas sob a ótica da produção, mas, principalmente, sob a ótica da renda, e de sua segurança e estabilidade.

O quarto e último desafio é a identificação de oportunidades de negócio e de ações de políticas públicas que favoreçam a geração de renda via inserção em mercados mais promissores. Um dos pré-requisitos para isso é o acesso constante às informações que permitam a tomada de decisão sobre *o quê, quanto e para quem* produzir ou *prestar serviços*. Esses aspectos são importantes, pois o que se observa, com muita frequência, é que o *benchmarking* também funciona

na agricultura, ou seja, quando uma atividade se mostra lucrativa, outros tendem a adotá-la, saturando o mercado e derrubando os preços.

A diversidade pode ser a grande saída para a maior parte dos territórios, mas sua organização deve se dar por meio de orientações e instrumentos que o Setor Público pode oferecer, desde que construídos com a participação das comunidades interessadas.

Por fim, não se pode desprezar a grande importância que deve ser dada ao empreendedorismo, buscando produzir com foco nos mercados, além de construir novas bases para o aprendizado democrático e do exercício do direito de cidadania nos mais diversos segmentos produtivos do meio rural do País.

Referências

- ABRAMOVAY, R. **Do setor ao território**: funções e medidas da ruralidade no desenvolvimento contemporâneo. São Paulo: Ipea, 2000. p. 33 (Ipea. Texto para Discussão, 702).
- ABRAMOVAY, R. Desenvolvimento rural territorial e capital social. In: SABOURIN, E.; TEIXEIRA, O. A. (Ed.). **Planejamento e desenvolvimento dos territórios rurais**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2002. p. 113-128.
- BIALOSKORSKI NETO, S. Capital social, governança e desenvolvimento da agricultura: um ensaio analítico. In: SEMINÁRIO BRASILEIRO DA NOVA ECONOMIA INSTITUCIONAL, 2., março de 2001, Campinas. **Anais...** Campinas: Instituto de Economia: SBNEI, 2001. p. 499-512. 1 CD-ROM.
- CAMPANHOLA, C. Gestão ambiental e crescimento econômico. In: SIMPÓSIO AMBIENTALISTA BRASILEIRO NO CERRADO, 1., 1995, Goiânia. **Contribuições para um novo modelo de desenvolvimento**: anais. Goiânia: [s.n.], 1995. p. 37-58.
- CAMPANHOLA, C.; GRAZIANO DA SILVA, J. **O Novo Rural Brasileiro**: uma análise nacional e regional. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente: IE-Unicamp, 2000a. 4 v.
- CAMPANHOLA, C.; GRAZIANO DA SILVA, J. Ações de política públicas para o Novo Rural brasileiro sob o enfoque do desenvolvimento local. **Extensão Rural. Santa Maria**, Santa Maria, RS, n. 7, p. 1-24, 2000b.
- CAMPANHOLA, C.; GRAZIANO DA SILVA, J. Desenvolvimento local e a democratização dos espaços rurais. **Cadernos de Ciência & Tecnologia**, Brasília, DF, v. 17, n. 1, p. 11-40, 2000c.
- DEL GROSSI, M. E.; GRAZIANO DA SILVA, J. A pluratividade na agropecuária brasileira em 1995. **Estudos Sociedade e Agricultura**, Rio de Janeiro, n. 11, p. 26-52, 1998.
- ESTRADA, E. M. El Concepto de capital social y su utilidad para el análisis de las dinámicas del desarrollo. **Economía Ensayos**, Uberlândia, v. 13, n. 2, v. 14, n. 1, p. 3-39, 1999.

FLORES, M. C. Agricultura familiar: desafios e perspectivas. In: **AGRICULTURA familiar e o desafio da sustentabilidade**. Rio de Janeiro: Oficina Social-Centro de Tecnologia, Trabalho e Cidadania, 2001. p. 7-13. (Cadernos da Oficina Social, 7).

GETZ, W. M.; FORTMANN, L.; CUMMING, D.; du TOIT, J.; HILTY, J.; MARTIN, R.; MURPHREE, M.; OWEN-SMITH, N.; STARFIELD, A. M.; WESTPHAL, M. I. Sustaining natural and human capital: villagers and scientists. **Science**, Whashington, v. 283, p. 1855-1856, 1999.

GRAZIANO DA SILVA, J.; DEL GROSSI, M. E.; CAMPANHOLA, C. O que há de realmente novo no rural brasileiro. **Cadernos de Ciência & Tecnologia**, Brasília, DF, v. 19, n. 1, p. 37-67, 2002.

MARSDEN, T. Restructuring rurality: from order to disorder in agrarian political economy. **Sociologia Ruralis**, Assen, v. 29, n. 3/4, 312-317, 1989.

RODRIGUES, I.; FRIGHETTO, R. T. S.; RAMOS FILHO, L. O.; CAMPANHOLA, C.; RODRIGUES, G. S. Gestão participativa e o desempenho ambiental de estabelecimentos de agroturismo na Região de Itu (SP). In: CONGRESSO INTERNACIONAL SOBRE TURISMO RURAL E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL, 2., 2004, Joinville. **As políticas públicas e ações privadas para o turismo rural: anais**. Joinville: [s.n.], 2004a. 1 CD-ROM.

RODRIGUES, G. S. **Avaliação de impactos ambientais em projetos de pesquisas: fundamentos, princípios e introdução à metodologia**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 1998. 66 p. (Embrapa Meio Ambiente. Documentos 14).

RODRIGUES, G. S.; CAMPANHOLA, C. Sistema integrado de avaliação de impacto ambiental aplicado a atividades do novo rural. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 38, n. 4, p. 445-451, 2003.

RODRIGUES, G. S.; CAMPANHOLA, C.; VALARINI, P. J.; QUEIROZ, J. F. de; FRIGHETTO, R. T. S.; RAMOS FILHO, L. O.; RODRIGUES, I. A.; BROMBAL, J. C.; TOLEDO, L. G. de. **Avaliação de impacto ambiental de atividades em estabelecimentos familiares do novo rural**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2003. 44 p. (Embrapa Meio Ambiente. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 17).

RODRIGUES, G. S.; CAMPANHOLA, C. RODRIGUES, I. A.; FRIGHETTO, R. T. S.; RAMOS FILHO, L. O. **Avaliação ponderada de impacto ambiental do agroturismo na fazenda exemplo (Região de Itu, SP)**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2004b. (Embrapa Meio Ambiente. Comunicado Técnico, 22). CD-ROM.

ROSENSTEIN, S.; ALBANESI, R. Las prácticas de extensión rural y la producción de conocimientos a nível local. **Estudos Sociedade e Agricultura**, Rio de Janeiro, n. 11, p. 181-196, 1998.

SABOURIN, E. Desenvolvimento rural e abordagem territorial. In: SABOURIN, E.; TEIXEIRA, O. A. (Ed.). **Planejamento e Desenvolvimento dos Territórios Rurais**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2002. p. 21-37.

SARACENO, E. Recent trends in rural development and their conceptualization. **Journal of Rural Studies**, London, v. 10, n. 4, p. 321-330, 1994.

WANDERLEY, M. N. de B. Territorialidade e ruralidade no Nordeste. In: SABOURIN, E.; TEIXEIRA, O. A. (Ed.). **Planejamento e Desenvolvimento dos Territórios Rurais**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2002. p. 39-52.

A stylized graphic of four leaves arranged in a cross-like pattern. The top-left leaf is dark grey, the top-right is medium grey, the bottom-left is light grey, and the bottom-right is dark grey. They are all pointing towards the center.

Capítulo 2

Geotecnologias e
Ecologia da Paisagem

*Subsídio para a
Gestão Ambiental*

*Gilberto Kurasz
Yeda Maria Malheiros de Oliveira
Maria Augusta Doetzer Rosot*



Introdução

Uma das características marcantes envolvendo geotecnologias é a possibilidade de aplicação em múltiplos campos da ciência, facilitando sua integração e a operacionalização de estudos e investigações científicas.

Este capítulo trata do uso das geotecnologias aplicadas aos estudos da Ecologia da Paisagem (EP), como subsídio para a Gestão Ambiental, em decorrência da necessidade de compreensão das relações do ser humano com o meio ambiente e sua dinâmica.

Áreas do conhecimento muito úteis nas questões relacionadas à pesquisa que envolve paisagem são os Sistemas de Informações Geográficas (SIGs) e o Sensoriamento Remoto, atualmente fundamentais como ferramentas para a caracterização das diferentes regiões e como instrumentos para a simulação de efeitos sobre alterações em elementos da paisagem.

Com o desenvolvimento do instrumental relacionado ao imageamento terrestre, as geotecnologias se aproximam mais dos trabalhos de campo, notadamente com o uso de *Global Positions System* (GPS), para a delimitação e a classificação do uso da terra. Tecnicamente, o Sensoriamento Remoto – apoiado por SIGs, Estatística Espacial e por GPS –, ao longo do tempo tem substituído a topografia tradicional na caracterização do uso das propriedades, podendo tornar-se, também, apoio para o desenvolvimento de um plano de gestão ambiental.

Adicionalmente, este capítulo destaca que, ainda que a Ecologia da Paisagem envolva análises regionais, a propriedade rural, na verdade, se constitui na unidade administrativa básica, dentro da qual as atividades antrópicas se manifestam e assim determinam a origem do processo de fragmentação.

Assim, evidencia-se a necessidade de avaliação do processo de distribuição, na propriedade, das áreas cobertas por vegetação nativa e sua categorização em função das restrições legais de uso, passos fundamentais no processo de gestão ambiental.

Ecologia, paisagem e Ecologia da Paisagem

A ecologia estuda as inter-relações entre os organismos, sua abundância e sua distribuição nos diferentes ambientes. Assim, os estudos ecológicos sempre envolveram o componente espacial, mesmo que de forma indireta e atemporal.

A determinação da distribuição geográfica das diferentes espécies vegetais ou animais é um dos exemplos de como as fronteiras geográficas naturais são estabelecidas, para os diferentes organismos. Como conseqüência, a Ecologia da Paisagem surgiu em decorrência da necessidade de compreensão das relações do ser humano com o meio ambiente e sua dinâmica, também envolvendo o componente de localização espacial.

De acordo com Naveh e Lieberman (1994), o termo paisagem foi primeiramente utilizado com a conotação geográfico-científica no início do século 19, por A. von Humboldt. Embora tenha sofrido muitas modificações, esse termo é freqüentemente associado à conotação estética de uma área.

Assim, é comum que a preocupação com o lado cênico (sob a visão antrópica) sobreponha as questões ecológicas, quando da descrição de uma área. Entretanto, quando embute a preocupação com as relações entre solo e as formas de vida endêmicas ao local em questão, paisagem pode ser definida como “(...) um mosaico de ecossistemas locais, ou usos da terra, que se repetem ao longo de uma grande extensão, produzindo uma agregação repetitiva de elementos espaciais” (FORMAN, 1995).

Outra forma de compreender o termo paisagem é tradicionalmente atribuída a M. G. Turner (1989), uma das precursoras da Ecologia da Paisagem como Ciência e uma de suas filósofas, que a define como uma “(...) área espacialmente heterogênea, onde ocorrem processos ecológicos passíveis de serem analisados em diferentes escalas espaciais” (TURNER, 1989).

O primeiro uso da expressão Ecologia da Paisagem (EP) pode ser creditado a Karl Troll (1939 –1968) que pretendeu reunir, numa só ciência, ecologia e geografia. Existem inúmeras definições para a nova ciência mas, eventualmente, a mais clássica e ainda atual seja a de Forman e Godron (1986), para quem EP seria “(...) o estudo da estrutura, função e alterações em uma porção de terra heterogênea, composta de ecossistemas interativos” (FORMAN; GODRON).

No Brasil, um dos autores que mais tem contribuído para o desenvolvimento da disciplina é Paul Metzger, que em 1999 definiu paisagem como

“(...) uma unidade heterogênea composta por um complexo de unidades interativas (em geral ecossistemas, unidades de vegetação ou de uso e ocupação das terras), cuja estrutura pode ser definida pela área, forma e disposição espacial (p. ex.: grau de proximidade e fragmentação) dessas unidades” (METZGER, 1999).

Ecologia da Paisagem é o estudo da ecologia no espaço. É um ramo relativamente jovem da ecologia que cresceu muito com os avanços computacionais associados ou não à Estatística Espacial e ao aprimoramento do Sensoriamento Remoto (SR), de técnicas ligadas aos Sistemas de Informações Geográficas (SIGs) e ao uso do GPS. Entretanto, só muito recentemente, as ferramentas analíticas disponíveis – principalmente programas de computação – começaram a acompanhar as grandes questões a respeito de aspectos relacionados à paisagem.

Com o desenvolvimento de novas facilidades computacionais e *software* específico, a Ecologia da Paisagem passou a incorporar a dimensão temporal e o estudo da dinâmica da heterogeneidade espacial, assim como o acompanhamento dos processos bióticos e abióticos.

Como mencionado anteriormente, a paisagem tem sido enfocada sob diferentes óticas, seja a ornamental (concentra-se nos aspectos cênicos), a ecológica ou geográfica. A abordagem ecológica envolve mudanças antrópicas e variações (susceptibilidade ambiental, grau de conservação da vegetação, representatividade e riqueza de espécies) e considera os eixos horizontal e vertical da paisagem. Já a abordagem geográfica, prioriza aspectos da paisagem relacionados ao tamanho e forma dos fragmentos, número total de fragmentos, tamanho médio dos fragmentos, índice de distância média, entre outros, e considera o eixo horizontal da paisagem. Evidentemente que todas essas abordagens poderiam e até deveriam estar presentes em estudos que adotem a Ecologia da Paisagem, tornando-a, uma ferramenta multidisciplinar.

Além da Ecologia e da Geografia, a Ecologia da Paisagem utiliza-se também de elementos da ecologia tradicional, biogeografia, arquitetura de paisagem, ecologia de ecossistemas, modelagem e geoestatística. É caracterizada pela consideração explícita de espaço, onde os organismos vivem, como os ambientes desses organismos variam no espaço e no tempo, e como as posições relativas de componentes diferentes do ambiente afetam os processos biológicos.

Efeitos da escala espacial

Em Geografia, assim como na Ecologia da Paisagem, o assunto escala merece um lugar de destaque. Meentemeyer (1989) revê o assunto com profundidade, resumindo que: "... assim como em muitos fenômenos biológicos,

a biodiversidade é sensível à escala de investigação”. Assim, a escala espacial é um parâmetro intrínseco na definição tanto da diversidade quanto da heterogeneidade de uma paisagem. Uma paisagem pode parecer heterogênea numa escala e muito homogênea em outra. Além do mais, dados são freqüentemente perdidos enquanto informações espaciais, quando escalas de resolução mais grosseira precisam ser adotadas.

Para ilustrar, considere-se o mapa do Brasil e, como foco, um rio de grandes dimensões, como o Rio Amazonas. Num mapa de escala menor – 1:5.000.000, por exemplo –, apenas poucos de seus afluentes podem ser representados. Entretanto, num mapa em escala maior – 1:200.000, em nosso exemplo – em que apenas o Estado do Amazonas seja ilustrado, muitos outros afluentes do Rio Amazonas, sejam eles primários, secundários ou até terciários, podem vir a ser representados. Baseando-se nesse particular, que diz respeito ao tamanho da área estudada e do nível de detalhes das informações disponíveis, muitos modelos têm sido descritos para o manejo ecológico, usando-se conceitos da EP. Um exemplo de modelo, que adota escala regional, é o *Environmental Management Planning* (EMP), que desde a década de 1970 foi adotado pelos japoneses.

No outro extremo, encontram-se os estudos envolvendo micropaisagem, como o desenvolvido por Wiens e Milne (1989), que usaram a teoria de fractais para estudar besouros em ambientes de até 1 m².

Sensoriamento remoto e Ecologia da Paisagem

Sensores remotos vêm sendo utilizados de forma eficiente na avaliação da biodiversidade e de índices envolvendo a estrutura de paisagens, reduzindo (mas não eliminando) a necessidade de aquisição de informações em campo e os custos envolvidos. As imagens digitais de sensoriamento remoto – que podem ser obtidas por satélites ou aeronaves – representam uma forma de captura indireta da informação espacial.

A escolha do sistema a ser usado para o imageamento da vegetação deve levar em consideração que, seja qual for o modelo escolhido, este sempre terá limitações. As informações são armazenadas como matrizes, sendo que

cada elemento da imagem, denominado *pixel* (abreviação de picture element, em inglês), tem um valor proporcional à energia eletromagnética refletida ou emitida pela área da superfície terrestre correspondente.

O conteúdo e as informações disponíveis em cada *pixel* dependem da resolução da imagem. As características usadas para a comparação dos diferentes sistemas são freqüentemente agrupadas em quatro tipos diferentes de resolução (espectral, espacial, temporal e radiométrica).

A resolução espectral é a medida dos intervalos de comprimento de ondas em que o sensor pode atuar e, em imagens digitais, representa o número de bandas espectrais e a faixa de sensibilidade de cada uma. Como exemplos, pode-se citar o sensor *Landsat 5 TM*, com 7 bandas, o *Spot 5*, com 4 bandas e o *Ikonos*, com 5 bandas (Tabela 1). A resolução espacial define o nível de detalhe de cada unidade de medida. Em imagens digitais, corresponde à área – no solo – representada por cada *pixel*. Para os exemplos já citados, temos: *Landsat 5 TM*, com *pixel* de 30 m nas bandas de 1 a 5 e 7, e *pixel* de 120 m na banda 6; *Spot 5* (Pancromático: 5 m *Supermode*: 2,5 m) e *Ikonos* (Pancromática: 1 m e Multiespectral: 4 m) (Tabela 1). A resolução temporal determina com que freqüência a mesma área é (ou foi, no caso daqueles em desuso) revisitada pelo sensor, normalmente representada em dias. Para os mesmos exemplos anteriores, tem-se revisita a cada 16 dias (*Landsat 5 TM*), 1 a 26 dias (*Spot 5*) e 1,5 a 2,9 dias (*Ikonos*) (Tabela 1).

Finalmente, a resolução radiométrica é a habilidade do sensor distinguir entre dois objetos de reflectância similar. Por exemplo, *Landsat TM5* tem resolução radiométrica de 256 níveis de cinza e *Landsat MSS* de 128, significando que o TM5 potencialmente distingue melhor dois objetos de mesma reflectância. Para facilitar a compreensão, define-se reflectância como a medida da quantidade e do tipo de energia que um objeto pode refletir (separando-se este conceito da energia que o mesmo objeto pode absorver ou transmitir).

Resumindo, apresenta-se, a seguir, comparação entre os diferentes sensores ainda disponíveis em 2005, sob a forma de imagens de arquivo ou novas revisitas. Para efeitos didáticos e conforme já mencionado anteriormente, os sensores são agrupados em: baixa resolução, alta resolução e altíssima resolução espacial, além dos radares, conforme pode ser verificado na Tabela 1.

Tabela 1. Características de diferentes sensores que imageiam áreas brasileiras.

Sensor / imageamento	Resolução espectral (nº bandas)	Resolução espacial (tamanho do pixel)	Resolução temporal (revisita)	Tamanho da cena (cobertura)
Baixa Resolução Espacial				
NOAA AVHRR ²	5	1,1 km	1 dia	2.400 km
WFI Cbers ¹	2	260 m	3 - 5 dias	890 km
Alta Resolução Espacial				
<i>Landsat MSS</i> ¹	4	80 m	18 dias	185 km
<i>Landsat 5 TM</i> ¹	7	Bandas 1 a 5 e 7=30 m Banda 6=120 m	16 dias	185 km
<i>Landsat 7 ETM</i> ¹	8	Bandas 1 a 5 e 7=30 m Banda 6=60 m Pancromático=15 m	16 dias	185 km
<i>Spot 4</i> ¹	4	Pancromático=10 m Multiespectral=20 m	26 dias	60 km
<i>Aster-Terra</i> ¹	14	15 a 90 m	s.d.	60 km
CCD-Cbers ²	5	20 m	26 dias	113 km
IR-MSS Cbers ¹	4	80 m	26 dias	120 km
Altíssima Resolução Espacial				
<i>Ikonos</i> ¹	5	Pancromática=1 m Multiespectral=4 m	1,5 a 2,9 dias	13 km
<i>Spot 5</i> ¹	4	Pancromático=5 m Supermode=2,5 m	26 dias	60 km
<i>Quick Bird</i> ²	4	0,61 a 2,8 m	1 a 3,5 dias	16,5 km
<i>Eros (A,B1, B2 a B6)</i> ¹	2	0,82 a 1,8 m	4 dias	12,5 a 16 km
Radar				
Radarsat-SAR ²	C	9 a 100 m	24 dias	50 a 500 km

Fonte: ¹ Engesat (2005); ² Embrapa (2005); s.d. – Não adquire dados continuamente.

A Reserva Florestal da Embrapa/Epagri, em Caçador, SC

Um estudo de caso

Como se pode perceber, pelos conceitos mencionados, a escolha da imagem é, na realidade, um compromisso entre os recursos disponíveis e o tamanho da área a ser analisada.

Quanto maior a área, menor o nível dos detalhes potencialmente analisáveis, determinando-se, assim, a escala de trabalho. Como exemplo, analise-se a Reserva Florestal da Embrapa/Epagri (RFEE) em Caçador, com 1.157,48 ha. A RFEE encontra-se entre as coordenadas geográficas 26° 50' e 26° 55' de latitude Sul e 50° 05' e 51° 00' de longitude Oeste, região centro-oeste do Estado de Santa Catarina (Fig. 1).



Fig. 1. Localização da Reserva Florestal Embrapa/Epagri, em Caçador, SC.

Fonte: Kurasz (2005).

A área pertence formalmente à Embrapa, mas está sob contrato de comodato junto à Empresa Catarinense de Pesquisa Agropecuária (Epagri) e é um dos maiores remanescentes contínuos com vegetação característica do bioma Floresta Ombrófila Mista – Floresta com Araucária (FOM). A reserva representa uma das raras comunidades onde ainda é possível encontrar, além da fauna característica desta tipologia florestal, espécies de grande valor econômico e ecológico como a imbuia, canelas, cedros e uma população centenária de grandes araucárias, marcando, fortemente, a paisagem local.

O maior exemplar de cedro remanescente no Sul do Brasil e algumas das maiores imbuías encontram-se nessa Reserva. A partir de 2000, a Embrapa Florestas tem se dedicado a levantar informações básicas para que se possa instalar, no local, uma rede de pesquisas envolvendo as mais diversas áreas e instituições. Para tanto, passou-se a contar com uma imagem *Landsat 7 ETM*, tomada em 12/08/2001 (Fig. 2). As bandas 1 a 5 e 7 possuem resolução de 30 m e a banda pancromática tem resolução de 15 m, sendo o sensor classificado como de alta resolução espacial. Considerando-se que, na atualidade, trabalham-se com imagens em meio digital, é comum que se utilize a escala 1:100.000 em estudos que se propõem a classificar o uso do solo, por exemplo, sendo possível, em muitos casos, chegar-se à escala 1:50.000. Além desse limite, a ampliação com qualidade da imagem comumente não é viável.

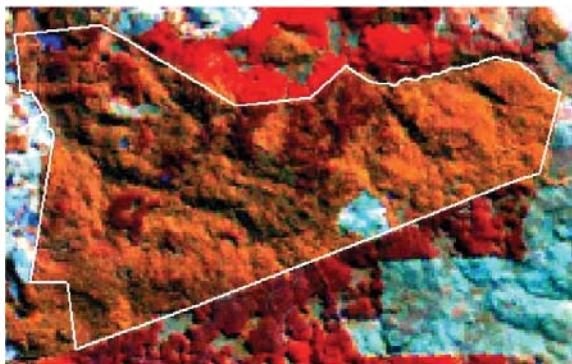


Fig. 2. Composição 4(R)5(G)3(B) de subcena *Landsat 7 ETM*, de 12/08/2001, enfatizando-se os limites da RFE.

Fonte: Acervo da Embrapa Florestas.

As imagens *Landsat 5* e *7* têm sido amplamente utilizadas, sendo, certamente, aquelas que melhor foram estudadas, em função de representarem, por um longo período de tempo, as únicas opções viáveis para o uso de imagens de satélite em pesquisas e em projetos. Mais recentemente, tornaram-se disponíveis as imagens *Aster* (sensor Terra), cuja resolução espacial de 15 m as coloca na mesma categoria das imagens *Landsat* (o projeto *Landsat 7 ETM* foi descontinuado, desde maio de 2004).

Destaque-se o esforço do Brasil, que em parceria com a China, lançou a série *Cbers-2*, com resolução espacial de 19,5 m e cedida sem custos pelo

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (Inpe). Basta o interessado solicitar, e receberá um recorte (*quick-look*), da imagem da área em questão.

Dando continuidade aos estudos envolvendo geotecnologias na RFEF, com o intuito de ampliar a capacidade de discriminação de alvos e com recursos de projeto financiado pela Embrapa, determinou-se o imageamento da reserva e seu entorno num total de aproximadamente 100 km², através do sensor *Ikonos*, imagem esta que foi adquirida em 17/02/2004 (Fig. 3). A banda pancromática da imagem *Ikonos* possui 1 m de resolução espacial e as multiespectrais, 4 m. As imagens *Ikonos* encontram-se classificadas como de altíssima resolução, assim como as imagens *Quick-Bird* e *Eros*.

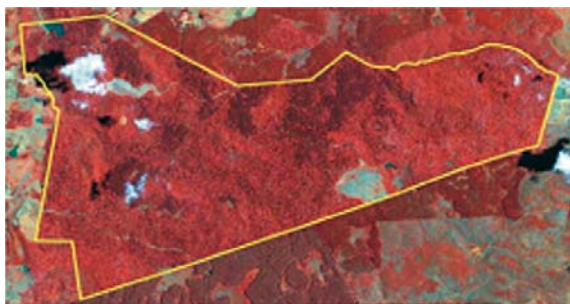


Fig. 3. Subcena do sensor *Ikonos*, composição NGB, imageada em 17/02/2004.

Fonte: Acervo da Embrapa Florestas.

Com a aquisição e interpretação visual da imagem *Ikonos*, foi possível discriminar oito diferentes associações de espécies (DLUGOSZ, 2005) características da Floresta com Araucária, mas de difícil diferenciação quando em imagens de menor resolução. Destaque deve ser dado aos tons mais escuros da “mata-preta”, nome comum dado às concentrações da espécie *Araucaria angustifolia*, uma das três únicas espécies de coníferas nativas do Brasil (as outras são o *Podocarpus lambertii* e o *Podocarpus sellowii*).

Vale ressaltar a grande diferença de capacidade de discriminação de alvos entre as imagens *Landsat 7 ETM* e *Ikonos*, já que esta última – quando em meio digital – pode ter sua escala ampliada para até 1:3.000, sem perder qualidade, algo como 20 vezes mais que ampliações de escala das imagens da série *Landsat*. A Fig. 4 apresenta ampliação de uma área da imagem da RFEF.



Fig. 4. Detalhe da subcena *Ikonos* da RFEE, na escala 1:3.000.

Fonte: Acervo da Embrapa Florestas.

Fragmentação florestal e seus efeitos

Fragmento Florestal é uma área remanescente das alterações na paisagem provocadas pelo ser humano e com vegetação típica de uma determinada região, denominada de *landscape patch* (em inglês). Esse termo parece apropriado porque embute o conceito de *patchwork quilt* (retalho ou remendo), a conhecida colcha de retalhos e, mais que isso, *patchy* significa “algo composto de partes irregulares”.

Em português, fragmentação e fragmento passaram a representar os conceitos de *fragmentation* e de *patch*. Uma definição marcante para fragmento foi dada por Forman e Godron (1986), para quem o mesmo seria representado por “uma área relativamente homogênea, que difere da matriz do seu entorno”.

Fatores como a heterogeneidade dos recursos dos diferentes ambientes, os processos sucessionais e os possíveis distúrbios de naturezas diversas, resultam em fragmentos de tamanhos e formas diferenciados. As primeiras métricas a serem citadas como fatores importantes para a biodiversidade, sua estabilidade e funcionalidade, foram justamente o tamanho, a forma e a natureza ou características da área externa do fragmento, denominada em inglês de *edge* e batizada, em português, de borda. Assim, foi cunhado a expressão “efeito de borda”, a ser mencionada com mais detalhes adiante.

O tamanho do fragmento e seu grau de isolamento foram primeiramente incorporados aos modelos para o estudo de número, tipo e fluxo de espécies, desde MacArthur e Wilson, (1967), os pais da Teoria de Biogeografia de Ilhas, que com a Teoria da Dinâmica de Metapopulações (LEVINS, 1970, constituiu a base para muitos dos atuais princípios da Ecologia da Paisagem, inclusive o uso de corredores de flora e fauna geograficamente distribuídos.

Muitos trabalhos têm sido dirigidos para a compreensão do impacto do fenômeno fragmentação sobre a distribuição e freqüência de espécies vegetais e animais. Tem-se associado o tamanho do fragmento, seu grau de isolamento e até espécies indicadoras como, por exemplo, *Mimosa scabrella* (Bracatinga) e *Vernonia discolor* (Vassourão-preto) são espécies indicadoras do estágio inicial de sucessão ou *Ocotea puberula* (Canela-guaicá), *Piptocarpha angustifolia* (Vassourão-branco), que indicam estágios médios de regeneração de uma área florestal na Floresta com Araucária, para avaliar os efeitos da profunda alteração no uso do solo produzida pelo ser humano.

Sistemas de Informação Geográfica (SIGs) e Ecologia da Paisagem

Voltando à questão da dependência da Ecologia da Paisagem com novas tecnologias, para Johnson (1990), os Sistemas de Informação Geográfica (SIGs) são um conjunto de *hardware* e *software* desenvolvidos para a análise e disponibilização de feições espacialmente referenciadas (i.e., pontos, linhas, polígonos) com atributos não geográficos (i.e., espécies, idade). No campo do Manejo e Ecologia dos Recursos Naturais, os SIGs têm sido usados mais freqüentemente para:

- a) Derivação de medidas de área ou comprimento.
- b) Funções relativas à intersecção de arquivos como junção, análise de coincidências espaciais e detecção de mudanças no tempo.
- c) Análises de proximidade de feições.
- d) Derivação de dados para entrada em modelos de simulação ou modelos de crescimento, para o cálculo de métricas específicas.

Na década de 1990, iniciou-se uma tendência de se considerar como *sites* (áreas) de estudo, áreas de maior tamanho, além de se envolver períodos de observação mais longos, época que coincidiu com o período de maior desenvolvimento dos SIGs.

Segundo Turner (1990), muitos dos problemas ecológicos, atualmente em discussão, poderiam ser muito mais facilmente analisados usando-se diferentes aproximações de SIG, tais como:

- a) Como a estrutura da paisagem mudou ao longo do tempo? Que fatores controlam os padrões da paisagem?
- b) Como os padrões de paisagem afetam os processos ecológicos?
- c) Podem as medidas de padrão da paisagem ser diretamente relacionadas às funções ecológicas?
- d) Como o padrão da paisagem afeta o aumento de determinados distúrbios?
- e) Podem as mudanças na paisagem ser prognosticadas usando-se modelos de simulação?
- f) Como a escala espacial influencia a análise do padrão da paisagem?

Os mais diversos exemplos de uso têm sido reportados, envolvendo SIGs e Ecologia da Paisagem, como:

a) A integração de mapas digitais como *layers*, incluindo temas como geologia, topografia e a radiação celeste limpa em um SIG para prognosticar a distribuição das florestas nos Estados Unidos.

b) SIG, análise fractal e métodos estatísticos para examinar a distribuição espacial de espécies do gênero *Tsuga*, analisando-se aspectos relativos ao tamanho e forma dos povoamentos e a correlação entre a presença das diferentes espécies e o tipo de solo, além da sua distribuição espacial individual nos povoamentos.

c) No Brasil, SIG em extensas áreas pode ser exemplificado pelo Sistema de Informações Georreferenciadas para a Amazônia Legal (BOHRER et al., 2001), que, além de mapas temáticos ambientais, associa ao espaço físico dados socio-econômicos; uso de SIG na determinação das potencialidades de zonas propícias à criação de Áreas de Proteção Ambiental (APAs) (THUM; MADRUGA, 1999).

Descritores do padrão e da estrutura da paisagem

De acordo com Viana et al. (1992), os principais fatores que afetam a dinâmica dos fragmentos florestais são: tamanho, forma, grau de isolamento, tipo de vizinhança e histórico das perturbações ocorridas.

Algumas dessas métricas – como são chamados os índices que caracterizam a paisagem – são apresentadas no presente texto usando-se como exemplo o mesmo estudo já mencionado anteriormente e desenvolvido por Kurasz (2005), na Reserva Florestal da Embrapa/Epagri (RFEE), em Caçador, SC.

A interpretação visual da imagem *Ikonos* – adquirida especialmente para o estudo – resultou num mapa temático que reflete a forma e as relações topológicas das unidades utilizadas na análise da ecologia da paisagem, representadas por polígonos e seus atributos. A metodologia de mapeamento permitiu o delineamento de unidades de paisagem com detalhamento equivalente à escala de 1:6.000.

Área ou tamanho do fragmento

O tamanho das unidades de paisagem tem sido uma métrica freqüentemente utilizada como base para a modelagem dos padrões de distribuição e riqueza de espécies. Sua relação com atributos ecológicos é um dos elementos centrais da teoria de biogeografia de ilhas, de MacArthur e Wilson (1967).

Pequenos fragmentos servem de habitat e ponto de parada intermediária para dispersores ao longo da matriz e para recolonização após extinções locais de espécies. Fornecem escape de predadores, proteção para espécies raras ou de distribuição dispersa. Também têm importância na melhoria do microclima, absorção da água da chuva e redução de enchentes quando localizados próximos de áreas urbanas.

Além disso, fornecem alimento ou abrigo a espécies migratórias, como aves, morcegos, mariposas. Servem de quebra-ventos, estabilizando os solos e outros serviços naturais do ecossistema e como fonte de caça e de outros produtos às comunidades locais. Contudo, fragmentos pequenos demandam manejo mais intensivo, devendo incluir práticas de monitoramento demográfico em função do seu isolamento e controle à invasão por plantas exóticas.

Grandes fragmentos dão suporte a espécies de habitat interior, protegem e atuam como área de reserva para mamíferos de maior porte – e que estão no topo da cadeia alimentar – e servem como fonte de espécies para dispersão, além de normalmente servirem como tampão contra extinções durante mudanças ambientais, mas são cada vez mais raros e, na maioria das vezes, estão em mãos de particulares e vulneráveis a alterações fundiárias.

Em termos didáticos, um fragmento possui o que se denomina de:

- Borda (área externa e mais suscetível a efeitos da antropização).
- Centro ou *core* (centro de massa da figura geométrica).
- Área interior (área de uma unidade excluindo-se a borda e o centro (*core*) e é definida como a área do maior círculo que pode ser inserido em tal figura geométrica).

No caso de nosso exemplo envolvendo a RFEF de SC, Kurasz (2005) encontrou que a classe vegetação nativa apresentou o maior número de fragmentos na área estudada (256), sendo que, destes, apenas 46 (17,97 %) possuem área maior que 5 ha.

O percentual de área coberta por esses 46 fragmentos em relação à área total de todos os fragmentos foi de 17,18 %, o que indicou a ocorrência (densidade) de 1,04 fragmentos de 16,57 ha de tamanho médio a cada 100 ha.

O desvio-padrão e o coeficiente de variação do tamanho dos 46 fragmentos com área > 5 ha foram $\pm 12,95$ ha e $\pm 78,14$ %, respectivamente, o que expressa a existência de uma grande dispersão dos valores observados (área dos fragmentos) em relação à média, já que 80 % dos fragmentos apresentaram área inferior a 5 ha (Fig. 5).

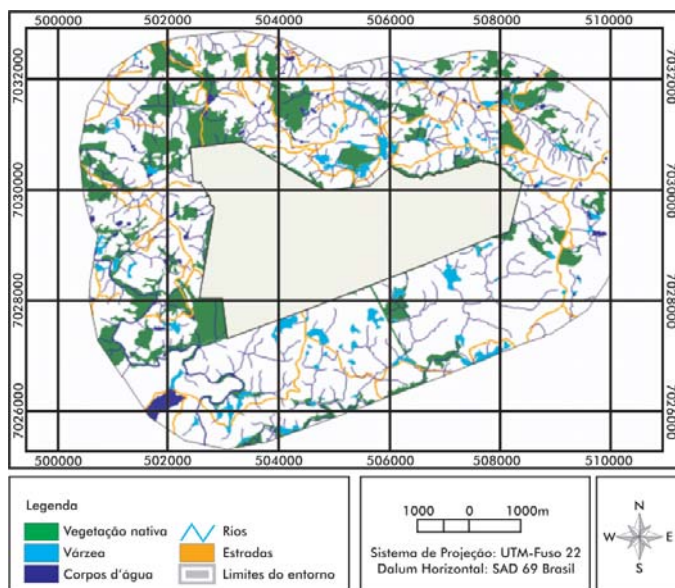


Fig. 5. Distribuição dos fragmentos maiores que 5 ha no entorno da Reserva Florestal da Embrapa/Epagri, em Caçador, SC.

Fonte: Kurasz (2005).

Forma do fragmento

A forma de um fragmento é usualmente expressa em termos da relação entre área e perímetro de um determinado fragmento (métrica de forma ou índice de circularidade). É bastante útil na análise da vulnerabilidade dos fragmentos a perturbações, já que denuncia a provável interferência do chamado efeito de borda. Pode também influenciar vários processos ecológicos, como mudanças na composição da vegetação e do solo, a viabilidade da presença de certas espécies da fauna.

A forma de uma feição de uso do solo é determinada pela variação nas suas margens ou fronteiras e relaciona-se com a intensidade da atividade humana de uma maneira interessante. Três variáveis comumente diferenciam a forma das unidades:

- a) Criadas naturalmente *versus* antrópicas (curvilineares ou amebóides *versus* geométricas).
- b) Compactas *versus* alongadas (razão do comprimento pela largura).
- c) Arredondadas *versus* convolutas (número de lobos – ou lóbulos – principais presentes).

As formas compactas oferecem mais proteção e são mais efetivas na conservação dos recursos. Formas convolutas são eficientes no enriquecimento das relações com o entorno. Formas labirínticas tendem a servir como meio de transporte (redes de drenagem).

Corredores ecológicos

Nas últimas décadas, o conceito de desenvolvimento adotado pelos países ocidentais privilegiou a conversão de áreas florestais nativas em áreas agropecuárias, algumas delas de grandes extensões territoriais. Assim, a paisagem nativa cede espaço a uma matriz extremamente alterada, envolvendo áreas urbanas e demais áreas antropizadas.

Como conseqüência, a continuidade da vegetação e fauna remanescentes no local em fragmentos isolados dependerá do tempo de isolamento ou fragmentação, da distância entre fragmentos adjacentes e do grau de conectividade entre eles (SAUNDERS et al., 1991).

Corredores ecológicos são porções de ecossistemas naturais ou seminaturais, ligando unidades de conservação ou áreas protegidas, públicas ou privadas, que possibilitam o fluxo de genes entre elas, facilitando a dispersão de espécies e a recolonização de áreas degradadas, bem como a manutenção de populações que demandam, para sua sobrevivência, áreas com extensão maior do que aquela das unidades individuais.

Corredores ecológicos são caracterizados por uma faixa de um tipo particular de cobertura do solo que difere das áreas adjacentes em ambos os lados. Estes elementos de configuração específica exercem cinco funções principais em paisagens:

- a) Habitat para certas espécies.
- b) Via para a movimentação de animais e plantas.
- c) Filtro ou barreira, inibindo o cruzamento entre unidades adjacentes.
- d) Fonte de efeitos ambientais e biótico.
- e) Reservatório de objetos provenientes da matriz ou unidades adjacentes.

A alocação de *habitat corridors*, ou corredores ecológicos, como estão sendo denominados em português, para conectar ambientes insulares (teoria de biogeografia de ilhas) tem sido uma das mais consistentes e recomendadas proposições em que se baseiam estratégias para a conservação da fauna em ambientes fragmentados.

Bennett (1990) estudou a correlação entre tamanho dos fragmentos e a presença de mamíferos de maior porte e, segundo o autor, o intercâmbio entre os indivíduos, decorrente da existência de corredores, poderá aumentar a qualidade das estratégias de conservação adotadas, em dois pontos:

- a) Reduzindo a vulnerabilidade das populações insulares à extinção estocástica decorrente de distúrbios ambientais, flutuação demográfica ou deterioração genética.
- b) Provedendo meios de recolonização.

A heterogeneidade das paisagens é um dos fatores que modelam a distribuição especial de muitas espécies. Sua ocorrência pode estar limitada aos fragmentos florestais adequados (em termos de tamanho, forma, biodiversidade) para seu estabelecimento, os quais, muitas vezes, são separados por barreiras que, em graus variados, podem impedir a dispersão

de algumas espécies. Assim, a habilidade de dispersão de alguns indivíduos em áreas heterogêneas será possível por meio dos chamados corredores ecológicos, que podem converter subpopulações isoladas numa unidade demográfica única.

Existem, também, argumentos contrários à alocação espacial de corredores, alegando-se que estes podem ser um meio de disseminação de doenças, de pragas e até do fogo. Argumenta-se, também, que tais vias de acesso poderiam expor animais silvestres aos animais domésticos. Entretanto, em termos de estratégia de conservação, qualquer tipo de conexão entre dois fragmentos isolados ainda é melhor do que a inexistência de ligação entre eles, embora fragmentos geometricamente isolados e conectados por corredores de baixa qualidade sejam mais vulneráveis a extinções em escala local.

Podem-se apontar alguns benefícios da presença de corredores em paisagens, entre eles a proteção da biodiversidade, rotas de dispersão para a recolonização de áreas degradadas, melhoria da qualidade e controle de recursos hídricos, enriquecimento da produção agroflorestal fornecendo produtos madeireiros e não-madeireiros, controle da erosão do solo, prevenção da desertificação, recreação, enriquecimento da coesão cultural e da comunidade, rotas de dispersão em face de mudanças climáticas e geológicas. Além das populações residentes nos corredores, permitindo a dispersão de animais entre os fragmentos e o fluxo gênico, os corredores podem facilitar a continuidade entre populações anteriormente isoladas.

Vários trabalhos têm sido publicados enfocando o uso de geotecnologias para a caracterização de corredores ecológicos. No Brasil, alguns dos primeiros autores a se dedicar ao tema foram Martins et al. (1998) ao desenhar metodologia para a indicação de corredores ecológicos para o Município de Viçosa, MG, baseando-se em declividade, altitude, rede de drenagem, estradas e categorias do uso do solo.

Já Altoé et al. (2005), ao determinar a melhor estratégia para o estabelecimento de corredores ecológicos para o Município de Conceição da Barra, ES, a partir do mapa de uso e ocupação do solo, definiram os pesos de adequabilidade para cada classe temática do mapa de uso e ocupação do solo, ou seja, geraram um mapa de classes ponderadas.

As feições com menores pesos definiram os melhores caminhos para a passagem dos corredores. Ao final do processo, foi gerada uma superfície de

atrito onde o maior peso possui o maior custo para a implementação de um corredor ecológico.

Em nível regional, destaque-se o Projeto Paraná Biodiversidade, cujo maior objetivo é a viabilização de três grandes corredores ecológicos naquele estado e uma proposta para Santa Catarina, que envolve o estabelecimento de corredores em parte da área de ocorrência do ecossistema Floresta com Araucária.

Efeito de borda

As definições mais recentes de ecossistema enfatizam o conceito de interação. O efeito de borda resulta da interação de usos do solo adjacentes separados por uma transição abrupta e, usualmente, advinda de ação antrópica. Nesse momento, se faz necessária a introdução do conceito de ecótonos, que podem ser definidos como zonas onde dois ecossistemas se sobrepõem. São lugares onde as diferenças entre os ambientes ficam mais evidentes.

Tradicionalmente, analisava-se o efeito da interface entre dois tipos de habitats como sendo uma área de alta riqueza, com espécies de ambos os ambientes utilizando-se da região de ecótono. Entretanto, tem se tornado claro que, no caso das florestas, a borda sofre forte influência do ambiente aberto ao redor, o que é bastante prejudicial a muitos organismos florestais.

Uma das mais importantes modificações proporcionadas pela fragmentação de uma floresta é o aumento da proporção da borda exposta a outros habitats em relação ao interior da floresta, sendo que, em muitos casos, a paisagem de borda passa a ser uma característica dominante no fragmento e a influência do efeito de borda torna-se extensiva sobre este. Turton e Freiburger (1997) caracterizaram três tipos de efeito de borda:

- a) Abiótico, envolvendo mudanças nas condições físicas resultantes da proximidade de um habitat estruturalmente bastante diferente ao redor da floresta.
- b) Biológico direto, envolvendo mudanças na distribuição e na abundância de espécies causadas pela alteração das condições físicas próximas à borda.
- c) Biológico indireto, resultado das mudanças nas interações entre as espécies nas proximidades da borda.

Para esses autores, as influências abióticas mais importantes sobre a borda de uma floresta são a mais alta taxa de radiação solar e temperatura do

ar e do solo (com menor umidade deste) em relação ao interior da mata, pois esses fatores conduzem muitos processos biológicos (fotossíntese, desenvolvimento da vegetação, decomposição e ciclo de nutrientes).

A intensidade dessas modificações varia não apenas com a distância da borda, mas também com o aspecto desta, ou seja, sua orientação em relação à posição do sol, sua estratificação vertical, além do formato, do tamanho e da idade do fragmento.

De especial importância é a idade da borda, ou seja, há quanto tempo ela foi criada, pois as modificações microclimáticas podem desaparecer ou tornar-se mais complexas com o passar do tempo, devido às mudanças na estrutura da vegetação local. Um efeito abiótico que pode ser drástico sobre fragmentos florestais é o vento.

Como exemplo de investigação sobre qual efeito espacial da redução no tamanho dos fragmentos no contexto da paisagem do entorno da RFEE, em Caçador, SC, Kurasz (2005) desenhou um cenário temporal bastante provável, considerando um efeito de borda que reduziria, ao longo de um futuro próximo, o tamanho de fragmentos numa razão de 50 m a partir de sua borda (Fig. 6). Com essa abordagem preditiva, verificou-se que apenas 31,11 % dos fragmentos manteriam área de habitat interior. Assim, em função de uma possível ação antrópica, a diminuição no número de fragmentos existentes na área estudada poderá ser acentuada em médio e longo prazo, já que a redução seria de 46 para 14 fragmentos, ou seja, de uma densidade de 1,04 fragmentos (situação atual) para 0,32 a cada 100 ha (hipótese analisada). Tal situação também poderá estar associada ao baixo índice de circularidade da maioria dos fragmentos e às pequenas dimensões das ilhas ecológicas, o que poderá não garantir sua permanência na área.

Fragmento florestal na propriedade rural

Embora a Ecologia da Paisagem pressuponha análises regionais, é oportuno ressaltar que a propriedade rural se constitui na unidade administrativa básica, dentro da qual as atividades antrópicas se manifestam e assim determinam a origem do processo de fragmentação. Assim, torna-se necessário avaliar como se distribuem, na propriedade, as áreas cobertas por vegetação nativa e sua categorização em função das restrições legais de uso.

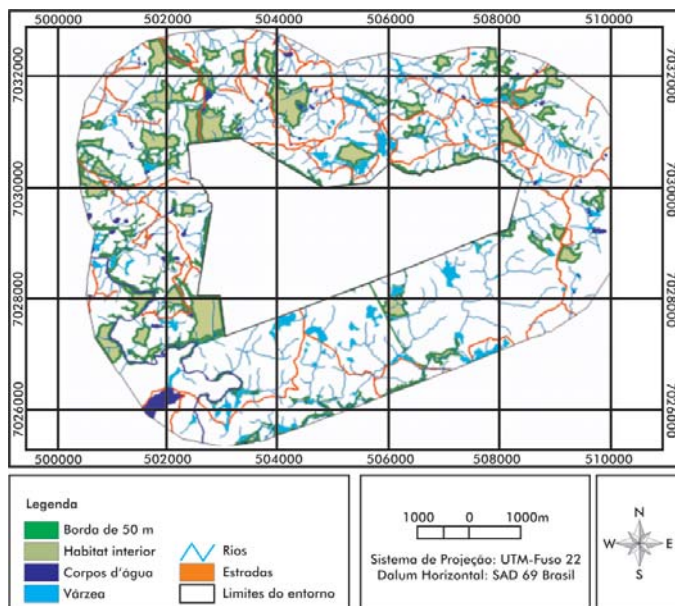


Fig. 6. Simulação envolvendo efeito de borda na Reserva Florestal Embrapa/Epagri, em Santa Catarina.

Fonte: Kurasz (2005).

Os instrumentos legais atuais (2006) mais comumente consultados para a adequação da propriedade rural à legislação ambiental são: a Medida Provisória 2166-67, de 24 de agosto de 2001, que altera o Código Florestal (de 15 de setembro de 1965); a Resolução do Conama nº 303, de 20 de março de 2002, que dispõe sobre parâmetros, definições e limites de Áreas de Preservação Permanente (APPs) e a Resolução nº 302, de 20 de março de 2002, que dispõe sobre parâmetros, definições e limites de APPs de reservatórios artificiais e o regime de uso do entorno. Assim, são selecionadas quinze situações representadas por locais específicos de determinadas feições geográficas ou de determinados processos biológicos, importantes para o ecossistema, que constituem as chamadas Áreas de Preservação Permanente, quer estejam cobertas por vegetação nativa ou não. A Tabela 2 apresenta de forma sintética a largura das faixas consideradas como APP às margens de cursos d'água.

Também ao redor de olhos d'água, ou nascentes, deve-se considerar um raio mínimo de 50 m como APP. No caso de espaços brejosos ou encharcados, a faixa marginal de, no mínimo, 50 m é considerada como APP. Em se tratando de lagos naturais, existem várias situações possíveis (Tabela 3).

Tabela 2. Largura mínima das faixas de APP medidas em relação ao nível mais alto em projeção horizontal dos cursos d'água.

Largura Rio (m)	Largura APP (m)
< 10	30
10 – 50	50
50 – 200	100
200 – 600	200
> 600	500

Tabela 3. Largura da faixa de APP ao redor de lagos naturais e artificiais.

Tipo de Lago	Localização	Largura da Faixa (m)	
Natural	Urbana	30	
	Rural	< 20 ha	50
		> 20 ha	100
Artificial	Urbana	< 5 ha	30
			Sem APP (se não for resultante de represamento)
	Rural	< 20 ha	15 (se não for utilizado para energia elétrica ou abastecimento público)
		< 10 ha	15 (se for para energia elétrica)
		Para todos os outros casos	100

São também considerados como APP o terço superior de morros e montanhas, tendo a Resolução 303 do Conama (CONAMA, 2002b) definido como montanha (...) toda elevação do terreno com cota em relação à base superior a 300 m” e morro como “elevação entre 50 m e 300 m e encostas “com declividade superior a 30 % (aproximadamente 17°) na linha de maior declividade.

A Reserva Legal (RL) é definida pela MP 2166-67 como

(...) área localizada no interior de uma propriedade ou posse rural excetuada a de preservação permanente, necessária ao uso sustentável dos recursos naturais, à conservação e reabilitação dos processos ecológicos, à conservação da biodiversidade e ao abrigo e proteção de fauna e flora nativas.

A percentagem da área da propriedade rural que deve ser mantida com RL varia segundo a região do país (Tabela 4).

Tabela 4. Percentual da propriedade a ser mantida como Reserva Legal (*).

Região	Percentagem
Amazônia Legal	80 %
Cerrado na Amazônia Legal	35 % (sendo no mínimo 20 % na propriedade e 15 % podendo ser compensados em outra área)
Demais regiões	20 %

(*) A acima reporta-se à legislação federal. Entretanto, quando da regulamentação da legislação federal, os estados e municípios podem ser mais restritivos – localmente – com relação à autorizações de corte da vegetação nativa, mas nunca ampliar o percentual definido como permitido na chamada “lei maior”, ou seja, a federal.

Fonte: Brasil (2001).

O percentual de área para RL também apresenta regime diferenciado em se tratando de pequena propriedade rural ou posse rural familiar, que, nos estados do Sul do País, não supera os 30 ha de área. A MP 2166-67 admite o cômputo das áreas relativas à vegetação nativa existente em área de preservação permanente no cálculo do percentual da RL, de acordo com os critérios apresentados na Tabela 5, desde que não implique em conversão de novas áreas para o uso alternativo do solo.

Assim, se uma pequena propriedade com 20 ha de área, por exemplo, apresenta 2 ha que devem ser mantidos como APP (equivalente a 10 % da área total – ver última linha da Tabela 5) a área de RL deverá ser de 3 ha, perfazendo APP e RL juntas o equivalente a 5 ha (25 % da área total).

Como exemplo de legislação estadual, o Estado do Paraná, por meio do Decreto nº 3.320, de 12/07/2004, aprovou os critérios, normas, procedimentos e conceitos aplicáveis ao Sistema de Manutenção, Recuperação e Proteção da Reserva Florestal Legal e Áreas de Preservação Permanente (Sisleg), instituído pelo Decreto Estadual nº 387/99.

Como parte integrante do cadastramento da Reserva Legal do imóvel rural junto ao Instituto Ambiental do Paraná (IAP), o proprietário deve anexar um mapa contendo, entre outros elementos, o dimensionamento e a localização de todas as áreas cobertas por vegetação nativa, identificando a

Tabela 5. Cômputo de APP para a área de Reserva Legal no Sul do Brasil.

Propriedade média ou grande	
Condição	Resultado
APP < 30 % área	RL em separado (20 % área)
APP > 50 % área	APP é a própria RL
30 % área < APP < 50 % área	Completar as áreas de RL, somando com APP até atingir 50 % da área
Pequena propriedade	
Condição	Resultado
APP < 5 % área	RL em separado (20 % área)
APP > 25 % área	APP é a própria RL
5 % área < APP < 25 % área	Completar as áreas de RL, somando com APP até atingir 25 % da área

Fonte: Brasil (2001).

Reserva Legal (RL) e as Áreas de Preservação Permanente (APPs). Esse mapa – elaborado por técnicas de geoprocessamento – funciona, também, como ferramenta diagnóstica no processo de adequação ao Sisleg.

O material básico, fornecido pelo proprietário, é um mapa de uso do solo, em meio digital ou analógico (em papel). Quando em meio digital, geralmente os arquivos encontram-se, já, georreferenciados, em formato “.dxf”, compatível com o *software* AutoCad.

Quando em meio analógico, o mapa deve ser escaneado e a imagem gerada será georreferenciada, com informações de coordenadas do próprio mapa ou de pontos coletados no terreno com equipamento *Global Positioning System (GPS)* ou similar.

A etapa seguinte consiste na vetorização das feições de uso do solo (p. ex., vegetação nativa, reflorestamentos, agricultura, pastagem), bem como do sistema viário (estradas e caminhos) e da hidrografia da propriedade (rios, córregos, nascentes, várzeas). Podem ser utilizados *software* de Sistemas de Informações Geográficas (SIG) que permitem a edição de temas vetoriais e executam operações de cruzamento de informações e análises espaciais.

De acordo com os parâmetros e limites estabelecidos pelo Conselho Nacional do Meio Ambiente (Conama), na Resolução nº 303, de março de

2002, são gerados *buffers* ao longo dos cursos d'água e ao redor de nascentes, várzeas e outros corpos d'água, constituindo, em seu conjunto, um tema denominado APP ideal.

Em seguida, é feita a intersecção desse tema com as feições de uso do solo, o que resulta em duas situações possíveis: as APPs que se localizam sobre os polígonos de vegetação nativa passam a constituir o tema denominado APPs existentes, enquanto as APPs que se sobrepõem a outros tipos de uso do solo serão as APPs a serem restauradas.

Na etapa seguinte, o tema APPs existente é subtraído das feições de uso do solo correspondentes à vegetação nativa e o resultado constitui a área disponível para Reserva Legal (RL existente). Calculando-se a área correspondente a esse tema, pode-se verificar se o imóvel possui a quantidade mínima exigida para constituir a RL.

Se houver excedente de vegetação nativa, o proprietário pode ceder parte ou a totalidade dessa área para compor, a título de compensação, a RL de outro imóvel. Contudo, se houver déficit de RL, pode-se alocar, no mapa, uma área para sua restauração, tomando-se como critério a proximidade com outra Reserva Legal, APP, unidade de conservação ou outra área legalmente protegida. Alternativamente, a propriedade poderá receber a RL localizada em outro imóvel (Fig. 7).

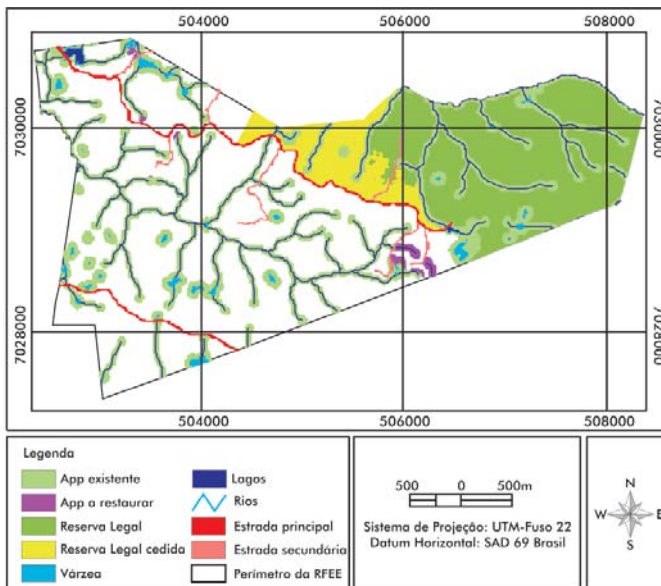


Fig. 7. Alocação de áreas de APP e Reserva Legal na Reserva Florestal Embrapa/Epagri, em Caçador, SC.

Fonte: Kurasz (2005).

Nos trabalhos desenvolvidos pela Embrapa, o SIG tem demonstrado ser uma ferramenta bastante adequada à geração de mapas para sistemas como o Sisleg, uma vez que possibilita operações de edição, intersecção e união; cálculo de áreas de feições e elaboração de *layouts*, facilitando o trabalho de elaboração do Plano ou Sistema de Gestão Ambiental.

Referências

- ALTOÉ, R. T.; OLIVEIRA, J. C.; RIBEIRO, C. A. S. Sistema de informações geográficas na definição de corredores ecológicos para o município de Conceição da Barra-ES. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 12., 2005, Goiânia. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2005. p. 1995-2002.
- BENNETT, A. F. Habitat corridors and the conservation of small mammals in a fragmented forest environment **Landscape Ecology**, The Hague, v. 4; n. 2/3. p. 109-122, 1990.
- BOHRER, C. B. A.; FIORAVANTE, H.; OLIVEIRA, L. C.; FARIA, C. P.; SILVA, A. L. G. Desenvolvimento de um Sistema de Informações Espaciais Ambientais e Sócio-Econômicas para a Amazônia Legal – SIG-AML. In: SEMINÁRIO DE ACOMPANHAMENTO NEMESIS, 8.; SEMINÁRIO DE ESTUDOS REGIONAIS E URBANOS, 1., 2001, São Paulo. **Anais...** São Paulo: FEA: FGV: NEMESIS, 2001.
- BRASIL. Medida provisória nº 2166-67 de 24 de agosto de 2001. Altera os arts. 1º, 4º, 14, 16 e 44, e acresce dispositivos à Lei nº 4.771, de 15 de setembro de 1965, que institui o Código Florestal, bem como altera o art. 10 da Lei nº 9.393, de 19 de dezembro de 1996, que dispõe sobre o Imposto sobre a Propriedade Territorial Rural - ITR, e dá outras providências. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 25 ago. 2001.
- CONAMA. Conselho Nacional do Meio ambiente. Resolução Conama nº 302 de 18 de março de 2002. Dispõe sobre os parâmetros, definições e limites de Áreas de Preservação Permanente de reservatórios artificiais e o regime de uso do entorno. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 13 maio 2002a.
- CONAMA. Conselho Nacional do Meio ambiente. Resolução Conama nº 303 de 20 de março de 2002. Dispõe sobre os parâmetros, definições e limites de Áreas de Preservação Permanente. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 13 maio 2002b.
- DLUGOSZ, F. L. **Classificação orientada a regiões na discriminação de tipologias da floresta ombrófila mista usando imagens orbitais ikonos**. 2005. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba.
- EMBRAPA. **Principais satélites utilizados em agricultura e meio ambiente**. Disponível em: <<http://www.sat.cnpem.embrapa.br/satelite/radarsat.html>>. Acesso em: 20 jul. 2005.
- ENGESAT. **Satélites**. Disponível em: <<http://www.engesat.com.br/satelites/satelites.html>>. Acesso em: 20 jul. 2005.

FORMAN, R. T. T. **Land Mosaics: the ecology of landscapes and regions**. Cambridge: Cambridge University, 1995. 632 p.

FORMAN, R. T. T.; GODRON, M. **Landscape Ecology**. New York: John Wiley, 1986. 619 p.

JOHNSON, L. B. Analyzing spatial and temporal phenomena using geographical information systems *A Review of Ecological Applications Landscape Ecology*, The Hague, v. 4, n. 1, p. 31-43, 1990.

KURASZ, G. **Sistema de Informações Geográficas aplicado ao zoneamento ambiental da Reserva Florestal Embrapa/Epagri, Caçador-SC**. 2005. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

MACARTHUR, R. H.; WILSON, E. O. **The theory of island biogeography**. Princeton: Princeton University, 1967.

LEVINS, R. **Extinction: some mathematical problems in biology**. Providence, Rhode Island: American Mathematical Society, 1970. p. 77-107. Editado por M. Gerstenhaber.

MARTINS, A. K. E.; SARTORI NETO, A.; MENEZES, I. C.; BRITES, R. S.; SOARES, V. P. Metodologia para Indicação de corredores ecológicos por meio de um Sistema de Informações Geográficas. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 9., Santos, SP. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 1998. Artigos, p. 611-620.

MEENTEMEYER, V. Geographical perspectives of space, time, and scale. **Landscape Ecology**, The Hague, v. 3, n. 3/4, p. 163-173, 1989.

METZGER, J. P. Estrutura da paisagem e fragmentação: análise bibliográfica. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, Rio de Janeiro, v. 71, n. 31, p. 445-463, 1999.

NAVEH, Z.; LIEBERMAN, A. S. **Landscape ecology: theory and application**. 2. ed. Berlin: Springer-Verlag, 1994.

SAUNDERS, D. A.; HOBBS, R. J.; MARGULES, C. R. Biological consequences of Ecosystem Fragmentation: A Review. **Conservation Biology**, Cambridge, v. 5, n. 01, p. 18-32, mar. 1991.

THUM, A. B.; MADRUGA, P. R. A. Uso de Sistema de Informações Geográficas (SIG) na determinação das potencialidades de zonas propícias à criação de áreas de proteção ambiental (APAs). **Revista da Faculdade de Zootecnia, Veterinária e Agronomia**, Uruguaiana, RS, v. 5/6, p. 103-107, 1999.

TURNER, M. G. Spatial and temporal analysis of landscape patterns **Landscape Ecology**, The Hague, v. 4, n. 1, p. 21-30, 1990.

TURTON, S. M.; FREIBURGER, H. Edge and aspect effects on the microclimate of a small tropical forest remnant on the Atherton Tableland, Northeastern Australia. In: LAURENCE, W. F.; BIERREGAARD, R. O. (Ed.). **Tropical forest remnants: ecology, management and conservation of fragmented communities**. London: University of Chicago, 1997. 616 p.

VIANA, V. M.; TABANEZ, A. A. J.; MARTINEZ, J. L. A. Restauração e manejo de fragmentos florestais. In: CONGRESSO NACIONAL SOBRE ESSÊNCIAS NATIVAS, 2., 1992. **Anais...** São Paulo: Instituto Florestal de São Paulo, 1992. p. 400-407.

WIENS, J. A.; MILNE, B. T. Scaling of 'landscapes' in landscape ecology, or, landscape ecology from a beetle's perspective. **Landscape Ecology**, The Hague, v. 3, n. 2, p. 87-96, 1989.



Capítulo 3

Legislação Pertinente
à Gestão Ambiental
na Propriedade
Imóvel Agrária

*Sergio Ahrens
Andrea Vulcanis Macedo de Paiva
Jeferson Luiz Gonçalves Wendling*



Introdução

Este capítulo apresenta uma análise introdutória dos mais importantes diplomas legais que dispõem sobre o uso da propriedade imóvel rural ou propriedade agrária. Certamente, existe ampla legislação que incide sobre o uso e fruição da terra, e sobre a comercialização das colheitas, como aquelas de natureza civil, trabalhista e tributária. No entanto, essas notas têm como propósito examinar, de forma breve, simplificada e objetiva, apenas a legislação ambiental pertinente à matéria.

No Brasil, a propriedade imóvel rural tem sido historicamente utilizada para atividades produtivas no âmbito da agricultura, da pecuária, da silvicultura e da atividade extrativa vegetal, bem como de suas combinações, consagradas no meio técnico como sistemas agrossilvipastoris.

Em qualquer caso, na atividade produtiva, faz-se uso intensivo de diversos recursos naturais como o solo e a água, com efeitos diretos sobre o meio ambiente. Muitos impactos ambientais decorrem, também, do uso inconseqüente e não controlado de insumos químicos como os fertilizantes e os agrotóxicos. Também a destinação equivocada de resíduos e dejetos da produção agrícola e animal é altamente impactante sobre o meio ambiente.

O arcabouço legal ambiental que diz respeito, direta ou indiretamente, à ocupação, ao uso e à proteção dos espaços internos a uma propriedade rural, assim como dos recursos naturais que nela existem ou que deveriam existir, é vasto e encontra-se disperso em diversos diplomas legais. Tendo em vista os propósitos desse estudo, no entanto, somente a legislação federal mais relevante e pertinente é objetivamente documentada. No topo de todo o ordenamento legal brasileiro, encontra-se a *Constituição Federal de 1988*. Por esse motivo, nessa análise, examina-se, em primeiro lugar, algumas normas constitucionais e, na seqüência, a legislação infraconstitucional pertinente.

Normas constitucionais

Como ocorre em qualquer área da atividade humana, também para a gestão ambiental da atividade agropecuária e florestal, as normas mais importantes estão contidas na Constituição Federal de 1988, CF 88.

Assim, cabe mencionar que o Art. 170 da CF 88 determina que a ordem econômica deve considerar a soberania nacional, a propriedade privada, a função social da propriedade e a defesa do meio ambiente, dentre outros princípios a serem observados.

A CF 88 estatui em seu Art. 5º, inciso XXII, que “é assegurado o direito de propriedade”, o que obviamente inclui, também, a propriedade imóvel rural. Entretanto, na seqüência imediata, o inciso XXIII, do mesmo artigo, determina que “a propriedade cumprirá sua função social”.

É importante observar que o direito de propriedade assegurado pela CF 88 não diz respeito a qualquer propriedade, mas apenas àquelas que cumprem sua função social. Assim, ainda em norma constitucional, o conteúdo da função social da propriedade rural é descrito no Art. 186, como segue:

Art. 186 – A função social é cumprida quando a propriedade rural atende, simultaneamente, segundo critérios e graus de exigência estabelecidos em lei, aos seguintes requisitos:¹

- I. Aproveitamento racional e adequado.
- II . Utilização adequada dos recursos naturais e preservação do meio ambiente.
- III . Observância das disposições que regulam as relações de trabalho.
- IV . Exploração que favoreça o bem-estar dos proprietários e dos trabalhadores.

Observa-se que a propriedade imóvel rural passou a ser considerada um bem produtivo e que tem uma destinação socioambiental, não sendo mais admitida sua utilização para fins especulativos. Assim, após a CF 88, o uso da propriedade imóvel rural não é mais, apenas, um direito do seu proprietário, mas, de certa forma, um dever ou uma obrigação, na medida em que impõe-se “o seu aproveitamento racional e adequado”. Tal aproveitamento é condicionado pelo conteúdo da norma que determina a “utilização adequada dos recursos naturais disponíveis e preservação do meio ambiente”.

O não cumprimento da função social torna a propriedade rural passível de diversas penalidades, incluindo até mesmo a desapropriação, por interesse social, para fins de reforma agrária. No entanto, excetuam-se daquela sanção,

¹ Diversos estudos documentam importantes análises acerca da função da propriedade rural. Ao leitor interessado no tema, recomenda-se examinar, dentre outras, as seguintes obras: Magalhães (1990), Borges (1999), Albuquerque (2001), Peters (2003) e Figueiredo (2004).

as pequenas e médias propriedades, quando único imóvel de seu proprietário, e as propriedades consideradas produtivas conforme parâmetros legalmente definidos (Lei nº 8.269/93, Art. 9º).

Quanto ao meio ambiente propriamente dito, o Art. 225 da CF 88 informa o que segue:

“Art. 225 – Todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao Poder Público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações.

§1º – Para assegurar a efetividade desse direito, incumbe ao Poder Público:

I – Preservar e restaurar os processos ecológicos essenciais e prover o manejo das espécies e ecossistemas;

II – Preservar a diversidade e a integridade do patrimônio genético do País e fiscalizar as entidades dedicadas à pesquisa e manipulação do material genético.

IV – Exigir, na forma da Lei, para instalação de obra ou atividade potencialmente causadora de significativa degradação do meio ambiente, estudo prévio de impacto ambiental a que se dará publicidade.

V – Controlar a produção, a comercialização e o emprego de técnicas métodos e substâncias que comportem risco para a vida, a qualidade de vida e o meio ambiente;

(...)

VII – Proteger a fauna e a flora, vedadas na forma da lei, as práticas que coloquem em risco sua função ecológica, provoquem a extinção de espécies ou submetam os animais a crueldade.

(...)

§ 3º – As condutas e as atividades consideradas lesivas ao meio ambiente sujeitarão os infratores, pessoas físicas ou jurídicas, a sanções penais e administrativas, independentemente da obrigação de reparar os danos causados”.

Cabe ressaltar que o conteúdo da norma expressa no Art. 225 explicita que o conceito de Desenvolvimento Sustentável foi incorporado à CF 88, na medida em que, as gerações futuras, sequer nascidas, já têm direito ao “meio ambiente ecologicamente equilibrado”, restando, portanto, às gerações presentes, diversas obrigações.

Adicionalmente, o exame dos parágrafos vinculados ao Art. 225 revela a obrigatoriedade de elaboração de um Estudo Prévio de Impacto Ambiental e respectivo Relatório de Impacto Ambiental (respectivamente, EIA e RIMA) assim como do licenciamento ambiental.

Prevê-se, também, e de forma explícita, a proteção dos processos ecológicos essenciais, da fauna e da flora, assim como a obrigatoriedade de reparação dos danos causados ao meio ambiente. Tendo em vista a realidade da agropecuária brasileira, verifica-se que a gestão ambiental dessa atividade é diretamente afetada.

Por esses motivos, além das normas constitucionais, os mais importantes diplomas legais pertinentes à matéria serão brevemente examinados, segundo diferentes temas técnicos, conforme apresentados na seqüência.

Legislação infraconstitucional

Política ambiental

A Lei nº 6.938/81 instituiu a Política Nacional de Meio Ambiente e criou o Conselho Nacional de Meio Ambiente (Conama), bem como o Sistema Nacional de Meio Ambiente (Sisnama), estabelecendo-lhes as respectivas competências. Em seu Art. 3º, essa lei define meio ambiente, degradação da qualidade ambiental e recursos ambientais segundo os seguintes termos:

Art. 3º Para os fins previstos nesta Lei entende-se por:

I – Meio ambiente: o conjunto de condições, leis, influências e interações de ordem física, química e biológica que permite, abriga e rege a vida em todas as suas formas.

II – Degradação da qualidade ambiental: a alteração adversa das características do meio ambiente.

(...)

IV – Recursos ambientais: a atmosfera, as águas interiores, superficiais ou subterrâneas, os estuários, o mar territorial, o solo, o subsolo, a fauna e a flora.

Conforme informam Peters e Pires (2000, p. 41), aquele é o mais importante diploma legal brasileiro na área ambiental pois, de uma forma orgânica,

sistematiza, conceitua e instrumentaliza a ação ambiental no Brasil, além de lhe fixar objetivos e princípios norteadores; contém metodologia e lógica, prestando-se à elaboração, interpretação e aplicação da legislação ambiental no País.

Dentre outros instrumentos essenciais à gestão ambiental, a Lei nº 6.938/81 dispõe sobre o licenciamento de atividades efetiva ou potencialmente poluidoras, o estabelecimento de padrões de qualidade ambiental e a avaliação de impactos ambientais (convertida em Estudo de Impacto Ambiental, com a *Resolução Conama 01/86*).

Política agrícola

A Lei nº 8.171, de 17/01/1991 fixa os fundamentos, define os objetivos e as competências institucionais e estabelece as ações e instrumentos da Política Agrícola relativamente às atividades agropecuárias, agroindustriais e de planejamento das atividades pesqueira e florestal.

Embora temas referentes à gestão ambiental permeiem todo o texto daquele diploma legal, é no Capítulo VI que diz da Proteção ao Meio Ambiente e da Conservação dos Recursos Naturais, que podem ser encontradas as determinações mais pertinentes a essa análise. Assim, em seu Art. 19, a Lei de Política Agrícola determina que o Poder Público deverá:

- I – Integrar a nível de Governo Federal, os Estados, o Distrito Federal, os Territórios, os Municípios e as comunidades na preservação do meio ambiente e conservação dos recursos naturais.
- II – Disciplinar e fiscalizar o uso racional do solo, da água, da fauna e da flora.
- III – Realizar zoneamentos agroecológicos que permitam estabelecer critérios para o disciplinamento e o ordenamento da ocupação espacial pelas diversas atividades produtivas (...).
- IV – Promover e estimular a recuperação das áreas em processo de desertificação.
- V – Desenvolver programas de educação ambiental, a nível formal e informal, dirigidos à população.
- VI – Fomentar a produção de sementes e mudas de essências nativas.
- VII – Coordenar programas de estímulo e incentivo à preservação das nascentes dos cursos d'água e do meio ambiente, (...).

Parágrafo único – A fiscalização e o uso racional dos recursos naturais do meio ambiente são também de responsabilidade dos proprietários de direito, dos beneficiários da reforma agrária e dos ocupantes temporários dos imóveis rurais.

Recursos hídricos

Em atenção ao *Código das Águas* (Decreto nº 24.643, de 10/07/1934), que tem um enfoque econômico e dominial sobre as águas, com a Lei nº 9.433 (de 08/01/1997) instituiu-se a Política Nacional de Recursos Hídricos e o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos.

Essa lei estabelece que a água é um bem de domínio público, com valor econômico e que a bacia hidrográfica é a unidade territorial para implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos assim como para a implementação do Sistema Nacional de Gerenciamento dos Recursos Hídricos².

Em seu Art. 3º, a Lei nº 9.433/97 informa que constituem diretrizes gerais de ação:

III – A integração da gestão de recursos hídricos com a gestão ambiental.

(...).

V – A articulação da gestão de recursos hídricos com a do uso do solo.

Quanto aos instrumentos, o Art. 7º estabelece que os Planos de Recursos Hídricos incluirão no seu conteúdo mínimo:

II – Análise de alternativas de crescimento demográfico, de evolução das atividades produtivas e de modificações dos padrões de ocupação do solo.

A Lei nº 9.433/97 dispõe, também, sobre a outorga dos direitos de uso dos recursos hídricos (inclusive de aquíferos subterrâneos), a cobrança pelo uso da água, assim como sobre a criação e atuação dos comitês de Bacia Hidrográfica.

A Lei nº 6.662 (de 25/06/1979) dispõe sobre a Política Nacional de Irrigação, tendo sido regulamentada pelo Decreto nº 89.496 (de 29/03/1984).

² O Art. 20 da Lei nº 8.171/81 também informa que “As bacias hidrográficas constituem-se em unidades básicas de planejamento do uso, da conservação e da recuperação de recursos naturais”.

Obviamente, os respectivos conteúdos normativos devem ser adequados ao que estabelece a Lei nº 9.433/97.

Uso e proteção do solo

O solo constitui a base para a existência de muitos outros recursos naturais como a vegetação nativa (ou flora), a fauna e até mesmo a quantidade e a qualidade da água.

O solo é também essencial para as atividades agropecuárias, pois é dele que se nutrem as plantas que fornecem alimento à espécie humana. A degradação do solo resulta da ocorrência de processos que levam à perda de sua qualidade ou quantidade.

A degradação pode ser causada por erosão, salinização, contaminação, excesso de drenagem, acidificação, laterização e perda da estrutura do solo, ou uma combinação desses fatores.

O arcabouço legal que diz respeito direta ou indiretamente à proteção, à ocupação e ao uso dos solos é vasto e encontra-se disperso num elevado número de diplomas legais. Skorupa et al. (2002) reportam sobre os mais importantes programas, bem como sobre a legislação pertinente. Dentre os diplomas legais editados com o propósito de promover a proteção dos solos, mencionam-se:

A Lei nº 6.225 (de 14/07/1975), que dispõe sobre discriminação, pelo então Ministério da Agricultura, de regiões para execução obrigatória de planos de proteção ao solo e de combate à erosão e dá outras providências.

O Decreto nº 99.274 (de 06/06/1990) e que regulamenta a Lei nº 6.938/81, estabelece multas, em seu Art. 36, àquele que: II – Causar a poluição do solo que torne uma área, urbana ou rural, imprópria para a ocupação humana.

A Lei nº 10.228, de 29/05/2001, acrescentou dispositivo à *Lei de Política Agrícola*, estabelecendo procedimentos relativos à identificação, ao cadastramento e à recuperação de áreas desertificadas, ou em processo de desertificação, em todo o território nacional.

O aprimoramento dos níveis de fertilidade do solo é tradicionalmente realizado pela incorporação de fertilizantes. Segundo informa Peres (2002), a eficiência de aproveitamento dos fertilizantes na agricultura e na pecuária

brasileiras é geralmente baixa, variando de 10 % a 60 % do total aplicado, dependendo do tipo de solo e métodos de preparo, da cultura e da taxa de aplicação. Assim, a fração de fertilizantes não retida pelo solo, ou não absorvida pelas plantas, constitui fonte de poluição, em especial, das águas.

O uso de resíduos industriais e de biossólidos produzidos a partir do lodo de esgoto, em solos agrícolas, tem despertado muito interesse ao longo da última década. Assim, quando adequadamente tratadas, as águas de esgoto podem constituir importante fonte de minerais e matéria orgânica para uso na agricultura.

Apesar do reconhecido potencial como fertilizante, o lodo de esgoto pode também conter patógenos e metais pesados. Ao leitor interessado na legislação básica e específica sobre essa matéria, recomenda-se examinar a análise documentada por Carvalho e Carvalho (2001).

Agrotóxicos

A Lei nº 7.802 (de 11/07/1989) dispõe sobre a pesquisa, a experimentação, a produção, a embalagem e rotulagem, o transporte, o armazenamento, a comercialização, a propaganda comercial, a utilização, a importação, a exportação, o destino final dos resíduos e embalagens, o registro, a classificação, o controle, a inspeção e a fiscalização de agrotóxicos, seus componentes e afins, e dá outras providências.

Essa lei é regulamentada pelo Decreto nº 4.074/02 (de 08/01/2002), que informa, em seu Art. 42, sobre as obrigações das pessoas físicas ou jurídicas prestadoras de serviços na aplicação de agrotóxicos.

A esses prestadores de serviços compete manter à disposição dos órgãos de fiscalização, livro de registro ou outro sistema de controle contendo:

- Relação detalhada do estoque existente.
- Programa de treinamento de seus aplicadores de agrotóxicos e afins.
- Nome comercial dos produtos e quantidades aplicadas, acompanhados dos respectivos receituários e guia de aplicação.
- Guia de aplicação, no qual deverão constar, no mínimo:
 - Nome do usuário e endereço.

- Cultura e área ou volumes tratados.
- Local de aplicação e endereço.
- Nome comercial do produto usado.
- Quantidade empregada do produto comercial.
- Forma de aplicação.
- Data da prestação do serviços.
- Precauções de uso e recomendações gerais quanto à saúde humana, animais domésticos e proteção do meio ambiente.
- Identificação e assinatura do responsável técnico, do aplicador e do usuário.

No seu Art. 53, o Decreto nº 4.074/02 trata, também, da destinação das embalagens vazias de agrotóxicos, indicando-se seu encaminhamento aos estabelecimentos comerciais ou postos de recebimento ou centrais de recolhimento previamente licenciadas para tal atividade.

Adicionalmente, em seu Art. 64, esse decreto informa que agrotóxicos só poderão ser comercializados diretamente ao usuário mediante a apresentação de receituário emitido por profissional legalmente habilitado, indicando-se no Art. 66, o conteúdo da receita agrônômica que deverá conter, dentre outros, as seguintes informações:

- Nome do usuário, da propriedade e sua localização.
- Diagnóstico.
- Recomendação técnica (nome(s) do(s) produto(s), cultura(s) e áreas onde serão aplicados, doses de aplicação, quantidades totais a serem adquiridas, modalidade e época de aplicação, precauções de uso e orientação quanto ao uso obrigatório de EPIs).
- Data nome, CPF e assinatura do profissional que a emitiu, indicando-se, também, seu registro no órgão fiscalizador do exercício profissional.

Finalmente, registre-se que a Lei nº 9.294 (de 15/07/1996) e o Decreto 2.018 (de 01/10/1996) determinam restrições e condicionantes à propaganda comercial de agrotóxicos, seus componentes e afins.

Zoneamento Ecológico-Econômico

O espaço rural brasileiro tem sido historicamente ocupado de maneira desordenada. Assim, tem ocorrido a exploração de terras sem vocação natural para o uso que na atualidade se verifica. Também tem se verificado o avanço da atividade agropecuária sobre terrenos que a lei determina sejam de preservação permanente, como os ambientes ciliares (no entorno de nascentes e cursos d'água) e os terrenos com elevada declividade.

Para ordenar a ocupação do território nacional, o Poder Público editou o Decreto nº 4.297 (de 10/07/2002), que estabelece os critérios para o Zoneamento Ecológico-Econômico (ZEE), do Brasil, constituindo-se um dos mais importantes instrumentos da Política Nacional de Meio Ambiente. Esse decreto teve como fundamento as diretrizes metodológicas para a elaboração do ZEE do Brasil, conforme documentadas em Programa Zoneamento Ecológico-Econômico (2001).

Unidades de Conservação e Biodiversidade

A Lei nº 9.985 (de 18/07/2000) regulamenta o Art. 225, §1º, incisos I, II, III e VII da CF 88, e institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação (Snuc).

Além de estabelecer as categorias, denominações e definições das Unidades de Conservação (UCs), a *Lei do Snuc*, como é conhecida, prevê a obrigatoriedade de que cada UC deva ter um plano de manejo. Saliente-se que o plano de manejo de uma Unidade de Conservação deve contemplar a área da UC propriamente dita, seu entorno e corredores de biodiversidade adjacentes.

Em seu Art. 2º, essa lei define zona de amortecimento como:

(...) o entorno de uma unidade de conservação, onde as atividades humanas estão sujeitas a normas e restrições específicas com o propósito de minimizar os impactos negativos sobre a unidade”.

Adicionalmente, no Art. 25, §1º, informa-se que o órgão responsável pela administração da UC estabelecerá normas específicas regulamentando a ocupação e o uso dos recursos da zona de amortecimento e dos corredores ecológicos de uma UC.

Portanto, cabe registrar que há previsão normativa para o eventual uso condicionado do solo, para atividades produtivas, em propriedades rurais localizadas dentro da zona de amortecimento de uma UC.

Proteção da flora e uso da terra

De forma genérica, toda a legislação brasileira é intervencionista, limitando ou restringindo os poderes inerentes aos direitos de propriedade, em particular sobre a propriedade imóvel rural. Assim, ao proteger as florestas e outras formas de vegetação natural, o *Código Florestal Brasileiro* (Lei nº 4.771, de 15/09/1965), impõe limites e condições à ocupação e ao uso das terras que compõem a propriedade (ou posse) imóvel rural. No Art. 1º desse Código, informa-se que:

Art. 1º – As florestas existentes no território nacional e as demais formas de vegetação, reconhecidas de utilidade às terras que revestem, são bens de interesse comum a todos os habitantes do País, exercendo-se os direitos de propriedade com as limitações que a legislação em geral e especialmente esta Lei estabelecem.

§1º – As ações ou omissões contrárias às disposições deste Código na utilização e exploração das florestas são consideradas uso nocivo da propriedade, aplicando-se, para o caso, o procedimento sumário previsto no Art. 275, inciso II, do *Código de Processo Civil*.

Por isso, o *Código Florestal Brasileiro* incorpora o instituto jurídico “Florestas e demais formas de vegetação (natural) de preservação permanente”, e que têm como propósito proteger os solos (contra a erosão) e as águas (contra o assoreamento com sedimentos resultantes dos processos erosivos).

A Medida Provisória nº 1.956-50, de 28/05/2000, reeditada com o mesmo conteúdo normativo, até a MP nº 2.166-67, de 24/08/2001, e que se encontra vigente, instituiu a figura jurídica das “Áreas de Preservação Permanente” bem como incorporou, ao *Código Florestal*, uma definição legal para Reserva Legal, o que antes não existia, segundo os seguintes termos: § 2º – Para os efeitos deste Código, entende-se por:

(...).

II – Área de preservação permanente: área protegida nos termos dos Arts. 2º e 3º desta Lei, coberta ou não por vegetação nativa, com a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a

estabilidade geológica, a biodiversidade, o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas.

III – Reserva Legal: área localizada no interior de uma propriedade ou posse rural, excetuada a de preservação permanente, necessária ao uso sustentável dos recursos naturais, à conservação e à reabilitação dos processos ecológicos, à conservação da biodiversidade e ao abrigo e proteção de fauna e flora nativas.

Na seqüência, aquelas duas figuras jurídicas serão brevemente examinadas quanto às suas características intrínsecas e sua respectiva localização dentro da propriedade imóvel agrária.

Em seu Art. 2º, o *Código Florestal* estabelece o que segue:

Art. 2º – Consideram-se de preservação permanente, pelo só efeito desta lei, as florestas e demais formas de vegetação natural situadas:

a) Ao longo dos rios ou de qualquer curso d'água, desde o seu nível mais alto em faixa marginal cuja largura mínima será: (Tabela 1).

Tabela 1. Largura das áreas de preservação permanente (APPs) em função da largura dos rios.

Largura do rio (em metros)	Largura da APP (em metros) *
Menos que 10	30
Entre 10 e 50	50
Entre 50 e 200	100
Entre 200 e 600	200
Acima de 600	500

* Largura mínima, em cada margem e em projeção horizontal.

** a APP inicia-se no limite do leito maior sazonal ou cota de máxima inundação.

Fonte: Ahrens (2002, p. 17).

b) Ao redor das lagoas, lagos ou reservatórios d'água naturais ou artificiais³.

c) Nas nascentes, ainda que intermitentes, e nos chamados olhos d'água, qualquer que seja a sua localização topográfica, num raio mínimo de 50 (cinquenta) metros.

³ Segundo dispõe a Resolução Conama 303/2002, (publicada no Diário Oficial da União, DOU, de 13/05/2002), a vegetação natural nas APPs ao redor de lagos e lagoas naturais, localizados em áreas rurais, deve ser mantida ou restaurada em faixas marginais com, no mínimo, 50 m (para lagos com área de até 20 ha), ou, no mínimo, 100 m (para lagos com área maior que 20 ha).

- d) No topo de morros, montes, montanhas e serras⁴.
- e) Nas encostas com declividade superior a 45 graus.
- f) Nas restingas, para a fixação de dunas e estabilização de mangues.
- g) Nas bordas dos tabuleiros e chapadas, a partir da linha de ruptura do relevo, em faixas nunca inferiores a 100 m, em projeção horizontal.
- h) Em altitude superior a 1.800 m.

O Art. 18 do *Código Florestal* determina a necessidade da recomposição da vegetação natural original, nas hipóteses consideradas nos incisos do Art. 2º, quando aquela não mais existir, mesmo que apenas parcialmente.

A Reserva Legal é uma determinada parcela da área total de cada propriedade imóvel rural, coberta por vegetação nativa ou natural⁵. Para efeitos legais, a RL é constituída apenas após a sua averbação à margem da inscrição da matrícula da propriedade rural no Cartório de Registro de Imóveis competente.

Segundo o que dispõe o Art. 16 do *Código Florestal*, as seguintes porcentagens da área total de cada propriedade rural devem ser mantidas a título de Reserva Legal, em diferentes fitofisionomias e regiões do território nacional:

- 80 % (para fitofisionomias florestais), ou 35 % (para Cerrado), na Amazônia Legal.
- 20 % em outras regiões do País.
- 20 % em áreas de campo natural, localizadas em qualquer região do País.

A lei admite a exploração da vegetação que compõe a RL, mas apenas por meio de cortes seletivos e desde que o proprietário rural elabore um Plano de Manejo Florestal Sustentável e que sua execução seja autorizada pelo órgão ambiental competente (o Ibama ou órgão ambiental estadual). Em qualquer caso, é defeso realizar a supressão (por exemplo, por meio de corte-raso) da vegetação existente na RL.

⁴ A Resolução Conama 303/2002 define morro como uma elevação do terreno com altura entre 50 e 300 m em relação à sua base e cujas encostas tenham declividade superior a 30 %; topo de morro é a área delimitada a partir da curva de nível localizada a 2/3 da altura da elevação em relação à base.

⁵ Detalhes sobre esta figura jurídica podem ser examinados em Machado (1999, p. 637-644) e Ahrens (2002).

Para o cálculo da RL na pequena propriedade ou posse rural familiar, a Lei admite considerar os plantios já estabelecidos com espécies exóticas (árvores frutíferas, ornamentais ou industriais), cultivadas em sistema intercalar ou em consórcio com espécies nativas⁶. No entanto, para quaisquer propriedades, quando não mais existir a vegetação na RL, mesmo que apenas parcialmente, aquela deve ser restaurada com espécies nativas.

Em qualquer caso, o Art. 44 do *Código Florestal* (alterado pela Medida Provisória nº 1.956-50, DOU de 28/05/2000, reeditada, com o mesmo conteúdo normativo, até a MP nº 2.166-67, DOU de 25/08/2001, e que se encontra vigente por força da EMC 32, de 11/09/2001) determina que a recomposição da RL deverá ser realizada adotando-se as seguintes alternativas, isolada ou conjuntamente:

- Pelo plantio, a cada três anos, de, no mínimo, 1/10 da área necessária à sua complementação, com espécies nativas⁷.
- Pela condução da regeneração natural, desde que autorizada pelo órgão ambiental competente, após comprovação de sua viabilidade por meio de laudo técnico, podendo-se exigir que a área seja cercada.
- Pela compensação: na mesma microbacia, e no mesmo ecossistema.

Proteção da fauna

O *Código de Proteção da Fauna* (Lei nº 5.197, de 03/01/67), também denominado freqüentemente (e de forma equivocada) *Código de Caça*, dispõe sobre a proteção jurídica da fauna silvestre brasileira. Em seu Art. 1º, essa lei determina a forma genérica da tutela da fauna silvestre segundo os seguintes termos:

Art. 1º – Os animais de quaisquer espécies, em qualquer fase do seu desenvolvimento e que vivem naturalmente fora do cativeiro, constituindo a fauna silvestre, bem como seus ninhos, abrigos e criadouros naturais, são propriedade do Estado, sendo proibida a sua utilização, destruição, caça ou apanha.

⁶ O *Código Florestal* define pequena propriedade ou posse rural familiar como aquela cuja área não exceda a 150 ha na Amazônia Legal, 50 ha no Polígono das Secas e a leste do Maranhão, e 30 ha nas demais regiões do País.

⁷ Como exceção àquela regra geral, a Lei permite que na restauração da Reserva Legal seja realizado o plantio temporário de espécies exóticas, como pioneiras, visando a restauração do ecossistema original, de acordo com critérios técnicos gerais que ainda deverão ser estabelecidos pelo Conama.

Conforme comenta Machado (1997, p. 648), o fundamento da submissão de bens ao regime do domínio público é a utilidade pública. Assim, não existe o interesse em aumentar seu patrimônio que tenha levado o Poder Público a tornar-se proprietário da fauna silvestre: razões de proteção do equilíbrio ecológico determinaram essa transformação. Tanto é, que o domínio não se restringe apenas à fauna silvestre, mas também ao seu habitat, mesmo na propriedade privada. Logo, é importante verificar as funções ambientais das Áreas de Preservação Permanente e as de Reserva Legal, conforme anteriormente examinadas.

Ressalte-se, também, que a *Lei de Crimes Ambientais* (Lei nº 9.605, de 12/02/1998), e o Decreto nº 3.179/99, que a regulamenta, apresentam as penas e as multas previstas para os crimes contra a fauna.

Cadastro Nacional de Imóveis Rurais

Com a Lei nº 10.267 (de 28/08/2001), alterou-se o sistema registral brasileiro, no que diz respeito ao registro de imóveis rurais. Com a edição dessa lei, criou-se o *Cadastro Nacional de Imóveis Rurais* (CNIR) que terá uma base comum de informações a ser gerenciada pelo Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (Incra), e pela Secretaria da Receita Federal (SRF).

Conforme disposto no Decreto nº 4.449/02, que regulamenta essa lei, a Declaração para Cadastro de Imóveis Rurais (CCIR), é uma declaração obrigatória de informações que devem ser apresentadas pelos proprietários de imóveis rurais ao Incra.

Tais informações dizem respeito à estrutura fundiária de imóvel rural, ao uso do imóvel e ao seu proprietário. Todos os proprietários estão obrigados a fazer essa declaração, sempre que o imóvel sofrer qualquer espécie de alteração na sua titularidade ou no seu uso.

A finalidade dessa declaração é a classificação do imóvel rural pelo Grau de Utilização da Terra (GUT), e do Grau de Eficiência na Exploração (GEE), do imóvel, e gerar o Certificado de Cadastro de Imóvel Rural (CCIR).

Na hipótese em que essa declaração não seja realizada, o CCIR não será emitido e, assim, tanto a venda como o desmembramento do imóvel, não serão possíveis. Nesse caso, a obtenção de financiamentos agrícolas também ficará prejudicada.

O *Manual de Preenchimento do CCIR* pode ser obtido consultando-se www.incra.gov.br.

Imposto sobre a Propriedade Territorial Rural (ITR)

A apuração do Imposto sobre a Propriedade Territorial Rural (ITR) é declarada anualmente (em agosto e setembro), para a Secretaria da Receita Federal (SRF) (Lei nº 9.393/96, regulamentada pelo Decreto nº 4.382/02).

A declaração anual do ITR constitui obrigação para todo contribuinte, pessoa física ou jurídica, que seja proprietário ou possua imóvel rural a qualquer título. Caso a declaração do ITR não seja realizada, não poderá haver a emissão da Certidão Negativa de Débitos pela SRF, sendo este um documento indispensável nas transações imobiliárias. Assim, nessa hipótese, não poderão ser efetivadas a transferência do imóvel, averbações e registros nos cartórios de registro de imóveis. Haverá, também, um impedimento para se obter financiamentos ou créditos junto a instituições financeiras oficiais.

É importante observar, também, a necessidade de que o proprietário do imóvel rural preencha o *Ato Declaratório Ambiental (ADA)*, necessário para se obter a isenção de ITR para as áreas do imóvel em que estejam localizadas as áreas de preservação permanente (efetivamente cobertas com a respectiva vegetação nativa) e a área de Reserva Legal (esta deve ser averbada à margem da escritura do imóvel no Cartório de Registro de Imóveis).

O ADA foi instituído pela Portaria nº 162/97, do Ibama, em atendimento à previsão legal contida nas Leis nº 9.393/96 e nº 10.165/00. Todo produtor que tenha declarado, no Documento de Informação e Apuração do Diat/ITR, a existência, em sua propriedade, de APPs e da RL, está obrigado a preencher o ADA.

O não preenchimento do ADA tem como consequência a perda da isenção do ITR da(s) área(s) declarada(s) como de preservação e de conservação. Nessa última hipótese, tais áreas serão classificadas como aproveitáveis não utilizadas, podendo resultar numa alteração do Grau de Utilização da Terra (GUT), provocando um aumento do imposto, em decorrência do aumento da alíquota.

Informações sobre o ITR podem ser obtidas em www.receita.fazenda.gov.br/itr. O *Manual de Preenchimento do ADA* e o respectivo formulário podem ser obtidos em www.ibama.gov.br/ato.

Uso do fogo e queima controlada

O Art. 27 do *Código Florestal Brasileiro* (Lei nº 4.771/65) estabelece o seguinte:

Art. 27 – É proibido o uso do fogo nas florestas e demais formas de vegetação.

Parágrafo Único – Se peculiaridades locais ou regionais justificarem o emprego do fogo em práticas agropastoris, a permissão será estabelecida em ato do Poder Público, circunscrevendo as áreas e estabelecendo normas de precaução.

O Decreto nº 2.661 (de 08/07/1998) regulamenta o parágrafo único do Art. 27 da Lei nº 4.771, mediante o estabelecimento de normas de precaução relativas ao emprego do fogo em práticas agropastoris e florestais. A Portaria Normativa 94-N, de 09/07/1998, regulamenta a sistemática da queima controlada.

Em seus artigos 28 e 40, o Decreto nº 3.179/99, que regulamenta a *Lei de Crimes Ambientais* (Lei nº 9.605/98) impõe sanções pecuniárias para aquele que provoca incêndio em matas ou florestas ou se utiliza do fogo em áreas agropastoris sem licença ou em desacordo com essa lei. Assim, tem-se:

Seção II – Das sanções aplicáveis às infrações contra a flora.

Art. 28 – Provocar incêndio em mata ou floresta:

Multa de R\$ 1.500,00 (mil e quinhentos reais), por hectare ou fração queimada.

Art. 29 – Fabricar, vender, transportar ou soltar balões que possam provocar incêndios nas florestas e demais formas de vegetação, em áreas urbanas ou qualquer tipo de assentamento humano:

Multa de R\$ 1.000,00 (mil reais) a R\$ 10.000,00 (dez mil reais) por unidade.

Art. 40 – Fazer uso do fogo em áreas agropastoris sem autorização do órgão competente ou em desacordo com a obtida:

Multa de R\$ 1.000 (mil reais) por hectare ou fração.

Sementes e mudas

A Lei nº 10.711 (de 05/08/2003) dispõe sobre a produção de sementes e mudas no Brasil e tem como principal propósito a garantia da identidade e da qualidade do material de multiplicação e de reprodução vegetal produzido, comercializado e utilizado em todo o território nacional.

Com essa lei, instituiu-se o Sistema Nacional de Sementes e Mudas (SNSM), o Registro Nacional de Sementes e Mudas (Renasem), o Registro Nacional de Cultivares e o Cadastro Nacional de Cultivares Registradas.

Essa lei concentrou a competência para legislar e fiscalizar a produção de sementes e mudas no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Mapa). Instituiu-se, também, a figura da entidade certificadora privada (antes tais entidades eram apenas estatais).

Essa lei foi regulamentada com a edição do Decreto nº 5.153 (de 23/07/2004), determinando-se, dentre outras providências, que toda pessoa física ou jurídica que exerça atividade de produção, beneficiamento, reembalagem, armazenamento, análise, comércio, importação ou exportação de semente ou muda está obrigada a se inscrever no Renasem.

O mencionado decreto dedica um capítulo inteiro (Arts. 143 a 175) para normatizar questões pertinentes às espécies florestais, nativas ou exóticas, e às de interesse medicinal ou ambiental.

Organismos geneticamente modificados

Há muitas décadas, pesquisadores que atuam em melhoramento genético têm feito uso da biotecnologia para o desenvolvimento de novas tecnologias para a produção vegetal e animal. Assim, no passado recente, a reprodução vegetativa e a cultura de tecidos têm recebido particular atenção. O resultado prático pode ser constatado nos plantios clonais, como aqueles estabelecidos com algumas espécies de *Eucalyptus*. Mais recentemente, o desenvolvimento da engenharia genética, área de conhecimentos dentro da qual encontra-se a transgenia, tem sido objeto de amplo debate na sociedade brasileira.

Existem diversas determinações da Comissão Técnica Nacional sobre Biossegurança (CTNBio), editadas com o propósito de avaliar a segurança do cultivo experimental de organismos geneticamente modificados (OGMs).

No passado recente, tem causado muita polêmica a questão do cultivo da soja transgênica em território brasileiro. Entretanto, ainda não foi determinada a biossegurança nas culturas, nem todos os impactos que os OGMs podem causar ao meio ambiente e à saúde humana.

No Congresso Nacional, tramita o Projeto de Lei nº 2.401/03 e que tem o propósito de normatizar a matéria. Para solucionar questões emergenciais, o governo federal tem recorrido à edição de medidas provisórias. Ressalte-se que a Medida Provisória nº 233, de 14/10/2004, estabeleceu normas para o plantio e a comercialização de soja geneticamente modificada da safra de 2005.

Licenciamento ambiental

Visando regulamentar as disposições relativas aos instrumentos da Política Nacional do Meio Ambiente (instituída com a Lei nº 6.938/81), a *Resolução Conama* nº 001/86 define Impacto Ambiental e exemplifica os empreendimentos que necessitam da elaboração do Estudo Prévio de Impacto Ambiental (EIA), e respectivo Relatório de Impacto Ambiental (Rima).

A *Resolução Conama* nº 237/97, estabelece, exaustivamente, as atividades e empreendimentos que estão sujeitos ao licenciamento e seus respectivos níveis de competência.

O Art. 1º da *Resolução Conama* nº 001/86, define impacto ambiental segundo os seguintes termos:

Art. 1º – Para efeito desta Resolução, considera-se impacto ambiental qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas que, direta ou indiretamente, afetam:

- I – A saúde, a segurança e o bem-estar da população.
- II – As atividades sociais e econômicas.
- III – A biota.
- IV – As condições estéticas e sanitárias do meio ambiente.
- V – A qualidade dos recursos ambientais.

A concessão do licenciamento é feita em etapas, na medida em que trata-se de um processo evolutivo onde cada fase do empreendimento é submetida à avaliação pelo órgão ambiental.

Registre-se que impactos ambientais podem ocorrer tanto antes, como durante e até mesmo depois que o empreendimento tenha entrado em operação. Por isso, as licenças ambientais são divididas em três categorias distintas:

- Licença Prévia (LP) – É solicitada no início do processo de licenciamento ambiental, na fase de planejamento do empreendimento, obra ou atividade, quando então o Poder Público procederá a avaliação em relação à situação ambiental e fará exigências em relação à necessidade de elaboração dos projetos específicos para o caso.

- Licença de Instalação (LI) – É solicitada mediante Licença Prévia. Nessa fase, serão apresentados os planos e programas ambientais. Após se obter essa licença, o interessado poderá iniciar a implantação da atividade.

- Licença de Operação (LO) – Somente poderá ser requerida após se obter a LP e a LI. Só nessa fase é que o empreendimento poderá operar.

A autorização ambiental e/ou florestal difere da licença em virtude de ser concedida em etapa única e ser específica para uma determinada ação, permitindo ao requerente implementar, de imediato, a atividade objeto.

Conforme o estabelecido no *Anexo I*, citado no § 1º do Art. 2º da Resolução nº 237/97, editada pelo Conama, dentre as atividades ou empreendimentos que estão sujeitos ao licenciamento ambiental, destacam-se:

- Atividades Agropecuárias: projeto agrícola, criação de animais como, por exemplo, a suinocultura e os projetos de assentamentos e de colonização.

- Uso de Recursos Naturais: silvicultura, exploração econômica da madeira ou lenha e subprodutos florestais; atividade de manejo de fauna exótica e criadouro de fauna silvestre; utilização do patrimônio genético natural; manejo de recursos aquáticos vivos; introdução de espécies exóticas e/ou geneticamente modificadas e uso da diversidade biológica pela biotecnologia.

Ao leitor interessado no tema, recomenda-se o exame dos estudos documentados por Carramenha (2000) e Chomenko e Pereira (1999).

Outros temas técnicos

Finalmente, devido à sua importância e alcance pretendido, cabe também mencionar a vigência dos seguintes diplomas legais:

- Lei nº 9.605 (de 12/02/1998), conhecida como *Lei dos Crimes Ambientais*, dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de

condutas e atividades lesivas ao meio ambiente. O Decreto nº 3.179 (de 21/09/1999) regulamenta a Lei nº 9.605/98, ao especificar as sanções aplicáveis aos atos ilícitos que contempla:

- Decreto nº 3.991 (de 30/10/2001) que dispõe sobre o Programa Nacional de Agricultura Familiar (Pronaf), e que determina em seu Art. 4º como um dos seus princípios basilares “a defesa do meio ambiente e preservação da natureza” com base nos princípios da sustentabilidade.
- Decreto nº 3.992 (de 30/10/2001), que institui o Conselho Nacional de Desenvolvimento Rural Sustentável (CNDRS), e que tem por finalidade elaborar e propor o Plano Nacional de Desenvolvimento Sustentável (PNDRS), com base nos objetivos e nas metas dos programas que promovem o acesso à terra, o fortalecimento da agricultura familiar e a diversificação das economias rurais, cabendo-lhe coordenar, articular e propor a adequação das políticas públicas federais às necessidades de desenvolvimento rural sustentável.

Considerações finais

Conforme tem sido amplamente noticiado por diferentes mídias, em complemento à expansão da fronteira agrícola, o crescimento de todo o agronegócio brasileiro ocorre, também, em decorrência da incorporação contínua de novas tecnologias e que promovem o aumento da produtividade. Eventualmente, algumas tecnologias poderão ser tecnicamente viáveis, mas legalmente inaplicáveis ou até mesmo inadmissíveis, tendo em vista os seus impactos ambientais. Assim, cabe registrar que, em pleno século 21, o uso da propriedade rural não constitui mais apenas um direito, mas efetivamente, uma obrigação, no contexto do que a lei admite (licenciamento ambiental), impõe de forma condicionada, ou até mesmo determina (cumprimento da função social).

Como exposto, essas notas constituem tão-somente uma breve introdução a um tema muito rico em detalhes e particularidades. Os temas incluídos na análise, assim como os diplomas legais brevemente examinados, não são exaustivos e não excluem a necessidade de considerações e legislação complementares. Assim, a análise apresentada, intencionalmente provocativa, focalizou apenas a legislação federal. Por isso, recomenda-se ao leitor interessado verificar, também, a legislação estadual (e, por vezes, municipal) pertinente ao tema.

Recomenda-se, também, contatar a gerencia-executiva do Ibama, no respectivo estado de sua localização ou o órgão ambiental estadual competente. Deve ser levado em conta, também, um exame das seguintes fontes de consulta: www.mma.gov.br; www.ibama.gov.br.

As leis e decretos mencionados nessa análise podem ser obtidos, em sua íntegra, e atualizados, acessando-se www.planalto.gov.br. Outras páginas pertinentes ao tema objeto deste capítulo são:

www.jusnavegandi.com.br

www.florestabrasil.com.br

www.sbs.gov.br

www.senar.com.br

www.faep.com.br

www.ambientebrasil.com.br www.arvore.com.br

Referências

- AHRENS, S. Legislação aplicável à restauração de florestas de preservação permanente e de reserva legal. In: GALVÃO, A. P. M.; MEDEITOS, A. C. de S. (Ed.). **Restauração da Mata Atlântica em áreas de sua primitiva ocorrência natural**. Colombo: Embrapa Florestas, 2002. p. 13-19.
- ALBUQUERQUE, F. S. **Direito de propriedade e meio ambiente**. Curitiba: Juruá, 2001. 162 p.
- BORGES, R. C. B. **Função ambiental da propriedade rural**. São Paulo: LTr, 1999. 229 p.
- CARRAMENHA, R. Atividade agrária e seu licenciamento ambiental. In: CONGRESSO INTERNACIONAL DE DIREITO AMBIENTAL, 4., 2000, São Paulo. **Anais...** São Paulo: IMESP, 2000. p. 227-233.
- CARVALHO, P. de C. T.; CARVALHO, F. J. P. de C. de. Legislação sobre biossólidos. In: **Biossólidos na agricultura**. São Paulo: SABESP, 2001. p. 209-226.
- CHOMENKO, L.; PEREIRA, G. O. Elaboração do termo de referência e procedimentos de avaliação de impactos ambientais para o licenciamento no meio rural. In: JUCHEM, P. A. (Coord.). **Manual de avaliação de impactos ambientais**: MAIA. 3. ed. Curitiba: SEMA: IAP: GTZ, 1999. p. 8530.
- FIGUEIREDO, G. J. P. de. **A propriedade no Direito Ambiental**. Rio de Janeiro: Esplanada, 2004. 286 p.

MACHADO, P. A. L. **Direito ambiental brasileiro**. 7. ed. São Paulo: Malheiros, 1999. 894 p.

MAGALHÃES, J. P. Direitos e restrições ao uso da propriedade florestal. In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 6., 1990, São Paulo. **Anais...** São Paulo: Sociedade Brasileira de Silvicultura: Sociedade Brasileira de Engenheiros Florestais, 1990. p. 51-52.

PERES, J. R. R. (Coord.). **O meio ambiente e o compromisso institucional da Embrapa**. Brasília, DF: Embrapa, 2002. 89 p.

PETERS, E. L. **Meio ambiente e propriedade rural**. Curitiba: Juruá, 2003. 191 p.

PETERS, E. L.; PIRES, P. de T. de L. **Manual de direito ambiental**: doutrina, legislação atualizada, vocabulário ambiental. Curitiba: Juruá, 2000. 283 p.

PROGRAMA Zoneamento Ecológico-Econômico: diretrizes metodológicas para o Zoneamento Ecológico-Econômico do Brasil. Brasília, DF: MMA: SDS, 2001. 110 p.

SKORUPA, L. A.; FERRAZ, J. M. G.; AHRENS, S. Legislação e programas nacionais. In: MANZATTO, C. V.; FREITAS JUNIOR, E. de; PERES, J. R. R. (Ed.). **Uso agrícola dos solos brasileiros**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2002. p. 121-133.



Capítulo 4

Sistemas de Gestão
da Qualidade na
Agropecuária Brasileira
e sua Certificação

*Paulo Choji Kitamura
Sérgio Ahrens*



Introdução

Como consequência dos processos de globalização e dos avanços do movimento ambientalista no planeta ao longo das últimas décadas, os mercados agropecuários nacionais e estrangeiros vêm adotando, com frequência, critérios ambientais como a ausência de resíduos de agroquímicos e organismos patogênicos no produto, práticas que visem o manejo sustentável do solo, da água e de todo o meio ambiente mobilizado na produção.

Com a influência cada vez maior dos consumidores nos mercados, mesmo grandes *commodities* agropecuárias vêm passando por diferenciação para atender aos novos nichos de mercado¹. Grande parte dessa segmentação de mercados deve-se à proposição e vigência de novos diplomas legais sobre a matéria, assim como à emergência de códigos de conduta que conjugam conceitos já tradicionais de qualidade do produto aos de segurança ao consumidor e de qualidade ambiental, estas últimas constituindo-se com frequência em barreiras não-tarifárias ao comércio.

As mudanças de preferências dos consumidores, em especial nas sociedades pós-industriais, e sua expressão nos mercados na forma de códigos de conduta, vêm induzindo mudanças na produção, ainda localizadas nos nichos de produtores que atendem a esses segmentos diferenciados de consumo.

Esse movimento é capaz de levar a uma grande revolução toda a cadeia produtiva relacionada a esses mercados. Como indicadores de tal tendência, podem ser citadas as adoções, pelo setor produtivo, de conceitos de rastreabilidade e de diferentes tipos de certificação (selos e certificados) e seus instrumentos de apoio, tais como normas, protocolos e a adoção de processos como a Análise de Perigos e Pontos Críticos de Controle no Campo (APPCC/Campo), as boas práticas agropecuárias (BPAs) e as boas práticas de fabricação (BPF).

As possibilidades de uma revolução nos sistemas produtivos são claras: de um lado, a adoção de códigos de conduta geralmente estão associadas à adoção de sistemas de rastreabilidade e de certificação, pelas razões óbvias de credibilidade e de captura de sobrepreços a partir dos atributos socioambientais declarados. Nesse contexto, a adoção da certificação implica na adoção de sistemas de gerenciamento da qualidade do produto e ambiental, um processo de melhorias contínuas induzidas a partir da avaliação de clientes externos.

¹ Ao leitor interessado em compreender os vínculos existentes entre a certificação ambiental e o acesso a mercados, no plano internacional, recomenda-se o exame da obra documentada por Bianchi (2002).

Embora os impactos sejam mais visíveis na Europa, dada à condição de importadora de frutas e hortaliças, esse processo está fazendo com que os códigos de conduta inicialmente elaborados e adotados pelos consumidores e produtores europeus tenham uma difusão rápida entre os agricultores de outras regiões, inclusive do Brasil, pela condição de exportadora para aquele mercado.

No Brasil, a adoção, pelos agricultores, de códigos de conduta ambiental certificáveis é bastante recente. Embora alguns tipos de certificação da qualidade já estabelecidos, tais como a dos orgânicos que utilizam critérios do *Internacional Federation of Organic Agriculture Movement (Ifoam)* – agora regulamentados pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e do Abastecimento (Mapa) –, tragam também atributos ambientais, a maior parte dos sistemas de certificação são recentes: a certificação da *British Retail Consortium (BRC)*, a *Good Agricultural Practices of Euro Retailer Produce Working Group* (EurepGAP), a Produção Integrada de Frutas (PIF), a Produção de Alimentos Seguros (PAS), a Certificação Socioambiental, a Certificação do Programa para Reconhecimento de Sistemas de Certificação Florestal (PEFC), do Conselho de Manejo Florestal (FSC), entre outros. Neste capítulo, relata-se de forma resumida alguns dos sistemas de certificação ou de avaliação de conformidade predominantes na agropecuária brasileira.

Principais sistemas de certificação na agropecuária brasileira

A quantidade e tipos de certificação – disponíveis para os atores das principais cadeias do agronegócio brasileiro – dependem em grande parte das características dos mercados internacionais e, na sua falta, das preferências dos consumidores brasileiros e da pró-atividade de órgãos públicos tanto de fiscalização quanto de indução de novos métodos/formas de produção, distribuição e consumo.

O processo de certificação tem caráter de adesão voluntária, dependendo assim da análise custo/benefício por parte dos produtores e suas organizações. É um processo de melhorias contínuas do produto e do sistema de produção: a existência de documentos e registros que garantem a rastreabilidade, o sistema de monitoramento e avaliação, as normas que regulam a certificação, as auditorias de verificação de conformidade e o requisito de atender ao aparato legal, induzem progressos nesse sentido. Além disso, a presença de órgãos normalizadores e de

certificadoras credenciadas, a existência de selos e certificados e da rede ou alianças internacionais que dão “créditos” aos selos e certificados, permitem vantagens adicionais em termos de competitividade no mercado.

Em quaisquer dos casos de certificação considerados, seja com critérios ambientais, sociais ou de qualidade segundo os atributos da série ISO 9000, ou sua combinação, as decisões de adesão têm sido movidas, na sua maioria, pela possibilidade real de agregação de valor aos produtos: sobrepreços, substituição e economia de custos, novos mercados ou ainda a perspectiva de fidelização de clientes. Nesse aspecto, destaque-se que mesmo em mercados tradicionais como os orgânicos, com forte apelo ambiental, o principal indutor das mudanças ainda são os ganhos econômicos. Ou seja, os atributos ambientais são complementos estratégicos da competitividade (econômica) nos mercados.

Um aspecto importante, em especial nos processos de certificação de agricultores familiares, é o pré-requisito de organização interna e dos atores da cadeia produtiva como um todo. Além dos ganhos em agregação direta de valores decorrentes de melhorias contínuas nos elos da cadeia, a perspectiva abrangente de certificação (insumos para a produção, campo e pós-colheita, distribuição e consumo) traz oportunidades de novos arranjos na cadeia, seja pela motivação técnica ou econômica, resultando com frequência, na principal vantagem competitiva.

Assim, os processos de certificação em curso oferecem oportunidades aos atores de uma dada cadeia produtiva, de focar e/ou antecipar as tendências do mercado, de construir novas estratégias de competitividade (arranjos de atores), de desenvolver novos produtos e mercados (atributos de qualidade ambiental e responsabilidade social).

As certificações das séries ISO 9000 e ISO 14000 na agropecuária

Os padrões certificáveis das normas ISO 9000 e ISO 14000 produziram conseqüências importantes no crescimento do comércio mundial, ao facilitar a troca de informações sobre a especificação de produtos, serviços e tecnologias.

Atualmente, as certificações das normas ISO vêm se tornando freqüentes nas principais indústrias e no comércio de serviços, tendo em vista as demandas dos mercados em relação à rastreabilidade do processo de produção e à necessidade de mecanismos que garantam a qualidade declarada dos produtos e serviços no mercado.

Para se ter idéia da dimensão dessas mudanças, vale lembrar que até o final de 2003, segundo o relatório da *International Organization for Standardization – ISO* (2005), mais de 550 mil empresas encontravam-se certificadas em todo o mundo, pelas normas da ISO 9001 (sistemas de gestão de qualidade) e mais de 36 mil empresas pelas normas da ISO 14000 (sistemas de gestão ambiental). Embora seja de adoção voluntária, com os processos de globalização de mercados e a própria credibilidade que a certificação ISO traz às empresas presentes no mercado internacional, o processo de certificação vem se tornando quase que um requisito compulsório para a competitividade: uma plataforma mínima de qualidade nos processos produtivos de bens manufaturados e de serviços.

No caso brasileiro, o processo de adesão às normas ISO iniciou-se em 1989, tendo atualmente, segundo dados do Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (Inmetro), (INMETRO, 2005a e 2005b), 5.900 empresas certificadas pelas normas ISO 9001/2000² e pouco mais de 600 empresas pela norma ISO 14001.

No Brasil, de forma similar às tendências internacionais, a certificação de empresas que atuam nas atividades agropecuárias pelas normas ISO não aconteceu no mesmo ritmo do setor industrial e de serviços. Tal fato se deve às características das normas que espelham adequadamente processos industriais, mas de aplicação mais complexa para a agropecuária, em que muitas etapas ainda dependem de processos naturais ou artesanais.

Refletindo tais dificuldades, as certificações do setor agropecuário estão concentrados na fase de pós-colheita, de beneficiamento, processamento primário e de industrialização. No Brasil, apenas 18 certificados ISO 9001:2000 e 7 certificados ISO 14001 foram emitidos, para atividades agropecuárias que incluem os sistemas de produção no campo.

Em decorrência, no setor agropecuário, e em especial, nas atividades de campo, o próprio mercado vem induzindo a implementação de normas específicas para cada um dos subsetores.

² Os números acumulados são bem maiores (15.230 empresas certificadas). Contudo, com a revisão das normas ISO 9001, em 2000, muitas empresas não atualizaram seus sistemas pelos novos requisitos dentro do prazo-limite estabelecido.

Um exemplo bem-sucedido é a produção florestal para madeira ou produção de papel e celulose, atualmente com normas do *Program for Endorsement of Forest Certification Schemes (PEFC)* e do *Forest Stewardship Council (CMF)*, ambos de ampla aceitação e credibilidade no mercado internacional.

No Brasil, esse subsetor tem ainda a Certificação Florestal (Cerflor) vinculada ao Programa Brasileiro de Certificação Florestal (PEFC). Além da área florestal, várias outras atividades agropecuárias estão desenvolvendo ou implantando seus próprios sistemas de certificação. Entre elas, cabe destacar a certificação orgânica pela especificidade do código de conduta que incorpora (não-uso de insumos industrializados, inclusive agrotóxicos), nesse caso convergindo para as normas da Ifoam.

Além disso, é importante citar as certificações/avaliações de conformidade vigentes no mercado de frutas in natura, especialmente da Europa, cuja tendência é a consolidação quase que compulsória de um código de conduta elaborado pelos varejistas presentes nos mercados, onde vale mencionar as normas certificáveis da Produção Integrada, da Eurep-GAP e do BRC, conforme descritos a seguir.

A Certificação Eurep-GAP, BRC e Produção Integrada³ (PI)

Na Europa, nas últimas décadas, o mercado de frutas e hortaliças in natura vem passando por grandes transformações, entre essas o estabelecimento de normas e protocolos de qualidade, com critérios técnicos, sociais e ambientais, que cada vez mais regulam a produção e a pós-colheita. Lá, cerca de 80 % do total de frutas comercializadas atendem a um ou mais protocolos de qualidade no seu conceito amplo.

Entre os protocolos e normas certificáveis conhecidos naquele mercado, além das séries ISO 9000 (gestão da qualidade) e ISO 14000 (gestão ambiental) existem aqueles mais específicos tais como o Eurep-GAP, relacionados às boas práticas agrícolas estabelecidas pela rede de varejistas da Europa, para produtores

³ A Produção Integrada é um tipo específico de certificação de qualidade (certificado de conformidade) utilizado pelo mercado de frutas e hortaliças na Europa. Não pode ser confundida com o conceito de Sistema Integrado de Produção (de abordagem holística da unidade produtiva utilizado pela pesquisa agrícola).

fornecedores de seu mercado; o *British Retail Consortium (BRC)*, variante do anterior requerido pelo mercado do Reino Unido; a Produção Integrada (PI), para frutas e vegetais in natura, requerido para os mercados da Europa, os quais têm em comum incorporarem o sistema de Análise de Perigos e Pontos Críticos de Controle (APPCC)), voltado ao monitoramento e à avaliação de qualidade de produtos voltados ao mercado de alimentos (KITAMURA, 2003).

Embora os diferentes tipos de certificação sejam concorrentes, o alto custo dos processos de certificação e o próprio dinamismo dos mercados vêm induzindo cada vez mais a certificação integrada, ou seja, processos que atendem simultaneamente a vários protocolos, e.g. Eurep-GAP, BRC e PI, cuja vantagem é de num único processo de registro e rastreabilidade, atender às exigências de diferentes mercados.

No Brasil, os protocolos e normas da Eurep-GAP, BRC, PI e similares vêm sendo adotados desde a segunda metade da década de 1990, principalmente pelos produtores de frutas tropicais do Vale do São Francisco e do Sul do País, cuja produção está voltada para o mercado europeu.

Atualmente, as principais frutas brasileiras alvos de processos de certificação, segundo aqueles critérios, são: manga, uva, maçã, mamão, melão, laranja, limão, caju, maracujá, banana, goiaba, figo, pêssego, coco e caqui. Evidentemente, com a diversidade de produtos trabalhados, o novo foco e objetivo da certificação é a qualidade e segurança no consumo para o grande mercado interno e ao mesmo tempo o acesso de agricultores familiares a essas inovações.

Em termos de iniciativas do Setor Público, merecem destaque a PI e o PAS. Recursos significativos vêm sendo alocados pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Mapa), para o desenvolvimento da produção integrada de frutas em todo o Brasil, tendo-se cerca de 35 mil hectares encaminhando-se para a certificação. Quanto ao PAS, sem similar internacional, cujo consórcio de instituições liderado pela Embrapa, pelo Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial (Senai) e Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas (Sebrae) tem alocado recursos públicos importantes para introduzir protocolos de qualidade similares aos da PI, mas com perspectivas de definição de processos de certificação ou de avaliação de conformidade mais flexíveis e de baixo custo.

Para entender a dimensão das mudanças que virão com a adoção massiva dessas inovações, é importante comentar que a PI, o PAS, os protocolos e normas

de qualidade similares trazem em comum além da APPCC incorporada, um conjunto convergente de critérios técnicos, sociais e ambientais de qualidade.

Nos tempos recentes, com a idéia da certificação integrada, a abordagem vem se tornando cada vez mais completa e com visão holística: pré-produção, produção e seu entorno, e pós-colheita. Tomando-se como referência a PI de frutas, as normas brasileiras⁴ estabelecem requisitos e boas práticas obrigatórios, recomendados, proibidos e permitidos com restrições.

São abordadas as etapas de treinamento de mão-de-obra envolvida, organização de produtores, condições de manejo de recursos naturais, origem do material propagativo, formação de pomares, nutrição da planta, condições de manejo do solo e irrigação, manejo da parte aérea com ênfase no manejo integrado de pragas e doenças (MIP) e a grade de agrotóxicos, colheita e pós-colheita, processo de *packing house* e análise de resíduos de pesticidas e o sistema de registros (PESSOA et al., 2002).

Veja, em Protas e Sanhueza (2003), uma visão geral do processo de certificação da Produção Integrada e as peculiaridades envolvidas tendo-se como foco a produção de maçã. Atualmente, são ainda poucos os produtores brasileiros certificados pelos protocolos Eurep-GAP, BRC ou PI. Segundo o Mapa, cerca de 35.000 ha encontram-se em processo de implementação das normas da PI, visando à certificação.

Em termos perspectivos, além da necessidade de finalização e consolidação dos processos de certificação em andamento, as iniciativas lideradas pelos órgãos de governo têm como objetivo diminuir o caráter excludente que tem caracterizado a adoção desses protocolos e a sua certificação. A segunda fase do Programa de Alimentos Seguros (PAS-Campo) e os novos projetos de Produção Integrada (PI) de frutas têm esse foco.

As perspectivas atuais são de transformação dessa família de protocolos de qualidade do produto e socioambiental (produção integrada, Eurep-GAP, BRC, PAS-Campo), esta última exclusivamente brasileira, numa plataforma de melhoria contínua da qualidade da agricultura intensiva como um todo.

No caso europeu, vários desses protocolos inicialmente formatados para a produção de frutas in natura vêm sendo estendidos para o mercado de hortaliças e flores. Da mesma forma, no Brasil, com as iniciativas tanto

⁴ Instrução Normativa nº 20 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Mapa), de 27 de setembro de 2001.

governamentais quanto privadas, várias dessas modalidades de certificação e de avaliação de conformidade, atualmente focadas em produtos de exportação, especialmente frutas tropicais, poderão transformar-se numa grande âncora da agricultura brasileira no futuro.

Certificação de produção orgânica

Nos últimos anos, em todo o mundo, a produção orgânica vem apresentando crescimentos expressivos. Segundo estimativas de Willer e Yussefi (2004), em 2003, a área cultivada com sistemas orgânicos chegou a 24 milhões de hectares no mundo, e desses, cerca de 10,7 milhões de hectares são de produtos comercializados com certificados de manejo orgânico. É importante ressaltar que grande parte dessa área refere-se às pastagens extensivas da Austrália e da Argentina.

Atualmente, a agropecuária de manejo orgânico está presente em mais de uma centena de países e representa um mercado anual de cerca de US\$ 23 bilhões. Dada as perspectivas desse mercado, a agropecuária orgânica tem merecido cada vez mais a atenção das políticas públicas em todo o mundo: 56 países já implementaram ou encontram-se em processo de regulamentação da produção orgânica (STATUS..., 2002).

Acompanhando essas tendências, nos últimos anos, a produção orgânica brasileira vem também apresentando altas taxas de crescimento: 30 % a 50 % a.a. Apesar da escassez de estatísticas confiáveis, Willer e Yussefi (2004), estimam que 841.769 ha estão manejados em sistemas orgânicos no Brasil, e desses, pouco mais de 275 mil hectares certificados.

No Brasil, os sistemas orgânicos mobilizam cerca de 19 mil produtores, principalmente de agricultores familiares, localizados no Sudeste e Sul do País: São Paulo, Paraná e Rio Grande do Sul. É ainda um mercado reduzido – de US\$ 200 milhões, se considerarmos somente a produção certificada – com predomínio da venda de grandes supermercados e redes especializadas de distribuição.

O caso brasileiro é peculiar, uma vez que uma boa parte da produção e das áreas de manejo orgânico não é certificada – são cultivos historicamente conduzidos de forma natural, comercializados nessa condição ou simplesmente

com selos de autodeclaração, notadamente pela via direta e com sobrepreços reduzidos quando comparados àqueles com certificação orgânica segundo normas da *Internacional Federation of Organic Movement (Ifoam)*.

Para se ter uma idéia das possibilidades da produção orgânica, vale ressaltar que embora a grande maioria dos sistemas de produção orgânicos desenvolvidos apresentem rendimentos mais baixos que os respectivos sistemas convencionais de produção, os sobrepreços médios de 30 % obtidos na venda, quando contrapostos aos custos da certificação orgânica, de 3 % e 1 % da renda bruta (WHAT..., 2001), indicam a alta competitividade desses sistemas de produção – renda líquida maior – tendo em vista que os mercados encontram-se em contínua diferenciação.

Embora existam mais de uma dezena de empresas credenciadas pela Ifoam atuando na certificação orgânica no Brasil, a grande maioria das certificações foram feitas pelo Instituto Biodinâmico de Desenvolvimento (IBD), graças a sua credibilidade no mercado nacional e internacional.

As normas certificáveis de produção orgânica aplicadas no Brasil estão alinhadas aos critérios internacionais da Ifoam, que regula as condições gerais de manejo do sistema produtivo, os insumos e práticas permitidas e proibidas e as penalidades nas etapas de produção no campo e na fase de pós-colheita (INSTITUTO BIODINÂMICO, 2003). Tais normas estabelecem requisitos mínimos para a conversão de sistemas convencionais para orgânicos tendo-se como ponto central o não-uso de insumos industrializados e a recomendação de boas práticas de manejo e de fabricação.

As seguintes etapas são objetos das normas para certificação orgânica: a conversão da unidade produtiva, a identificação de embalagens e rótulos, os aspectos gerais, cobertura florestal, aspectos sociais do estabelecimento, adubos e adubações, o controle de pragas, doenças, uso de reguladores de crescimento, controle da contaminação, a produção de mudas e sementes, a criação animal e produtos de origem animal além de referências à auditoria e condições para o uso do certificado (INSTITUTO BIODINÂMICO, 2003).

Atualmente, a produção orgânica brasileira já ultrapassou a pequena escala e a produção de hortigranjeiros, características que por décadas ratificavam a condição de inviabilidade desse sistema de manejo.

Hoje, mais de 50 produtos e subprodutos agropecuários produzidos organicamente são oferecidos ao consumidor, incluindo hortaliças, frutas tropicais e de clima temperado, grãos, carnes e leite, condimentos, madeiras, entre outros,

seja in natura ou processados. Para atender às crescentes demandas de todos os atores envolvidos nas cadeias de produção orgânica, o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Mapa) vem liderando as ações para a regulamentação da produção orgânica, inclusive sua certificação, no Brasil.

Destaque-se que em 17 de maio de 1999, o Mapa editou a Instrução Normativa nº 007, que dispõe sobre normas para a produção orgânica; em 27 de novembro de 2000, editou-se a Portaria nº 42, que designa membros do Órgão Colegiado Nacional da Produção Orgânica Vegetal e Animal; em 10 de abril de 2001, baixou a Portaria nº 19, que regulamenta o funcionamento desse colegiado e; em 10 de janeiro de 2002 baixou a Instrução Normativa nº 006, que aprova os anexos à Instrução Normativa nº 007 após consulta pública.

Finalmente, dando uma visão mais integrada, em 23 de dezembro de 2003, foi sancionada pelo presidente da República a Lei nº 10.831, que regulamenta as atividades da produção orgânica no País e complementa a Instrução Normativa nº 16, do Mapa, que dispõe sobre o registro de produtos orgânicos.

Os desafios para a consolidação da agricultura orgânica no Brasil são muitos: das instituições de governo, são de formatar, a exemplo dos países da União Européia, políticas públicas que transformem esse setor emergente em âncora de desenvolvimento sustentável nacional, e, do setor privado e das organizações não-governamentais, de produzir inovações e caminhos próprios além de arranjos de atores na cadeia produtiva, visando à competitividade em todos as suas etapas: da pré-produção ao consumo, particularmente, na organização da distribuição e comercialização, talvez os elos mais vulneráveis no momento.

Com o crescimento natural do mercado de produtos orgânicos no Brasil e no mundo, a tendência é de que os preços ao consumidor final sejam comparáveis aos do mercado convencional, o que permitirá o acesso mais democrático a esses produtos.

Certificação do manejo de florestas nativas e plantadas

A expressão “Certificação Florestal”, tão amplamente popularizada nos últimos 10 anos, diz respeito à certificação das boas práticas de manejo florestal. O conceito aplica-se tanto para florestas plantadas como para florestas naturais (ou florestas nativas).

Atualmente, determinados mercados importadores, principalmente aqueles de países europeus, exigem que produtos florestais como celulose, papel, ou madeira serrada e até mesmo móveis, sejam produzidos com madeira cujos meios de produção tenham sido certificados, quanto à sua sustentabilidade, por uma terceira parte independente da relação comercial.

O tema tem sido amplamente documentado na literatura, como, por exemplo, nas obras de Upton e Bass (1996), Viana et al. (1996) e Mäntyranta (2002). A essência do conteúdo técnico dos sistemas de certificação florestal diz respeito à noção de sustentabilidade do manejo, observando-se suas dimensões econômica, social e ambiental. A cadeia de custódia ou monitoramento da utilização da matéria-prima (certificada), bem como de suas subseqüentes transformações, na manufatura de produtos florestais, também é objeto de certificação.

Dentre as diversas vantagens da certificação, para o produtor florestal, as seguintes são particularmente relevantes:

- a) Cumprimento de toda a legislação (como, por exemplo, a civil, a trabalhista, a tributária e a ambiental).
- b) Melhoria da imagem da organização.
- c) Promoção do manejo florestal sustentável.
- d) Desenvolvimento socioeconômico e ambiental regional.
- e) Ampliação das exportações e acesso a novos mercados.
- f) Criação de um diferencial em relação a outros produtores, cujas operações de manejo não estão certificadas, o que possibilita obter melhores preços para os produtos florestais. Para o consumidor de produtos florestais, resta a segurança de que está adquirindo produtos feitos com madeira cujo ambiente de produção tem sua sustentabilidade certificada.

Atualmente, existem dois grandes sistemas básicos de certificação florestal em operação no planeta: o *Program for Endorsement of Forest Certification Schemes (PEFC)* e o *Forest Stewardship Council (FSC)*. Criado em 1999, e com sede em Luxemburgo, o (PEFC) é um programa internacional de certificação florestal composto por 18 sistemas nacionais que coexistem por meio de um processo de reconhecimento mútuo e recíproco na medida em que, de maneira efetiva, são substancialmente equivalentes. Inicialmente sediado em Ouachita, México, e operacional desde 1994, o FSC é um sistema

global adaptado a diferentes regiões, países e características locais e que, por alguns anos, era o único sistema existente, resultando disso sua prevalência naquele período. O *PEFC* responde pela certificação do manejo de 100 milhões de hectares de florestas em todo o planeta; o *FSC* responde por 42 milhões de hectares. Informações detalhadas sobre os dois programas podem ser obtidas consultando-se www.fsc.org e www.pefc.org.

No Brasil, o *FSC* e o Programa Brasileiro de Certificação Florestal (Cerflor), vinculado ao *PEFC*, coexistem. A escolha, por um ou outro sistema de certificação, permanece com o produtor florestal, que tem na preferência do mercado, por um ou outro sistema, um importante fator decisório. No entanto, muitas similaridades – e algumas diferenças – entre esses dois sistemas de certificação, podem ser identificadas, como será analisado na seqüência.

Para candidatar-se à certificação pelo *FSC* todas as florestas devem atender aos Princípios de 1 a 9 e respectivos critérios. Plantações florestais devem satisfazer, adicionalmente, ao Princípio 10.

Princípio 1 – Obediência às leis e aos Princípios do *FSC*.

Princípio 2 – Direitos e responsabilidades de posse e uso (da terra e da floresta).

Princípio 3 – Direitos dos povos indígenas (reconhecimento e respeito).

Princípio 4 – Relações comunitárias e direito dos trabalhadores.

Princípio 5 – Benefícios da floresta.

Princípio 6 – Impacto ambiental.

Princípio 7 – Plano de manejo.

Princípio 8 – Monitoramento e avaliação.

Princípio 9 – Manutenção de florestas de alto valor de conservação.

Princípio 10 – Plantações de árvores.

O leitor interessado sobre a certificação pelo programa *FSC*, no Brasil, poderá obter informações complementares em www.fsc.org.br. Após muitos anos de desenvolvimento – e com a efetiva participação de diversas partes interessadas – o Programa Brasileiro de Certificação Florestal (Cerflor), foi

finalmente materializado, em fevereiro de 2002, com a publicação das seguintes normas brasileiras:

NBR 14789 – Manejo Florestal – Princípios, critérios e indicadores para plantações florestais.

NBR 14790 – Manejo Florestal – Cadeia de custódia.

NBR 14791 – Diretrizes para auditor florestal – Princípios Gerais.

NBR 14792 – Diretrizes para auditor florestal – Procedimentos de auditoria – Auditoria de manejo florestal.

NBR 14793 – Diretrizes para auditoria florestal – Procedimentos de auditoria, critérios de qualificação para auditores florestais.

Em março de 2004, foi publicada a seguinte norma, que diz respeito à certificação do manejo sustentável de florestas nativas:

NBR 15789 – Manejo Florestal – Princípios, critérios e indicadores para florestas nativas (publicada em março de 2004).

A auditoria florestal – Com vistas à certificação pelo programa Cerflor – fundamenta-se na verificação de indicadores, no contexto de diversos critérios e que atendem aos seguintes princípios fundamentais:

- Obediência à legislação.
- Racionalidade no uso dos recursos florestais em curto, médio e longo prazos, em busca da sua sustentabilidade.
- Zelo pela diversidade biológica.
- Respeito às águas, ao solo e ao ar.
- Desenvolvimento ambiental, econômico e social das regiões onde se insere a atividade florestal.

Ao leitor interessado no Programa Brasileiro de Certificação Florestal (Cerflor), recomenda-se consultar www.inmetro.gov.br ou www.abnt.org.br.

Apesar de que, em cada programa, *FSC* ou Cerflor, o número de princípios seja diferente, um exame das normas pertinentes revela que seu conteúdo técnico é bastante similar. É oportuno registrar que enquanto o *FSC* apresenta plena independência, o Cerflor integra formalmente o Sistema

Brasileiro de Certificação (SBC), dispondo de toda a credibilidade e segurança que aquela estrutura já estabelecida propicia.

Considerações finais

Ao longo dos últimos anos, em todo o planeta, o crescimento da consciência ambiental e das preocupações com a segurança alimentar têm sido acompanhados por reflexos nos mercados consumidores de produtos e serviços. Assim, verifica-se uma crescente demanda dos consumidores em especial aqueles localizados nos países importadores, por informações acerca dos aspectos ambientais que caracterizam atividades produtivas agropecuárias e florestais.

Observa-se que a preferência por alimentos seguros e saudáveis – e cujas matérias-primas tenham sido produzidas com responsabilidade ambiental e social – é crescente e irreversível. A certificação materializa o atendimento a um direito básico do consumidor: o direito à informação.

O conceito de qualidade que no passado significava produtos padronizados e homogêneos em termos físico-químicos (normas da série ISO 9000), agora passa a adicionar novos critérios tais como isento de resíduos de pesticidas, de aditivos, de microrganismos patogênicos, produzidos em sistemas de produção que não poluem nem degradem o meio ambiente.

Além disso, segmentos de mercados internacionais começam a adotar critérios sociais de qualidade; de proteção ao trabalhador e a sua família, de comunidades tradicionais e de sua cultura.

Assim, os critérios ecológicos e sociais de competitividade cada vez mais presentes nos mercados agropecuários internacionais, antes que modismos, transitórios, é uma tendência natural da globalização do sistema agroalimentar, cuja indução inicial se deve ao exercício de preferência pelos consumidores nas sociedades pós-industriais, em que a cesta de necessidades básicas incluem cada vez mais serviços e valores monetariamente intangíveis como a qualidade ambiental e o bem-estar dos trabalhadores e de suas famílias.

Embora as discussões sobre a legitimidade desses critérios de qualidade – muitas vezes interpretados como barreiras não-tarifárias ao comércio, afetando principalmente países em desenvolvimento – esse processo de diferenciação nos mercados a partir de normas certificáveis e com atributos

de rastreabilidade vem avançando, com o participação do terceiro setor e o aval da Organização Mundial para o Comércio (OMC).

Nesse contexto, indicadores tais como o crescimento da certificação da Produção Integrada e de outras normas similares relacionadas ao mercado de frutas, hortaliças e flores na Europa e sua difusão para as principais regiões produtoras do mundo; a certificação da cadeia produtiva florestal nos principais mercados de madeira e celulose, atualmente em franca expansão em todos os continentes; a certificação de várias cadeias de produtos agropecuários com normas orgânicas, entre outros; todos com altas taxas de crescimento tanto da oferta quanto da demanda, atestam essa tendência.

Embora o Brasil seja retardatário nesse movimento, sua forte inserção nos diferentes mercados internacionais e a própria liderança na agropecuária tropical fazem com que seu papel seja fundamental na formatação dos cenários globais futuros.

Salvo algumas exceções, as possibilidades para a agropecuária brasileira adotar critérios amplos de qualidade (incorporando dimensões ecológicas e sociais à competitividade) são efetivas em especial pelo conjunto de Boas Práticas Agropecuárias que o sistema de pesquisa já acumulou nas últimas décadas. Exemplos da Europa – região onde tem surgido a maioria das inovações nesse campo – mostram que as políticas públicas são fundamentais na indução do processo de transição da agropecuária e dos subsetores industriais e de serviços relacionados ao cenário emergente.

Nesse cenário, o processo de certificação e de auditorias independentes constituem em instrumentos fundamentais para assegurar aos consumidores, as garantias mínimas sobre a origem, a rastreabilidade e os meios de produção utilizados considerando, também, a performance ambiental. Doravante, pode-se antecipar que a certificação dos produtos agropecuários assume dimensão jamais imaginada, pois constitui-se instrumento para a promoção da sustentabilidade.

Referências

BIANCHI, Patrícia Nunes Lima. **Meio ambiente**: certificações ambientais e comércio internacional. Curitiba: Juruá, 2002. 291 p.

INSTITUTO BIODINÂMICO. **Diretrizes para o padrão de qualidade orgânica**. 11. ed. rev. Botucatu, 2003. 80 p.

INMETRO. Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial. **Certificados ISO 9001 válidos por Padrão Normativo**. Disponível em: <<http://www.inmetro.gov.br/gestao9000> (dados estatísticos)>. Acesso em: 15 mar. 2005a.

INMETRO. Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial. **Certificados ISO 14001 válidos por Padrão Normativo**. Disponível em: <<http://www.inmetro.gov.br/gestao14001> (dados estatísticos)>. Acesso em: 15 mar. 2005b.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION (ISO). **The ISO Survey of ISO 9001:2000 and ISO 14001 certificates 2003**. Disponível em: <<http://www.iso.org/iso/en/commcentre/pressreleases/archives/2004/ref928.html>>. Acesso em: 15 mar. 2005.

KITAMURA, Paulo Choji. Agricultura Sustentável no Brasil: avanços e perspectivas. **Ciência & Ambiente**, Santa Maria, v. 27, p. 07-28, 2003.

MÄNTYRANTA, H. **Forest certification**: an ideal that became an absolute. [S.l.]: Vammalan Kirjapaino Oy, 2002. 304 p.

PESSOA, M. C. P. Y.; SILVA, A. S.; CAMARGO, C. P. **Qualidade e certificação de produtos agropecuários**. Brasília, DF: Informação Tecnológica, 2002. 188 p. (Texto para Discussão, 14).

PROTAS, J. F. da S.; VALDEBENITO SANHUEZA, R. M. V. (Ed.). **Produção Integrada de Frutas: o caso da maçã no Brasil**. Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, 2003. 192 p.

STATUS of National Organic Regulations. **The Organic Standard**, Höje, Sweden, n. 11, p. 3-12, 2002. Disponível em: <<http://www.organicstandard.com>>. Acesso em: 15 jul. 2006.



Capítulo 5

Dispersão de Poluentes
e seu Monitoramento
na Agropecuária

*Luciano Gebler
Gilmar Luiz Espanhol
Ioana Nicoleta Firta
Claudio A. Spadotto*



Introdução

Na natureza, quando não há interferência humana, as cadeias tróficas do ecossistema estão equilibradas, não havendo sobras e evitando a poluição natural do ambiente. Desde o momento em que o homem moderno começou a domesticação das espécies vegetais e de animais selvagens, muitos desses ciclos foram alterados ou definitivamente rompidos. Durante os milênios seguintes, esse problema foi se acumulando em maior ou menor escala, vinculado diretamente à densidade populacional de determinada região e suas fontes produtoras de alimentos.

No último século, a partir da década de 1950, foi iniciado um movimento mundial focando a relação do ser humano com o ambiente, principalmente devido aos altos níveis de *stress* ambiental existentes em determinadas áreas do planeta. Apesar da grande carga poluente ser produzida nas aglomerações humanas e nos centros industriais, a agricultura foi um dos pontos de origem desse movimento, concretizado diante da preocupação sobre risco de contaminação dos recursos hídricos e alimentos pelos agrotóxicos.

A partir daí, a humanidade vem buscando formas mais apropriadas de produzir alimentos sem poluição, ou reduzindo-a ao mínimo, adotando a denominação de agropecuária sustentável. Apesar disso, as práticas convencionais de produção agropecuária ainda são as mais utilizadas, uma vez que a demanda social pela produção de alimentos baratos ainda é mais forte que a pressão ambiental. Isso tem levado os produtores a buscar a maximização econômica da produção, mesmo que o resultado seja o desequilíbrio ambiental.

Uma das formas baratas e disponíveis ao técnico de campo para evitar grandes danos ao ambiente e ao futuro das áreas produtivas passa, então, pelo planejamento e pela prevenção. Para isso, um dos primeiros passos necessários é a compreensão das rotas e do comportamento dos agroquímicos¹ e contaminantes² no ambiente, a influência de fatores internos e externos à sua composição, tais como a estrutura molecular, as características físico-químicas, temperatura e umidade do ambiente, tipo de solo, presença de matéria orgânica, modo de aplicação dos produtos, dentre outros.

¹ Agroquímicos devem ser compreendidos como os insumos utilizados na agropecuária atual, orgânicos ou inorgânicos, que por meio de reações físicas, químicas ou biológicas têm potencial de alterar os ciclos geoquímicos num ecossistema.

² São consideradas contaminantes as substâncias presentes no ambiente em tal concentração que não são mais consideradas como componentes naturais, mesmo que não tenham ultrapassando os limites impostos pela legislação, e haja, sim, um risco potencialmente alto de que isso venha a ocorrer em curto período de tempo.

O conhecimento de tais características permitirá avaliar a distribuição dos contaminantes na atmosfera, no solo, na água e na biota, e a forma que sofrerá ações de degradação até sua transformação final em substâncias simples, como C (carbono), N (nitrogênio), P (fósforo), dentre outros.

Para se compreender melhor sua distribuição e a forma de facilitar seu monitoramento, os possíveis contaminantes ambientais resultantes das atividades rurais foram divididos a seguir em três grandes grupos:

- a) Oriundos dos agroquímicos e afins.
- b) Oriundos de metais pesados.
- c) Oriundos dos resíduos orgânicos.

Muitas vezes, apesar de serem de difícil separação, essa divisão permite uma análise geral de suas rotas.

Grupo de contaminantes oriundos de agrotóxicos, combustíveis e produtos domissanitários³

Apesar de os agrotóxicos utilizados na agricultura terem sempre sido considerados como os mais prejudiciais do grupo, é importante lembrar que muitos outros produtos de uso veterinário, domissanitários e os próprios combustíveis utilizados na agropecuária algumas vezes apresentam os mesmos princípios ativos que seus similares de uso agrícola, em concentração muitas vezes superior a eles, e às vezes mais problemáticos. Sendo assim, essas substâncias químicas apresentam rotas, formas e velocidades de degradação próprias para cada princípio ativo diferente, mas todas se enquadram nas chamadas rotas tradicionais de degradação (Fig. 1).

Um dos principais fatores que deve ser levado em conta na análise e planejamento ambiental, envolvendo os agrotóxicos e produtos domissanitários, é a quantidade do princípio ativo que não atinge o alvo e chega aos demais compartimentos ambientais, onde pode sofrer degradação ou provocar prejuízo ao ambiente. Por exemplo, no caso de agrotóxicos, a massa e a concentração de produto que atinge o solo é relativamente incerta.

³ Domissanitários são produtos químicos destinados ao controle de pragas no âmbito doméstico. Têm a mesma composição e formulação dos agrotóxicos comerciais, só diferenciando sua destinação de uso. Exemplos desses produtos são aqueles aplicados em campanhas governamentais ou os inseticidas e cupinicidas vendidos em supermercados.

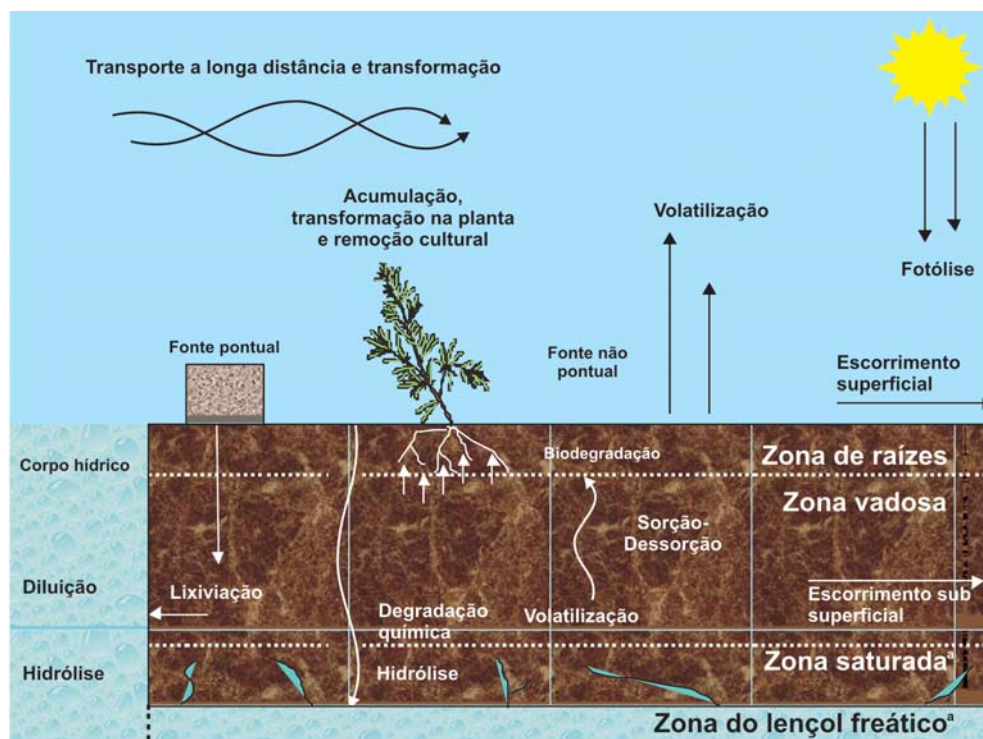


Fig. 1. Principais rotas e processos de degradação de xenobióticos na natureza.

a) Dependendo do autor, a referência à zona saturada se limita ao lençol freático, ou pode determinar a região de variação do lençol, também conhecida como Franja Capilar. Na figura acima, ela é utilizada para distinguir a região não saturada do solo da região onde a saturação interfere nos mecanismos de transporte/degradação, sem as características da saturação total do solo na região do lençol freático.

Fonte: Gebler e Spadotto (2004).

Plimmer (1992) sugere que, dependendo das condições ambientais e características físico-químicas do princípio ativo, 5 % do produto se perdem por escorrimento superficial, em torno de 1 % por lixiviação e de 40 % a 80 % por volatilização.

Ação de fatores externos à composição dos produtos químicos orgânicos

A partir de sua aplicação, os princípios ativos de um produto e seus resíduos se distribuem nos diversos compartimentos ambientais (atmosfera,

solo, água e biota). Variáveis como o tamanho de gota, forma de aplicação, tipo de formulação comercial, qualidade da água de pulverização, condições ambientais durante a aplicação, ou suas conjugações, influenciam essa distribuição. Isso pode acontecer com o atraso ou impedimento da chegada do produto ao alvo, desvio de rota, erro do alvo, além de outros.

O ajuste correto desses itens pode ser considerado o primeiro passo para o sucesso da ação dos agrotóxicos e produtos domissanitários e a redução de seu impacto no ambiente. Exemplos comuns desses desajustes podem ser observados na formação de grandes nuvens de vapor de calda durante a aplicação desses produtos, geradas por erros na forma de aplicação, podendo resultar em gotas muito pequenas, que rapidamente evaporam antes de chegar ao alvo ou ao solo, ou ainda em gotas normais, que devido às questões climáticas impróprias (alta temperatura, baixa umidade ou ventos fortes), são carregadas para a atmosfera, onde parte é inativada por fotólise e o restante poderá provocar impactos ambientais negativos em outras áreas.

Outro erro comum é a utilização de água contaminada por sedimentos em suspensão, principalmente argila e matéria orgânica que, ainda dentro do tanque do pulverizador, podem desativar o ingrediente ativo, por adsorção, e, além disso, produzir colóides de diâmetro excessivo, provocando alterações nos bicos dos equipamentos de pulverização, e formando gotas muito grandes, que atingirão diretamente o solo com concentrações acima do planejado, favorecendo o surgimento e deslocamento de resíduos com maior velocidade, diminuindo sua degradação.

Um aspecto a ser averiguado é a composição do solo onde esses insumos serão aplicados, principalmente quanto aos teores de argila e de matéria orgânica. Eles influenciam diretamente a disponibilidade dos produtos para a solução do solo, desde que apresentem uma força de adsorção molecular fraca ou moderada, regulada pelos coeficientes de distribuição solo/água (K_d) ou coeficiente de distribuição normalizado para carbono orgânico (K_{oc}), procurando-se prever, em caso de acidentes, a probabilidade de ocorrer lixiviação acentuada em produtos de K_d ou K_{oc} muito baixos, ou a retenção de produtos em condição inversa.

Assim, a aplicação, manejo e armazenagem de produtos químicos orgânicos na agricultura deve, sempre que possível, ser pautada por orientações básicas como:

- Utilizar formulações compatíveis com a forma de aplicação e com o alvo.
- Manter o equipamento regulado e em condições ótimas de uso.

- Evitar que o sistema crie gotas diferentes do previsto para a otimização da atuação do produto.
- Procurar aplicar em condições ambientais e climáticas ótimas (boa umidade do ar e solo em capacidade de campo, temperaturas mais baixas, ventos de menos de 10 km/h, sem a possibilidade de chuva próxima).
- Utilizar produtos e dosagens recomendados para as condições de solo existentes.
- Sempre utilizar água de boa qualidade (ausência de partículas em suspensão, pH entre 5,5 e 7,5; sem excesso de sais), cujos parâmetros numéricos podem ser encontrados na resolução nº 357 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (Conama) (CONAMA, 2005).
- Seguir as orientações normativas de ordem legal existentes, quando houver necessidade de construir estruturas de suporte ou manusear tais produtos.
- Em construções rurais que exijam obras de escavação ou irão concentrar o uso e o armazenamento de produtos orgânicos tóxicos, tais como os tanques de imersão para tratamento de animais (banheiros carrapaticidas), tanques de combustíveis, pontos de carregamento de pulverizadores de agrotóxico, as antigas fossas de embalagens e os depósitos de agrotóxicos, verificar a composição do solo e a profundidade efetiva do lençol freático, planejando a localização e evitando combinações que facilitem a lixiviação em profundidade de moléculas de contaminantes a altas velocidades, além de utilizar materiais e métodos construtivos adequados, para evitar a formação de rachaduras ou vazamentos na estrutura, que também beneficiem o transporte de contaminantes, obedecendo sempre às respectivas normas técnicas (por exemplo, Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), legislação referente a agrotóxicos ou normativa nº 273 do Conama), quando existentes (CONAMA, 2001).

Fatores internos atuantes na degradação de produtos químicos orgânicos

Como observado na Fig. 1, os agrotóxicos e produtos domissanitários, bem como seus resíduos, se movimentam no ambiente por processos físicos, tais como escoamento superficial, lixiviação, translocação pelas plantas e volatilização, sendo então degradados pelos processos químicos e biológicos.

Com o conhecimento de em qual compartimento ambiental o produto se encontra, é possível determinar quais as principais formas de degradação que ele sofrerá, possibilitando uma previsão de seu deslocamento, concentração e o tempo para seu desaparecimento.

Os processos químicos acontecem preferencialmente no ar e na água (oxidação, redução, hidrólise e fotólise). Já no solo e nos organismos vivos, ocorre principalmente o processo de biodegradação (oxidação, redução, hidrólise e suas conjugações, intermediadas por microrganismos), que é mais eficiente na degradação dos resíduos. Baseado nessa maior eficiência, Wolfe (1992) sugere que não haveria realmente uma degradação puramente física e química dos agrotóxicos, e, sim, mediante a ação enzimática da biota presente. Isso seria devido à dificuldade de separar o que é transformado biologicamente daquilo que o é abioticamente. Isso também pode ser extrapolado para alguns dos domissanitários.

Essas rotas de degradação não excluem ações paralelas ou conjuntas. Por exemplo, no solo, a biodegradação é mais ativa na chamada zona de raízes (profundidade que varia entre 0 cm a 40 cm), tendo sua ação diminuída à medida que o produto se aprofunda no perfil, enquanto a degradação química direta tem, proporcionalmente, menor importância junto à superfície, aumentando à medida que o resíduo lixivia.

Por isso, no campo, é aconselhável evitar rotas preferenciais de exposição, como rachaduras no solo, causados por longos períodos de seca, arações ou subsolagens profundas que deixem sulcos ou obras envolvendo escavações, como as antigas fossas de agrotóxicos e as fossas para banho de inseticidas e carrapaticidas em animais, que favorecem a descida do resíduo do agrotóxico no perfil do solo de forma acelerada, sem sofrer ataques.

Além disso, como exemplo, pode-se citar também a água, onde, apesar dos processos químicos serem mais importantes, existe também biodegradação, desde que os microrganismos utilizem as moléculas do produto, ou parte delas, como substrato para o crescimento.

Na degradação química, pode ocorrer um maior número de processos envolvidos simultaneamente do que na biodegradação. Alguns produtos podem ser suscetíveis a todos eles ou a algum, em especial.

Deve-se levar em conta que após a ocorrência parcial da degradação, já pode haver inativação ou não do produto, e, ainda, essa degradação pode ser requerida como ação ativadora do princípio ativo do agente químico.

Os principais processos e rotas envolvidos na degradação dos agrotóxicos, segundo Schonoor (1992), Havens et al. (1995) e Radosevich et al. (1997), são: fotólise, volatilização, hidrólise, oxidação/redução, sorção (adsorção), biodegradação, retirada de restos culturais, lixiviação e escoamento superficial, conforme detalhado a seguir.

a) Fotólise – A luz visível⁴ pode provocar a quebra das ligações químicas entre as moléculas dos produtos, primariamente por meio de reações fotoquímicas e secundariamente, pela reação de radicais livres.

A maioria dos poluentes orgânicos da superfície terrestre é afetada pela energia solar transmitida entre os comprimentos de onda de 290 nm a 600 nm, faixa que inclui a luz visível e o ultravioleta.

Para os agrotóxicos, por exemplo, a maior ação situa-se na faixa entre 290 nm a 400 nm, que compreende aproximadamente 4 % do volume da luz emitida pelo sol, uma vez que comprimentos de onda menores de 290 nm são filtrados pela camada de ozônio e comprimentos maiores de 400 nm não possuem energia suficiente para provocar a quebra de suas moléculas. Esse processo atinge, principalmente, moléculas que apresentam alto grau de volatilidade.

Além da fotólise direta, pode ocorrer, também, a fotólise indireta, onde a luz funciona como um catalisador para outros processos físico-químicos, especialmente na água. Como é um processo que atinge a qualquer produto que esteja sobre a superfície das plantas, do solo e da água, é considerado o de maior espectro de ação.

Na água, a fotólise pode sofrer influência da qualidade de água, fato este verificado entre as diferenças de degradação em água destilada e águas de superfície, observado em laboratório.

A presença de diferentes tipos de radicais livres também afeta a taxa de degradação do agrotóxico, sendo que radicais hidróxi (OH[•]) são os que mais aceleram a taxa, enquanto radicais ozona (O₃⁻) são os de menor influência. Assim, os principais fatores que influenciam a fotólise são:

- A hora do dia, devido à maior ou menor quantidade de energia luminosa disponível.

⁴ Forma de radiação eletromagnética, cuja faixa radiante se situa entre 0,39 e 0,70 μm , composta por “pacotes” de energia denominados fótons, que se movimentam na forma de ondas.

- As condições climáticas, sendo que em dias com muitas nuvens haverá menor fotólise.
- Presença de radicais, onde a maior concentração de radicais livres irá acelerar o processo de degradação.
- Presença de particulados no meio, poeiras no ar ou matéria em suspensão na água reduz a ação da fotólise, inclusive favorecendo a adsorção em sua superfície, além do efeito da profundidade, onde, quanto mais fundo está o contaminante, menor será a ação.

b) Volatilização – É um processo de transferência, onde um elemento químico passa de uma superfície seca ou molhada para a atmosfera. Portanto, é um processo mais ligado com o transporte, do que propriamente com a transformação química em si, sendo que em casos de condições climáticas e micro-climáticas não ideais, pode haver perdas de 80 % a 90 % do produto, pouco tempo (horas ou dias), após a aplicação.

Assim, no processo de volatilização, ao passar pela mudança de estado físico, que está intimamente relacionada com a taxa da pressão de vapor e a Constante de Henry, o composto se torna mais exposto no ambiente, contribuindo para que sua taxa de degradação seja acelerada. Portanto, haverá menos produto adsorvido aos particulados do solo e da água, onde estaria relativamente protegido da ação das forças químicas e biológicas, sofrendo também a influência da fotólise.

Não existe uma taxa fixa de transferência de produto por volatilização, já que ela depende de variáveis físico-químicas da molécula e das condições climáticas, bem como é praticamente impossível medir a volatilização de um produto diretamente do solo, uma vez que as rotas de escape são inúmeras. Ainda assim, podem-se prever com alguma segurança as quantidades envolvidas, sempre levando em conta o fluxo de volatilização por unidade de área e a meia-vida de volatilização do produto.

Espera-se que em temperaturas altas, céu claro, solos leves em capacidade de campo, com baixos teores de matéria orgânica, presença de vento e de baixa umidade no ar, haja maior volatilização que em condições de frio, céu encoberto, solos argilosos secos, com altos teores de matéria orgânica, ausência de vento e umidade relativa (UR) do ar próxima a 100 %.

Outro fator que influencia a taxa de volatilização do produto é seu grau de solubilidade em água, uma vez que quanto menos miscível em água (apolar), o produto estará mais exposto tanto na superfície da água como do solo. Nesse caso, só haverá redução na taxa de volatilização se os índices de matéria orgânica do solo forem bastante altos.

Em animais, isso só ocorre nos casos em que houver excesso de água sobre a pele, retardando o contato com esta, como aplicações de produtos em dias muito úmidos (UR próxima aos 100 %). No caso de produtos polares, haverá a tendência inversa, de menor volatilização, por maior miscibilidade em água.

Em águas de superfície, essa característica também é chave quanto à exposição, pois ao se tratar de um produto apolar de baixa densidade, este ficará mais tempo na superfície ou próximo a ela, facilitando as trocas gasosas.

Se for um produto apolar de alta densidade, apresentará a tendência de afundar e manter-se entre a água do fundo e a superfície do solo, penetrando lentamente. Nesse caso, a volatilização é mais lenta e passa a ser um componente do processo de fugacidade da substância.

É importante lembrar que mesmo nessas condições críticas, com o produto contaminante no subsolo, no fundo de um corpo d'água, ou num lençol subterrâneo, pode ainda estar havendo a volatilização, podendo-se lançar mão de metodologias de remediação que envolvam esse processo.

c) Hidrólise – É considerada o processo físico-químico mais relevante para a degradação da maioria das espécies de agrotóxicos e de boa parte dos produtos domissanitários, uma vez que pode estar presente, também, como processo intermediário na biodegradação. Para agir, ela necessita de água, pois envolve a quebra de ligações químicas nas moléculas e sua substituição por componentes da água (H^+ e OH^-), formando novos compostos.

Havens, et al. (1995), sugerem que a principal transformação que a molécula sofre por hidrólise é a conversão de éster para ácido, sendo que outros grupos funcionais também sofrem alterações (amidas, anilidas, carbamatos, epóxidos, haletos, nitrilas, oximas e triazinas).

A hidrólise é o principal meio de degradação química de agrotóxicos em corpos de água. Dependendo do grau de umidade do solo, a exemplo do

que ocorre a outros contaminantes, pode apresentar ação intensa, principalmente conjugada com outros processos físico-químicos e biológicos, como a adsorção ou a biodegradação.

Em alguns casos, essa reação pode ser utilizada como ativadora do mecanismo de ação do produto, sendo prevista sua ação em determinada faixa de umidade do solo, para um melhor efeito a campo. Isso é possível pelo fato de a hidrólise não inativar o produto em somente uma etapa, exigindo diversos passos que podem resultar numa meia-vida bastante longa.

A meia-vida da hidrólise do produto deve ser conhecida, pois ajudará a estimar quanto tempo estará presente na natureza. Se o tempo de meia-vida da hidrólise for muito grande, torna-se possível estimar quais outros processos de degradação poderão agir.

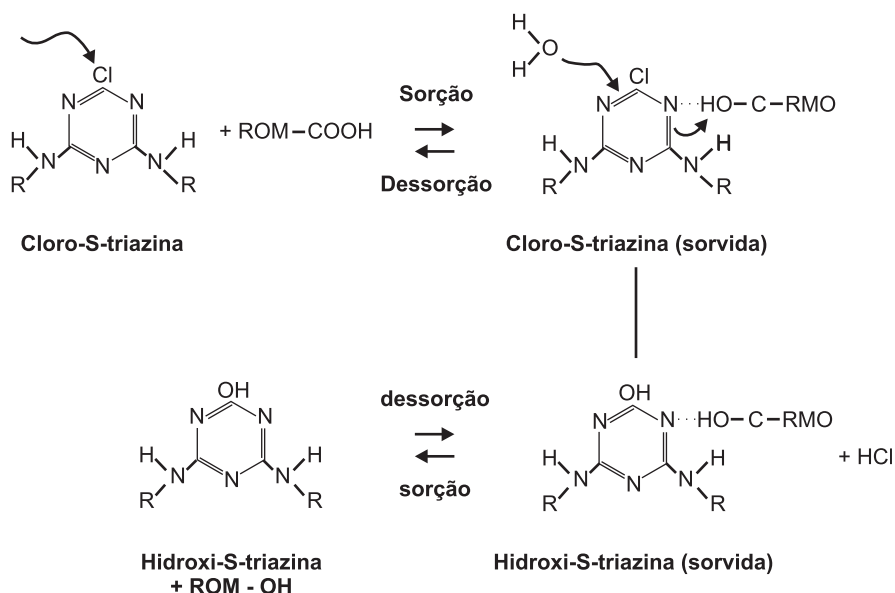
Outras variáveis que influenciam grandemente o processo são a composição do solo e a presença de matéria orgânica. Solos ricos em argilas são mais eficientes na degradação por hidrólise dos produtos do que solos arenosos. Na classificação das argilas, as que apresentam minerais 2:1 como a montmorilonita, são mais eficientes que as que apresentam minerais 1:1, como a illita e a caulinita.

Em relação à matéria orgânica, as ações podem envolver a adsorção do produto nos sítios de troca, ou sua composição com os ácidos orgânicos, principalmente havendo presença de íons metálicos dissolvidos, que podem servir de catalisadores da reação. Fay (1997) cita que, no caso das triazinas, normalmente solos com alto teor de matéria orgânica e baixo pH apresentam uma taxa de degradação extremamente acentuada.

Na Fig. 2, são apresentadas as rotas de hidrólise da cloro-s-triazina, catalisada pela ação da adsorção ao solo e à matéria orgânica em meio ácido (pH 3,9).

O pH do meio interfere na hidrólise de alguns dos produtos químicos orgânicos devido à interação com as características físico-químicas inerentes à sua molécula, que podem torná-la reativa em meio ácido, meio básico ou em ambos.

Além disso, a temperatura também apresenta uma grande influência na taxa de reação da hidrólise, sendo que o aumento de 1 °C pode incrementar



ROM-OH = Grupo funcional carboxila na matéria orgânica do solo

Fig. 2. Modelo de hidrólise da cloro-S-triazina no solo.

Fonte: Armstrong e Konrad (1974 citado por FAY, 1997).

a taxa em 10 % e um aumento de 10 °C pode elevar a taxa a um multiplicador na ordem de 2,5 vezes (LINDE, 1994).

d) Oxidação-Redução – Esse processo atua principalmente nas trocas químicas em que os produtos são submetidos a reações de fotodegradação ou biodegradação, sendo catalisado pela ação da luz ou de microrganismos. Compreende, principalmente, a transferência de elétrons de ou para compostos ionizáveis.

Entretanto, em algumas situações muito especiais, essas reações podem ocorrer sozinhas, sendo relacionadas a ambientes sem luz e praticamente à ausência de microrganismos, vinculados a perfis de solo de grande profundidade ou ao lençol subterrâneo, como no caso da degradação de plumas contaminantes de combustíveis. Além disso, as reações de oxi-

redução também são afetadas pelo tipo de argila e a presença de matéria orgânica no local.

e) Sorção (adsorção) – Um conjunto de processos que incluem tanto a adsorção quanto a absorção, descrevendo a atração e retenção reversível (mesmo que não completamente) de um composto nas partículas do solo.

O que diferencia a adsorção da absorção é que a absorção envolve organismos do solo e plantas. Além disso, para existir absorção é preciso haver também a interpenetração do composto de uma fase em outra, sem que haja perda de suas características iniciais como, por exemplo, na osmose celular, caracterizando um processo de profundidade. A adsorção envolve processos hidrofóbicos, físicos e químicos, em que o composto passa da solução do solo para a superfície das partículas minerais e orgânicas do solo, sendo essa superfície entendida tanto como a superfície externa, como a superfície dos poros, ou interna, caracterizando um fenômeno de superfície.

Resumidamente, na absorção há a penetração do composto num organismo, através da membrana celular, para então sofrer alterações, enquanto na adsorção, o composto fica aderido à superfície das partículas, podendo sofrer influências da solução do solo.

Os grupos carboxílicos, fenólicos e hidroxílicos são os que mais contribuem para a capacidade de troca catiônica da matéria orgânica, enquanto os grupos amino são mais responsáveis pela produção de cargas positivas no solo. Na Fig. 3, pode-se visualizar a capacidade de troca da matéria orgânica.

Várias propriedades dos solos têm sido identificadas como afetando o mecanismo e o grau de sorção de combustíveis, agrotóxicos, produtos veterinários e domissanitários. No entanto, a predominância da sorção de compostos orgânicos não-iônicos na matéria orgânica do solo tem sido extensivamente documentada. Por exemplo, o movimento desses produtos no perfil do solo tem sido mostrado como inversamente proporcional à sorção, e diversos pesquisadores também têm sugerido que processos de sorção tendem a limitar sua taxa de biodegradação.

Portanto, sorção tem um grande impacto na distribuição, biodisponibilidade e persistência de contaminantes orgânicos no ambiente. Produtos excessivamente móveis podem se deslocar para camadas mais profundas do solo, onde a atividade

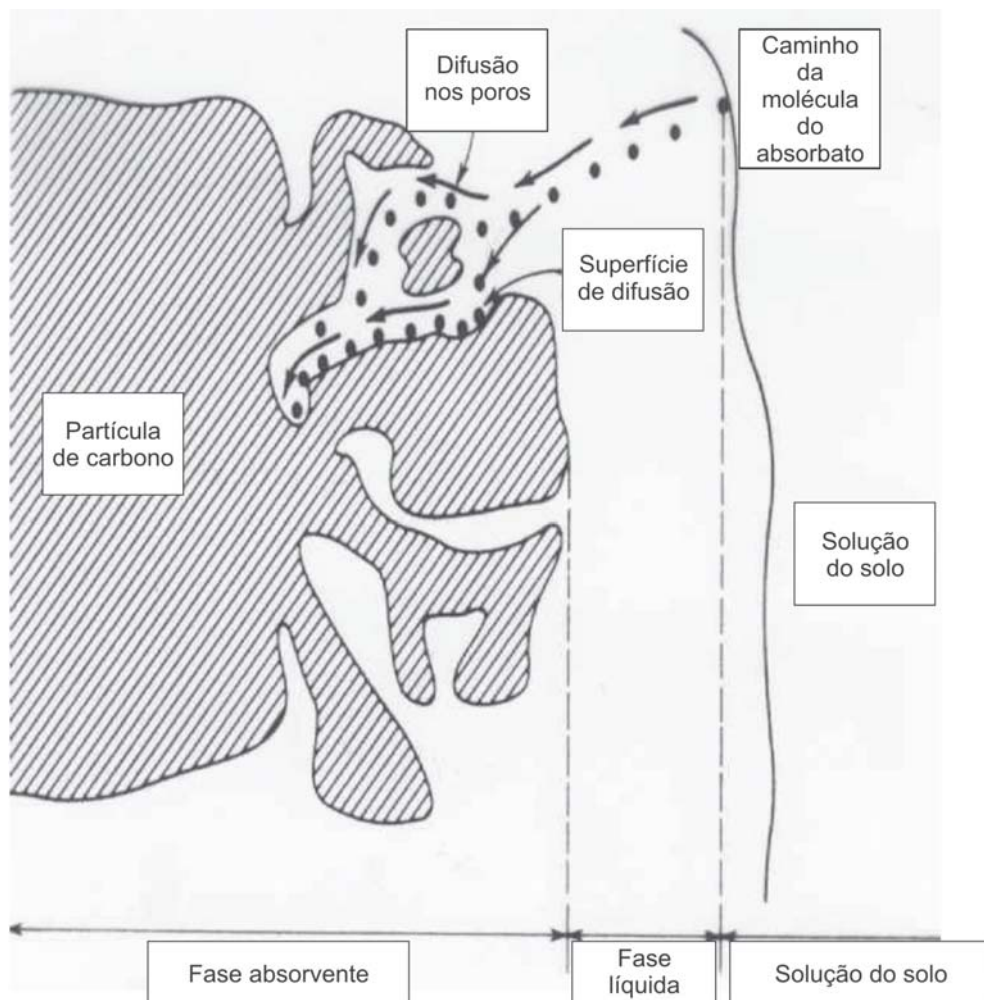


Fig. 3. Esquema do processo de adsorção de uma molécula de produto químico orgânico numa partícula de matéria orgânica do solo.

Fonte: adaptado de Weber Junior (1972).

microbiana é frequentemente menor que aquela nas camadas superficiais, o que pode representar importantes implicações na persistência dos resíduos. Exemplo disso foi citado por Fontaine et al. (1991), onde, numa série de experimentos em laboratório, a taxa de degradação do herbicida flumetsulam foi mais rápida em solos com menor capacidade de sorção.

Além disso, a sorção foi maior em solos com pH mais baixo e maior teor de carbono orgânico. Ogram et al. (1985) sugeriram que degradação microbiana do 2,4-D ocorreu apenas quando estava em solução, e não quando o herbicida estava adsorvido.

Quando um produto químico orgânico de caráter iônico atinge o solo, pode se ligar com as cargas positivas ou negativas presentes nos componentes do solo. Muitos solos apresentam uma característica eletronegativa, ou seja, as cargas negativas são superiores às positivas. Disso resulta que os produtos de caráter catiônico podem ser firmemente ligados ao solo, enquanto os de caráter ácido na forma aniônica tendem a lixiviar.

Esse caráter eletronegativo pode não ocorrer em solos brasileiros, especialmente em horizonte B de alguns dos nossos Latossolos, devido à presença de argilas silicatadas 1:1 como a caulinita, cuja substituição isomórfica é vinculada ao pH (cargas pH dependentes), assim como de óxidos de ferro e alumínio. Em solos das regiões de clima temperado, com maior presença de argilas silicatadas 2:1, como a montmorilonita, as cargas não dependem do pH, devido à forma da constituição das argilas e como os íons substituintes atingem esses sítios de troca.

No caso das argilas 2:1, a aderência entre as camadas internas da argila é relativamente débil, permitindo a penetração de água e íons dissolvidos. Já nas argilas 1:1 (caulinita e ilita), a trama de sustentação é bastante rígida, normalmente impedindo a entrada de componentes estranhos (KIEHL, 1979). Isso é apresentado na Fig. 4.

Isso resulta em áreas superficiais bastante diferentes, com conseqüente diferença de reação. O mesmo pensamento pode ser aplicado à matéria orgânica, que apresenta uma eletronegatividade também dependente do pH, mas com uma superfície de reação por grama muito maior que a das argilas, sendo, assim, mais eficiente na adsorção de cátions.

A formulação do produto também é uma variável importante na consideração da adsorção do produto. As soluções ácidas ou ésteres são respectivamente de baixa ou nenhuma solubilidade em água, sendo influenciadas pela elevação do pH, que, quanto mais alto, maior a solubilidade da solução ácida.

O produto formulado como um sal irá depender do tipo de cátion que o compõe, sendo altamente hidrolisável no solo e de alta solubilidade em água.

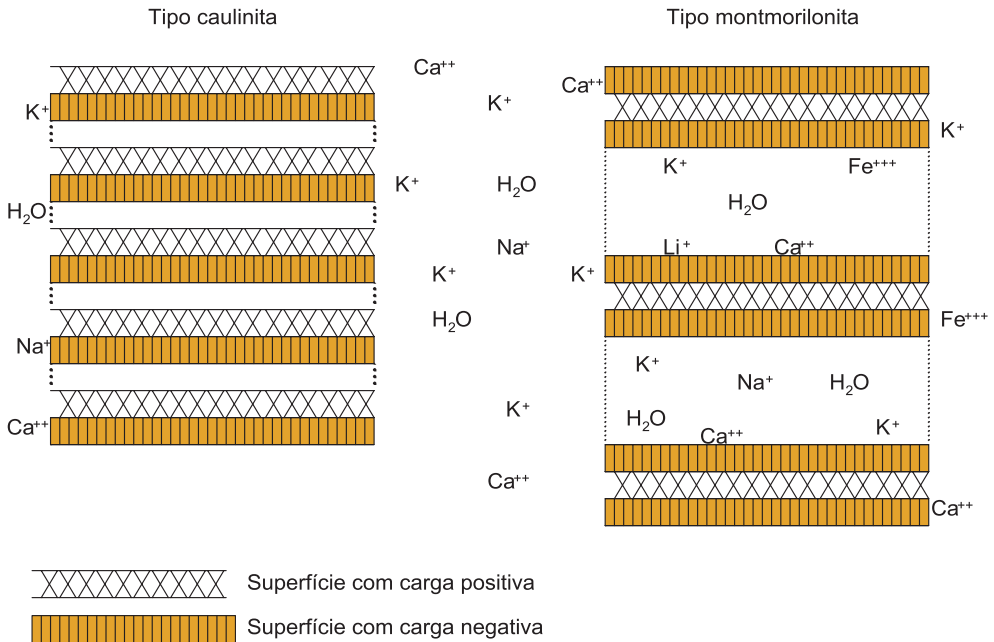


Fig. 4. Representação esquemática das argilas minerais.

Fonte: Guimarães (1986) e Kiehl (1979).

Ele é mais adsorvido em solo seco, uma vez que na presença de umidade, tende a hidrolisar.

A seguir, na Tabela 1, pode-se constatar a influência das diferentes superfícies específicas sobre a capacidade de troca de cátions de cada substância.

f) Biodegradação – A degradação biológica (degradação intermediada por microrganismos), dos produtos no solo é a forma mais eficiente e barata de eliminar substâncias indesejadas do ambiente. Em solo e água, é o processo mais importante para eliminação do resíduo de produtos químicos orgânicos, pois, segundo Schwarzenbach (1993), esses processos bioquímicos, semelhantes à reação química ou fotoquímica, alteram a estrutura do composto químico orgânico em questão, removendo aquele componente em particular de um sistema ambiental, reduzindo a molécula inicial até seus componentes básicos, como o C (carbono), N (nitrogênio) e P (fósforo). Esse processo age sobre a maioria dos produtos, apesar de

Tabela 1. Comparação da capacidade de intercâmbio de superfícies de colóides orgânicos e inorgânicos do solo.

Tipo de material	Capacidade de troca de cátions (mval/100 g)	Superfície específica (m ² /g)
Matéria orgânica (Humus)	100 – 300	500 – 800
Montmorilonita	100	600 – 800
Illita	30	65 – 100
Caulinita	10	7 – 30

Fonte: Guimarães (1986).

existirem alguns que podem ser bastante recalcitrantes. Nesses casos, o produto apresenta grande resistência à quebra de sua molécula, seja no início do processo, seja em alguma etapa já avançada, fazendo com que sua persistência no ambiente seja maior.

Os agentes biodegradantes estão em todo o perfil do solo, mas o processo tem uma ação mais acentuada nas camadas superficiais, até em torno dos 40 cm de profundidade, reduzindo, a partir daí, sua efetividade. Isso se deve, principalmente, à grande presença de bactérias aeróbicas, cuja eficiência em degradar produtos xenobióticos, é bem superior às bactérias anaeróbicas, por utilizar o oxigênio como agente oxidante, e, às relações solo-água-ar dessa região serem ótimas para essa biota.

À medida que a substância a ser degradada se aprofunda no solo e o oxigênio vai rareando, os microrganismos vão substituindo o oxigênio por outros elementos, como agente oxidante.

A afinidade de elementos em que isso ocorre é $O_2 > NO_3 > Fe_3O_4 > SO_4 > CO_2$. O nome dado aos processos que utilizam esses elementos é degradação aeróbica, desnitrificação, redução do ferro, redução do sulfato e degradação metanogênica respectivamente (CORSEUIL et al., 2001).

Na coluna d'água, ocorrem processos idênticos. Em condições onde há renovação de oxigênio constantemente, os microrganismos o utilizam como agente oxidante principal, tornando rápido o processo de degradação, e, à medida que a substância se aprofunda, suas reações de degradação vão se tornando mais lentas, pela substituição do oxigênio por agentes menos eficientes e pela própria troca de microrganismos degradadores, alterando a especificidade àquele novo agente oxidante.

O conhecimento da seqüência da preferência desses agentes oxidativos para cada produto contaminante, tanto em solo como na água, pode ser de grande utilidade para o planejamento da execução ou não de ações de mitigação em determinado lugar, ou se bastaria somente o monitoramento do contaminante, sendo então aplicada a técnica de atenuação natural no problema.

Outro fator que influi no tipo de biodegradação é o pH do solo, pois em valores de pH próximos da neutralidade ou levemente alcalinos ($\text{pH} > 5,5$), há a predominância de bactérias e actinomicetos (em torno de 65 % da biota), enquanto em solos ácidos, há a predominância de fungos, que são menos eficientes (GUIMARÃES, 1986; LINDE, 1994; MONTEIRO, 1997).

Na natureza, os microrganismos conduzem a degradação utilizando quatro categorias de reações ou suas conjugações (LINDE, 1994). O comum a todas elas é que os micróbios utilizam a parte com cadeias carbônicas da molécula como substrato, retirando ou trocando os radicais presentes na molécula por substituintes, que permitirão a degradação final da molécula até CO_2 . Na Tabela 2, essas reações estão reunidas com as substituições mais comuns de seu grupo.

Para que tais reações ocorram, é necessária a conjunção de alguns fatores como temperatura, umidade, população inicial de microrganismos, presença de substrato apropriado e meio de suporte:

- **Temperatura** – A temperatura afeta diretamente a velocidade do metabolismo dos microrganismos. Os mais afetados são as bactérias, com menor influência sobre os fungos. Como a maior taxa de eficiência da biodegradação de agrotóxicos está presente nas camadas iniciais do horizonte A do solo, as variações podem afetar acentuadamente a degradação de um composto aplicado, fazendo variar sua meia-vida no meio.
- **Umidade** – Demonstra uma ação numa faixa, onde, no solo, o ótimo para a degradação situa-se próximo às condições de capacidade de campo. Solos muito encharcados são menos prejudiciais que solos secos demais, pois ao primeiro falta volume de oxigênio para manter a taxa de degradação, mantendo a população em nível relativamente alto, e no segundo caso, falta a própria umidade para a manutenção da população.

Tabela 2. Comparação da capacidade de intercâmbio de superfícies de colóides orgânicos e inorgânicos do solo.

Redução	Reações químicas de degradação		
	Hidrólise	Oxidação	Conjugação
Nitro $-\text{NO}_2 \Rightarrow \text{NH}_2$	Epóxido $\begin{array}{c} = \text{C} - \text{C} = \\ \quad \quad \quad \diagdown \quad / \\ \quad \quad \quad \text{O} \\ \quad \quad \quad / \quad \diagdown \\ = \text{C} - \text{C} = \\ \quad \quad \\ \text{OH} \quad \quad \text{OH} \end{array} \Rightarrow$	Sulfoxidação $-\text{S}- \Rightarrow \begin{array}{c} \text{O} \\ \\ -\text{S}- \end{array} \Rightarrow \begin{array}{c} \text{O} \\ \\ -\text{S}- \\ \\ \text{O} \end{array}$	Metilação (fungos) $\equiv \text{C}-\text{OH} \Rightarrow \text{C}-\text{OCH}_3$
Cl alifático $\equiv \text{C}-\text{Cl} \Rightarrow \equiv \text{C}-\text{H}$	Éster carboxílico $-\text{COOR} \Rightarrow$ $-\text{COOH}$	Dessulfuração $\text{P}-\text{S} \Rightarrow \text{P}-\text{O}$	Acetilação (bactérias) $\equiv \text{C}-\text{NH}_2 \Rightarrow$ $\equiv \text{C}-\text{O}-\text{NHCOCH}_3$
Carbonila $= \text{C} = \text{O} \Rightarrow \text{R} \equiv \text{C}-\text{OH}$	Éster fosfato $\equiv \text{P}-\text{OR} \Rightarrow$ $\equiv \text{P}-\text{OH}$	N-Dealquilação $= \text{NCH}_3 \Rightarrow$ $= \text{NCH}_2\text{OH} \Rightarrow = \text{NH}$	Glicosilação (bactérias) $\equiv \text{C}-\text{OH} \Rightarrow$ $\equiv \text{C}-\text{O}-\text{Glucose}$
	Amida $-\text{CONH}_2 \Rightarrow$ $-\text{COOH}$	Epoxidação $= \text{C} = \text{C} = \Rightarrow$ $= \text{C} - \text{C} =$ $\quad \quad \quad \text{O}$	
		Hidroxilação do carbono $\equiv \text{CH} \Rightarrow \equiv \text{COH}$ $-\text{COOH}$	
		Hidroxilação do anel benzênico $\text{C}_6\text{H}_6 \Rightarrow \text{C}_6\text{H}_5-\text{OH}$	

- **População inicial de microrganismos** – Condição básica para o processo de biodegradação, pois sem ela, poderá haver somente degradação físico-química. Também é necessário que a população presente seja composta por elementos que atuem sobre o produto que se quer degradar. Existem famílias de microrganismos não específicos, mas a maior eficiência de degradação envolve a presença de espécies especialistas naquele substrato (MONTEIRO, 1997). Algumas vezes, as espécies envolvidas exigem algo mais, o que funcionaria como catalisador, tais como as espécies que só agem em presença de luz.

- **Substrato apropriado** – É necessário para que haja o desenvolvimento da população, quebrando e utilizando partes das moléculas dos herbicidas em suas estruturas de crescimento. Esse fator também pode atuar de forma contrária, pois quase metade dos agrotóxicos e alguns produtos domissanitários existentes no mercado atuam de forma negativa sobre a população de microrganismos, seja por inibição de atividade metabólica, supressão ou por morte da população. Também é necessário respeitar a faixa de concentração de produto que a microbiota suporta e tem capacidade de utilização.

- **Meio de suporte** – Biologicamente, para haver a ação de degradação por microrganismos, é necessário que a molécula do produto atravesse a membrana celular. Para que isso ocorra, é necessário que o microrganismo esteja fixado num suporte apropriado. Assim, em solos excessivamente secos, também se espera a redução da reação de degradação por não haver uma população inicial devidamente fixada e preparada para a ação de metabolização dos produtos que lhe chegam (HAVENS et al., 1995). Em água, isso também ocorre, com os microrganismos fixando-se aos colóides em suspensão, entretanto, muitos microrganismos podem não necessitar desse suporte, conseguindo executar a biodegradação de um composto, sendo categorizados como microrganismos de vida livre.

Essas variáveis influenciam na determinação da persistência de um contaminante no solo e água, mas outro fator tem peso ainda maior, a adaptabilidade das populações ao substrato.

Sob esse aspecto, é conveniente lembrar que, quando se está trabalhando com agrotóxicos como ferramenta agrícola, é necessário utilizá-lo sempre da maneira correta, pois uma das conseqüências de seu mau uso é que isso poderá resultar numa população local de microrganismos adaptada ao produto comumente aplicado, acelerando suas taxas de degradação, que poderão

aumentar exponencialmente, podendo reduzir sua meia-vida no campo, a ponto de afetar seu desempenho agrônomo.

g) Retirada de restos culturais – Essa rota de degradação envolve a retirada do contaminante do solo através do sistema radicular das plantas, onde irá ser transformado ou acumulado em tecidos vivos. É considerada como uma ação física, pois a degradação do produto se dá dentro da planta, após a absorção pelo tecido vegetal.

Também pode ser considerada como uma forma de mitigação de problemas ambientais, por meio da técnica de fitorremediação, onde uma cultura é implantada em áreas contaminadas, para retirada total ou parcial da massa contaminante, além da ativação ou incremento da biodegradação na zona radicular.

Na avaliação de sua influência nos processos de degradação, deve-se levar em conta as características fisiológicas da planta, que regulam a entrada do produto por suas raízes e os pontos de acúmulo e degradação, as condições de solo e umidade existentes e as características físico-químicas do produto.

Por isso, na avaliação dessa retirada, por meio de equações e simuladores matemáticos, as variáveis consideradas normalmente envolvem a profundidade (raramente o volume) do sistema radicular da cultura, a área foliar da planta e um coeficiente de seqüestro, sugerindo a percentagem de produto que será bombeado livremente para dentro dos tecidos.

Apesar de valores relativos, não pode ser totalmente desconsiderado, uma vez que normalmente os resíduos acabam sendo acumulados nos órgãos reprodutivos, que são o objeto da colheita e total retirada da área.

h) Lixiviação – A lixiviação compreende o transporte em profundidade, através do perfil do solo, da fração dos sólidos dissolvidos na solução do solo.

A adsorção é o processo que mais influi na lixiviação de produtos químico-orgânicos no solo, mas as condições de umidade e temperatura têm também papel relevante.

Esse movimento está relacionado com a mecânica de fluidos em meio particulado, e dependendo do caso, pode ser vertical ou horizontal, variando o regime envolvido.

Em casos de solos bem estruturados, com poros grandes, ou em casos de solos com excesso de rachaduras naturais ou provocadas, pode ser assumido que o regime envolvido no transporte de massa é o convectivo.

Ele se caracteriza como um sistema de transporte de pistão, também conhecido como *plug flow* ou *piton flow*, onde a massa de soluto está concentrada num ponto específico da coluna do solvente, e não dispersa em toda ela (WEBER JUNIOR, 1972; HAVENS et al., 1995). Esse sistema é predominantemente vertical, muitas vezes fazendo com que o soluto (contaminante) desça excessivamente rápido a grandes profundidades.

Em casos em que o solo não apresente boa porosidade, esteja excessivamente compactado, ou mesmo desestruturado, o transporte da massa do soluto é feito por difusão e por dispersão.

Na difusão, predomina a influência dos movimentos vibratórios das moléculas – e outras forças moleculares – para produzir o movimento do soluto, enquanto na dispersão, predomina o movimento segundo os gradientes de concentração, em que os solutos mais concentrados deslocam-se para as regiões de menor concentração (HAVENS et al., 1995; SCHONNOOR, 1992).

Esses são movimentos em microescala, com a diferença que podem ser executados nas três dimensões do solo. Assim, esses movimentos podem ser classificados como um sistema de mistura completa, pois o soluto deverá estar presente em toda a solução do solo (WEBER, 1972; SCHONNOOR, 1992).

Em qualquer análise de localização do produto no solo, a lixiviação entra como importante variável, sendo que as equações que descrevem o transporte de massa do soluto na solução do solo irão variar segundo a umidade contida no solo e a porosidade deste.

i) Escorrimento superficial – O escoamento superficial deve ser compreendido como a água que escorre sobre uma superfície, que atingiu seu ponto de saturação, somado com o material dissolvido ou em suspensão, como sólidos do solo, produtos químicos e biológicos, além de restos culturais. Geralmente, o destino final do escoamento superficial é um ponto de captação de água, como um reservatório, curso d'água, lago...

Assim, o escoamento superficial pode se configurar como uma importante rota de deslocamento dos agrotóxicos e produtos domissanitários em dois casos:

- 1) Quando o produto é carregado para fora da área em solução na água de escoamento.

2) Quando estão adsorvidos fortemente às argilas e à matéria orgânica, sendo transportados pelo arraste das partículas de solo na água.

Além disso, pode configurar-se como um dos processos físicos da dissipação, pois diminuiria a concentração inicial do contaminante no solo, favorecendo a ação dos demais agentes.

No caso de agrotóxicos, os sistemas de previsibilidade e modelagem da influência do escoamento superficial tradicionais utilizam as equações de perda de solo, bastante conhecidas pelas disciplinas que envolvem a conservação de solos (PESSOA et al., 1999).

No Brasil, a equação mais pesquisada – e com maior banco de dados prontos para uso geral – é a *Universal Soil Loss Equation (Usle)*, derivada das equações americanas de mesma finalidade (PEDRO; LORANDI, 2004). Para outros xenobióticos, incluindo-se os combustíveis e domissanitários, muitas vezes são adotadas outras equações de transporte.

Propriedades físico-químicas dos produtos químicos orgânicos

O conhecimento das propriedades físico-químicas de um princípio ativo pode servir de apoio para a tomada de decisão num plano de gestão ambiental, envolvendo a utilização ou não de produtos em situações-limite, como a proximidade de corpos d'água, lençol subterrâneo raso, cumulatividade do produto no meio, dentre outros.

Ao se trabalhar diretamente com a rastreabilidade e a avaliação de risco de combustíveis, agrotóxicos e produtos domissanitários, as propriedades físico-químicas são freqüentemente exigidas, além de serem solicitadas como dados de entrada dos simuladores matemáticos existentes (PESSOA et al., 1999).

As funções físico-químicas dos produtos mais importantes para a utilização em agropecuária são a pressão de vapor, a Constante de Henry, a Constante de Ionização, a solubilidade em água, a Constante de Partição n-octanol/água e os coeficientes de partição no solo na matéria orgânica (carbono orgânico). Além desses constantes de biodegradação e bioacumulação, podem

ser utilizadas como um indicador da capacidade do produto de se acumular e se mover na cadeia produtiva. Contudo, podem ser aplicadas equações diversas que apresentem resultados semelhantes.

Também a meia-vida de um produto em solo, água, atmosfera ou plantas, é uma característica do produto de extrema importância, mas depende de outras variáveis, como pH do meio, temperatura, umidade, população microbiana, tipo de vegetação, dentre outras.

a) Pressão de vapor (P_0) – Pode ser compreendida como a “solubilidade do produto no ar”. Segundo Schwarzenbach (1993), pressão de vapor é a pressão do estado de vapor de um composto em equilíbrio com sua fase condensada, seja ela líquida ou sólida. Seu conhecimento é importante para determinar se um determinado produto irá permanecer numa determinada área de superfície, ou se irá volatilizar, passando para uma área muito maior na atmosfera. Avaliando quimicamente, a pressão de vapor e a solubilidade em água do produto são úteis para se estimar a tendência relativa da partição ar – água e da Constante de Henry (MACKAY et al., 1997). Essa função é crítica para prever tanto a distribuição do equilíbrio químico entre as fases, como as taxas de trocas entre os meios, fornecendo uma indicação da taxa de evaporação do agrotóxico para a atmosfera.

Geralmente, a pressão de vapor é expressa em pascal (Pa), mm Hg ou atmosferas (atm). As relações entre essas grandezas são (GIECK; GIECK, 1996):

$$1 \text{ atm} = 760 \text{ mm Hg} = 1 \text{ Torr} = 101325 \text{ Pa} = 0,1 \text{ Mpa} \quad (1 \text{ Mpa} = 10^6 \text{ Pa})$$

Para se obter a pressão de vapor de um produto químico, pode-se empregar métodos experimentais, normalmente de difícil execução, pois grande parte dos produtos orgânicos de interesse ambiental apresenta pressão de vapor menor que 1 mm Hg, ou seja, estão na forma gasosa (MACKAY et al., 1997).

Assim, pode-se utilizar equações que levam em conta o ponto de ebulição, polaridade ou calor de vaporização de um produto para obter o valor da pressão de vapor.

Em termos práticos, quanto maior for esse valor, mais volátil é o produto, enquanto valores baixos indicam a tendência do produto em ser mais estável e mais solúvel em água.

b) Solubilidade em água (C_w^{sat}) – É a abundância de um produto químico, por unidade de volume, na fase aquosa, quando a solução está em equilíbrio com o composto puro em seu atual estado de agregação (sólido, líquido ou gasoso), a uma temperatura e pressão específicas (normalmente 25 °C e 1 atm). O quanto um determinado elemento “gosta” ou “desgosta” de ser cercado por moléculas de água é um dos fatores-chave para determinar seus impactos no meio e o comportamento ambiental dos produtos (SCHWARZENBACH et al., 1993). Portanto, essa medida da quantidade de produto químico que pode se dissolver em água é expressa em miligramas por litro (mg/L).

A solubilidade de um produto orgânico em água é um fator importante para a avaliação da volatilidade, capacidade de adsorção e absorção de uma molécula. Ambientalmente, quanto maior for a solubilidade de um produto em água, menor sua capacidade de volatilização e menor sua chance de ser adsorvido ao solo e matéria orgânica, além de diminuir as chances de ser absorvido por microrganismos.

Assim, um produto altamente solúvel apresenta grande potencial de lixiviação no perfil ou escurimento à superfície do solo.

c) Constante da Lei de Henry (K_H) – O conjunto dessa constante, da pressão de vapor e da solubilidade do produto em água, explicam a volatilidade de uma substância. Representa a razão em que há uma divisão da população de moléculas de um dado composto entre duas fases, determinando a compatibilidade relativa do composto para cada meio até o equilíbrio entre o vapor e a fase de solução (SCHWARZENBACH et al., 1993).

A Constante de Henry foi determinada para concentrações de soluções diluídas de substâncias neutras em água pura, enquanto essa mesma relação para substâncias com maior quantidade de outros solutos presentes, recebe a denominação de Razão de Distribuição Ar/Água”. Entretanto, para fins práticos, ela é aceita como uma aproximação também nessas situações.

Em caráter prático, a K_H é importante para se estimar a probabilidade de trocas gasosas de um determinado composto diluído em água e a atmosfera. Quanto maior o valor do K_H , menor a solubilidade do gás na água (MAHAN; MYERS, 2000).

d) Constante de Ionização (pK_a ; pK_b) – Também denominada de Constante de Partição Iônica ou Constante de Dissociação. Para o

entendimento dessa constante, é necessário recorrer ao conceito de ácidos e bases de Bronsted-Lowry, que classifica as substâncias em ácidas e básicas, segundo seu grau de transferência de prótons. Assim, um ácido forte é a substância com maior capacidade de transferir um próton, e uma base forte é a substância capaz de retê-lo. Associando isso à Teoria dos Ácidos e Bases de Arrhênus, onde qualquer soluto dissolvido num solvente irá ser fracionado em cátions e ânions e se ligar com os íons H^+ e OH^- da solução, resultantes da dissociação do solvente, gerando assim ácidos e bases, pode-se compreender o embasamento teórico que dá significância à Constante de Ionização (MAHAN; MYERS, 2000; RUSSEL, 1994).

Assim, ela interfere diretamente na proporcionalidade e velocidade de degradação da substância em meio líquido, devendo ser levada em conta nos cálculos referentes à transformação e à degradação química da substância e nas reações advindas desses processos (SCHWARZENBACH et al., 1993). Para fins de classificação quanto à força de um ácido orgânico, se o pK_a estiver entre 0,0 e 3,0, ele pode ser considerado um ácido forte.

Variando entre 4,0 e 10,0, ele está situado na faixa existente nas águas naturais, existindo principalmente em suas formas dissociadas e, entre 10,0 e 12,0, pode ser considerado um ácido fraco, sendo que acima de 12,0, é um ácido orgânico muito fraco. Ou seja, quanto menor o pK_a , maior e mais rápida será sua dissociação em água, na faixa de pH existente nas águas naturais no Brasil, sendo seu ponto de máxima dissociação quando $pK_a = pH$. O pK_b , a exemplo do pOH^- , segue o princípio inverso do pK_a , e conhecendo-se um deles é possível obter o outro por meio de cálculo estequiométrico.

e) Coeficiente de partição N-Octanol/água (K_{ow}) – É o coeficiente que gera uma estimativa direta da hidrofobicidade ou da tendência de partição de determinado produto de um meio aquoso para um meio orgânico, tais como lipídeos, ceras e matéria orgânica (húmus ou os ácidos húmicos) (MACKAY et al., 1997).

Ele é derivado da razão de partição da concentração de uma substância entre dois meios não miscíveis (fase orgânica e água), e é utilizado para avaliar o grau de transporte do produto entre esses meios. Essa equação geral pode ser aplicada a qualquer solvente orgânico, mas devido a determinadas características químicas que o diferenciaram já nos primeiros trabalhos científicos publicados, normalmente o solvente orgânico escolhido é o

n-octanol. Sua importância se deve à capacidade dessa relação repetir as condições naturais de partição entre água e a matéria orgânica contida no solo, ou entre a água e a biota, como tecidos vivos de peixes, aves, microrganismos, dentre outros.

Assim, quanto maior o valor do logaritmo do K_{ow} de uma substância, maior sua afinidade por substâncias apolares, como as gorduras, sendo maior o risco de ser acumulado em animais. Normalmente, estão incluídas nessa categoria substâncias com K_{ow} maior que 2,0, sendo que acima de 3,0 são consideradas substâncias de alto risco toxicológico e ambiental (PARAÍBA; SAITO, 2004; LINDE, 1994)

f) Coeficiente de distribuição do produto no solo e na matéria orgânica (K_d , K_{oc}) – Esse coeficiente deriva do mesmo princípio do anterior, mas a distribuição do soluto é verificada entre a fase líquida (água) e fase sólida de um solo (argilas ou matéria orgânica), sendo de grande importância no estudo do comportamento da atividade de contaminantes orgânicos e seus resíduos no solo.

O coeficiente de distribuição do soluto em solo ou em matéria orgânica descreve a movimentação potencial ou a mobilidade do agrotóxico no solo, sedimento e água subterrânea.

É importante recordar que os efeitos do pH, propriedades de solo, cargas de superfície e outros fatores podem influenciar a adsorção, existindo então outros coeficientes que podem também ser utilizados como o coeficiente de distribuição sorção solo/água (K_d) e o coeficiente de distribuição matéria orgânica/água (K_{OM}) (MACKAY et al., 1997).

Para efeito no ambiente, quanto maior for o valor de K_d ou K_{oc} apresentado pelo produto, maior será sua tendência a ser adsorvido ao solo, imobilizando-o.

Na Tabela 3, como exemplo, são apresentadas as faixas de classificação de alguns herbicidas utilizados no mundo, segundo seu K_{oc} .

g) Meia-vida no solo e na planta ($T_{1/2 \text{ SOLO}}$ e $T_{1/2 \text{ Planta}}$) – Meia vida é um termo químico relacionado ao tempo que 50 % da massa de determinado produto leva para degradar ou ser degradado na natureza (MAHAN; MYERS, 2000). Apesar de ser estipulada por isótopos, quando aplicada em questões ambientais, ela dificilmente pode ser datada com precisão, uma vez que o ambiente apresenta variações severas, provocando a

Tabela 3. Classificação de alguns herbicidas segundo sua força de adsorção à matéria orgânica.

Força de adsorção	Princípio ativo de herbicida
Muito forte ($K_{oc} > 5.000$)	Bipiridiliuns, diclofop, fluazifop, glifosate, MSMA, pendimentalin, oxyfluorfen e trifluralina.
Forte ($K_{oc} 600 - 4.999$)	Bensulide, napromide, oryzalin e thiobencarb.
Moderado ($K_{oc} 100 - 599$)	Alachlor, amitrole, bensulfuron, diuron, EPTC, glufosinate e a maioria das triazinas.
Fraco ($K_{oc} 0,5 - 99$)	Bromacil, chlorsulfuron, dicamba, hexazinona, imidazolinás, metribuzin, picloram e triclopyr.

Fonte: Linde (1994).

alteração da taxa de degradação do contaminante. Por isso, sua equação normalmente envolve uma derivação de ordem variável, dependendo também do tipo de produto que está sendo degradado.

Assim, essa propriedade pode ser apresentada como valor único ou como um espaço de tempo. Dentre os diversos fatores que podem alterá-la no ambiente, está a intensidade da radiação solar, a temperatura do solo, a concentração de radicais hidroxil ou a natureza da população microbiana (MACKAY et al, 1997).

Em caráter prático, a meia-vida é muito importante, pois seu conhecimento permite estimar o intervalo de tempo necessário entre as aplicações de um mesmo produto ou a necessidade de sua variação, levando em conta somente o aspecto ambiental.

Grupo dos metais pesados, produtos químicos inorgânicos e patógenos provenientes de lodos de esgoto

O crescimento alarmante da população, o desenvolvimento econômico e a melhoria da qualidade de vida da sociedade leva ao aumento das atividades na área industrial e agrícola, atividades que, geralmente resultam em enorme geração de resíduos. Os impactos ambientais causados pela

produção crescente dos resíduos representam assuntos muito importantes, sendo discutidos ao nível de tomadores de decisão e órgãos ambientais.

O problema da geração dos resíduos, tanto provenientes da coleta de esgoto como dos resíduos sólidos urbanos, está diretamente relacionado ao crescimento populacional e à intensidade de industrialização. O aumento da população exige maior demanda de bens de consumo, da produção dos alimentos e da expansão do processo de industrialização e agrícola (LIMA, 1995).

Apesar dos vários esforços realizados para reduzir as emissões decorrentes das atividades humanas, é impossível evitar a contaminação do meio ambiente. Rocha, et al. (2004) descrevem a ocorrência dessa contaminação, que acontece quando alguma substância estranha está presente no ambiente. Já os impactos podem ser aqueles causados pela atividade humana, como geralmente ocorre, ou pela atividade geológica, incluindo a ação vulcânica, atividades hidrotérmicas e longos períodos de chuva, como por exemplo, a presença dos metais na litosfera, que podem ciclar no ambiente.

Metais pesados

Os metais pesados são micropoluentes inorgânicos, que fazem parte da composição da crosta terrestre, que, ao contrário dos contaminantes orgânicos, já estão normalmente em sua forma mais simples, e que, mesmo em pequenas concentrações, têm efeitos potenciais deletérios à saúde humana e ao ambiente.

Quanto a isso, um dos problemas é que eles não podem ser degradados, mas apenas sofrer alterações em sua composição de forma a colocá-los num estado inerte ou menos agressivo, ambientalmente.

Além das formas naturais, as principais fontes de liberação de metais pesados ao meio ambiente são provenientes de atividades humanas, como os grandes centros urbanos e industriais, as atividades agropecuárias, as estações de esgoto, os depósitos de lixo e aterros sanitários, os esgotos pluviais e escoamento urbano das ruas, a extração de recursos minerais, dentre outros.

Todos os poluentes contendo metais pesados podem acabar se infiltrando no solo – de forma natural ou não – e através da precipitação e lixiviação, contaminando as águas subterrâneas ou as fontes de águas superficiais. Os metais

pesados podem ser encontrados tanto em solo, como na água e no ar, sendo também transportados de um lugar para outro de diversas formas, incluindo a via aérea, sob forma de gases ou adsorvidas em material particulado ou em suspensão (PEAVY et al., 1985; BAIRD, 2002).

Em águas superficiais, eles podem ser encontrados na forma coloidal, de partículas e como fase dissolvida, e, nesse caso, em concentrações geralmente baixas. O metal na forma coloidal ou de partículas pode ser encontrado em hidróxidos, óxidos, silicatos ou sulfetos, ou ainda adsorvido em argila, sílica ou matéria orgânica.

As formas solúveis são geralmente os íons ou os complexos organometálicos não-ionizados. A concentração dos metais em águas superficiais é controlada principalmente pelo pH das águas, pelo tipo e a concentração dos ligantes que o metal adsorveu, estado de oxidação dos compostos minerais e meio redox do sistema (OSMOND et al., 1995).

Em corpos d'água, a tendência dos metais pesados é a de aderir aos sólidos em suspensão, aumentando o peso específico do agregado, e sedimentando no fundo. As concentrações de metais pesados nos sedimentos podem ser analisadas e quantificadas em laboratórios apropriados, ou ainda, por meio de testes de toxicidade com espécies indicadoras (peixes, algas, microfauna aquática, dentre outros), para avaliar o risco de contaminação. Geralmente, os metais são medidos em miligramas por grama ou microgramas por grama, expressos em peso seco.

A química da água do sistema controla a taxa de adsorção, absorção e mobilização dos metais pesados em suspensão, na biota e nos sedimentos (OSMOND et al., 1995). Isso se dá por meio da remoção do metal da coluna de água por fenômenos como a recirculação ou a acumulação de metais na biomassa da cadeia trófica.

Além da absorção, a remoção dos metais pesados em águas naturais por adsorção também é influenciada pela composição e a qualidade do substrato de sedimentação e da própria composição do material em suspensão. Por exemplo, geralmente materiais sedimentares compostos de argila e silte apresentam maior capacidade de adsorção de metais do que os sedimentos compostos de quartzo, feldspato e sedimentos ricos em detritos carbonatos.

Os metais também têm afinidade com o ácido húmico, argilas orgânicas e óxidos revestidos com matéria orgânica (CONNELL; MILLER, 1984).

Os principais metais pesados encontrados na água, em forma dissolvida, são: Cd (cádmio), Cr (cromo), Hg (mercúrio), Ni (níquel) e Zn (zinco). Eles podem se incorporar na cadeia biológica e, em alguns casos, como chumbo, Cd (cádmio) e Hg (mercúrio), têm efeito cumulativo, podendo provocar graves problemas de saúde.

Segundo Rocha et al. (2004), que estudaram o comportamento ambiental e a destinação final dos contaminantes químicos, a mobilização de poluentes a partir do material em suspensão e sedimentos apresenta um grande perigo para ecossistema e pode influenciar a qualidade e potabilidade da água tratada usada para o abastecimento público.

A mobilização dos metais no sistema aquático é causada por efeitos como o aumento da salinidade na água, modificações do potencial redox e a diminuição do pH, além do aumento de agentes complexantes naturais e sintéticos. No solo, as reações de adsorção acabam preponderando, uma vez que a água livre para a difusão dos metais na solução do solo nem sempre está presente. Assim, processos como a difusão têm importância acentuada no controle dessas substâncias para a solução do solo, quando então, elas poderão migrar para fontes de água e lençóis subterrâneos, causando algum dano ao ambiente.

Ainda quanto ao movimento dos metais pesados nos solos e sedimentos, é importante ressaltar que a matéria orgânica desempenha papel fundamental na regulação do sistema, afetando inclusive as propriedades físico-químicas.

Segundo Rocha et al. (2004), dependendo do meio no qual se encontram, as substâncias húmicas apresentam características oxi-redutoras, influenciando na redução de espécies metálicas e definindo o impacto que terão naquele ambiente.

Na litosfera e na hidrosfera, essas substâncias atuam ainda no mecanismo de sorção de gases orgânicos e inorgânicos, influenciando no transporte, acúmulo, toxicidade, biodisponibilidade de espécies metálicas e nutrientes para plantas ou outros microrganismos.

Os metais pesados são perigosos por serem tóxicos em quantidades muito pequenas, e alguns, apresentarem tendências acumulativas com grande afinidade de concentração na biomassa dos organismos vivos. Essa fração disponível para acúmulo em organismos vivos é definida como fração biodisponível.

A biodisponibilidade depende das formas físico-químicas nas quais os metais são encontrados: íons livres, formas orgânicas ou inorgânicas complexadas e material particulado. Por exemplo, o cromo pode apresentar duas formas reativas, em diferentes estados de oxidação, cromo III⁺ e cromo IV⁺, sendo que esta última é exponencialmente mais tóxica que a anterior, causando muito mais dano, quando se compara a presença da mesma concentração de ambos no ambiente.

O acúmulo pode se dar de duas formas: passivo e ativo. O acúmulo passivo pode ocorrer via pele e mucosas, bastando que o indivíduo esteja exposto à substância na forma disponível. O acúmulo ativo geralmente acontece por ingestão e inalação, seja de maneira voluntária ou involuntária, ao se consumir água e alimentos contaminados, ou respirando ar poluído pelo agente causal.

Os processos de transporte no ambiente são praticamente os mesmos apontados para os produtos químicos orgânicos, destacando-se a volatilização, dispersão, difusão, a convecção e adsorção.

Podem ser citadas, ainda, a deposição úmida e seca (por chuva e vento) a sedimentação e ressuspensão (fundo do leito de corpos d'água) e a mistura de solos e sedimentos (movimentação de solos e aterros), que podem ajudar a definir a variação espacial e temporal da distribuição de substâncias no meio ambiente, e, dependendo da reatividade da substância e parâmetros ambientais como temperatura, pH, intensidade de radiação luminosa, tipo e população de microrganismos presentes, o mecanismo de transformação varia (ROCHA et al., 2004).

Fontes principais de metais pesados e os impactos na saúde e no meio ambiente

A seguir, serão apresentadas algumas fontes contendo os metais pesados mais comuns encontrados no ambiente. O conhecimento dessas fontes poluidoras permite a separação adequada de cada material e evita a contaminação do solo, das águas subterrâneas e superficiais, da atmosfera e ser humano (BAIRD, 2002).

a) Cádmio – Tubulações residenciais, papel de cigarro, frutos do mar, fumaça de automóveis, poluição industrial, café, chá, água potável e suplementos de cálcio.

O cádmio é emitido no ambiente pelo processo de incineração dos plásticos ou outros materiais que o utilizam como pigmento ou estabilizante. Quando aquecido, ele se torna razoavelmente volátil, sendo emitido para a atmosfera.

Uma parte da contaminação humana com o cádmio ocorre por meio da dieta alimentar, com o uso de batatas, trigo, arroz, outros cereais e frutos do mar, previamente contaminados.

b) Chumbo – Aditivos de combustíveis (tetra etilo de chumbo), água potável, suplemento de cálcio (dolomita), contaminação dos alimentos por pesticidas e produtos domissanitários, poluição atmosférica, antigas embalagens de creme dental, baterias, tintas de cerâmica, latas com solda de chumbo, fertilizantes, tintas de cabelo (acetato de chumbo) e o fumo.

Boa parte da existência do chumbo no ambiente é devida à emissão veicular, quando é utilizado combustível aditivado com chumbo, ocorrendo principalmente na forma inorgânica (uso do chumbo tetra-etila, já banido no Brasil).

O óxido de chumbo transportado pelo ar se deposita no solo, na água, nas culturas de frutas, cereais entrando na cadeia alimentar. O chumbo permanece em organismos humanos por vários anos, produzindo efeitos tóxicos graves.

c) Arsênio – Água, fumo (cachimbo), pesticidas, desfolhantes, cerveja, frutos do mar e cosméticos. Arsênio é um elemento carcinogênico e a fonte principal de contaminação do ser humano é por ingestão de água, que pode provocar câncer de pulmão, pele, fígado, bexiga e rins. A presença do arsênio no meio ambiente vem do uso dos seus compostos em antigas formulações de pesticidas, das emissões de mineração e fundição de ouro, da produção de ferro e aço, e da combustão do carvão.

d) Mercúrio – Amálgamas dentais, acidentes com termômetros e barômetros, antigas formulações de fungicidas, contaminação de peixes e plâncton marinho, poluição de rios pelo garimpo de ouro, filtros de ar condicionado, baterias, poluição do ar, cosméticos, calomelano (utilizado nos talcos) e alguns supositórios.

O mercúrio é o mais volátil dentre todos os metais e seu vapor é altamente tóxico. No ambiente, existem grandes emissões de vapor de mercúrio devido ao processo de combustão descontrolada de carvão e óleo combustível e da incineração do lixo municipal.

O vapor de mercúrio do ar é transportado pela massa de ar e é dissolvido na água da chuva, depositando-se no solo ou cursos de água e provocando graves impactos. Curiosamente, o mercúrio na forma metálica não é diretamente tóxico, mas ao se ligar com substâncias orgânicas, como húmus e fezes, gera compostos organo-metálicos, que geralmente apresentam alta toxicidade ao sistema nervoso central dos animais.

e) Níquel – Soja, lentilha, nozes, avelãs, trigo, marisco e cereais integrais, ligas metálicas e poluição industrial. O níquel está naturalmente presente no ambiente, em pequenas quantidades. Em micro-dosagem, o níquel é necessário ao organismo humano, na produção dos glóbulos vermelhos do sangue.

A exposição a maiores quantidades de níquel ou seus compostos pode provocar dermatites ou outras doenças de pele e a inspiração pode provocar irritações respiratórias ou até pneumonias.

No ambiente, o níquel é liberado no ar pelas usinas elétricas e incineração de resíduos. Ao longo do tempo, será depositado no solo por meio da precipitação pluvial.

Geralmente, a remoção do níquel do ar é um processo de longo prazo. Parte dos compostos liberados no ambiente é absorvida pelos sedimentos ou partículas de solo e ficam inertes.

Em solos ácidos, a tendência do níquel é voltar a ter mobilidade, passar para a solução do solo e migrar no perfil, aparecendo nas fontes de água subterrânea.

f) Bário – Usado como contraste medicinal, indústria cerâmica, plásticos, tintas e em alguns pesticidas e combustíveis. Devido ao seu grande uso nas indústrias, pode ser encontrado em concentrações elevadas tanto no ar, na água, como no solo. Sua presença no ar é devido aos processos de mineração, de polimento, formação de compostos e os processos da combustão de carvão e óleo. Alguns compostos de bário emitidos por processos industriais se dissolvem facilmente na água e são encontrados em lagos, rios e cursos d'água. Devido à solubilidade em água, esses compostos se espalham rapidamente por longas distâncias. A fauna aquática (peixes e outros organismos) absorve o bário, acumulando-o nos seus organismos e potencializando o efeito na cadeia alimentar.

Tipos e fontes de emissão de poluentes contendo metais pesados

Os principais meios pelos quais os poluentes chegam aos recursos hídricos são: efluentes da estação de tratamento de água e esgoto, resíduos domésticos não tratados, resíduos de fazendas, efluentes industriais, rodovia e chuva ácida. Na Fig. 5, são apresentados, esquematicamente, os principais meios de transporte e descarga dos contaminantes metálicos no ambiente.

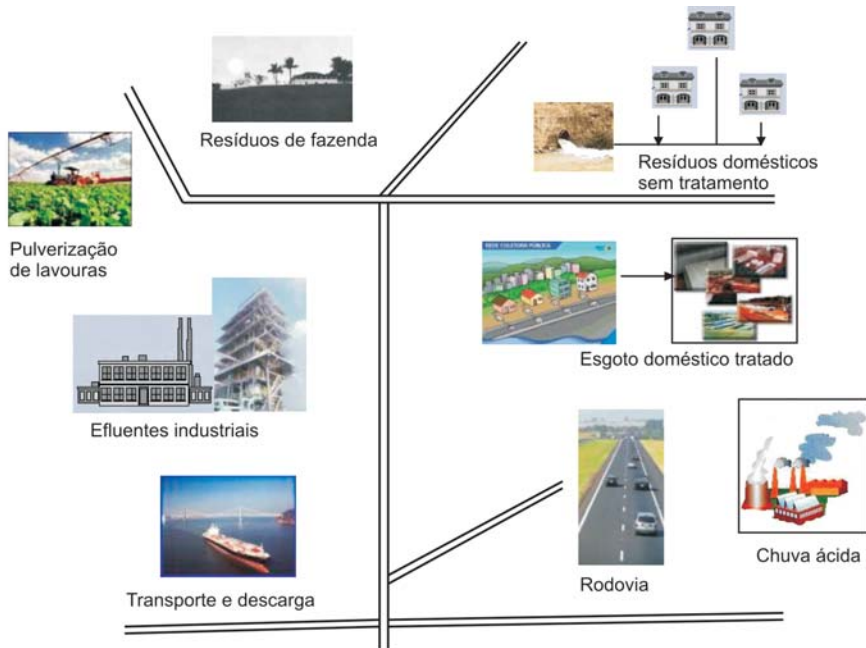


Fig. 5. Principais rotas de aporte de poluentes aos recursos hídricos.

Fonte: Adaptado de Rocha et al. (2004).

Uma das formas de contaminação de metais na agropecuária que mais vem chamando atenção nos últimos tempos é pela utilização de biossólido ou lodo de esgoto como fertilizante de pastagens, áreas agrícolas ou simplesmente descartado, resultado do tratamento do esgoto urbano e industrial nas estações de tratamento das cidades.

O esgoto doméstico é constituído aproximadamente de 99 % de água, sendo que a fração restante inclui sólidos orgânicos, inorgânicos, suspensos, dissolvidos e microrganismos que formam o lodo de esgoto.

Esse lodo higienizado, quando estabilizado e seco, é denominado biosólido. O objetivo desses processos é reduzir o conteúdo dos microrganismos patogênicos e inibir, reduzir ou eliminar o potencial de putrefação responsável pelos odores desagradáveis.

Geralmente, o biosólido apresenta as seguintes alternativas de reaproveitamento (TSUTIYA et al., 2002):

- Uso agrícola: aplicação direta do solo, fertilizante e solo sintético.
- Aplicação em plantações florestais.
- Disposição em aterros sanitários como materiais de cobertura ou co-disposto com os resíduos sólidos urbanos.
- Reuso industrial: fabricação de tijolos, cerâmica, produção de cimento.
- Incineração.
- Recuperação dos solos: recuperação de áreas degradadas e áreas de mineração.
- Disposição oceânica.

Os componentes perigosos contidos no lodo de esgoto são os metais pesados, as bactérias, vírus, protozoários e helmintos. A presença desses metais no lodo é diretamente relacionada ao lançamento dos efluentes industriais nas redes de esgoto municipal.

Essas situações ocorrem com freqüência e a maior preocupação é o impacto dos metais pesados e outros elementos tóxicos na saúde humana e dos animais, tanto através da utilização das águas subterrâneas ou superficiais contaminadas, quanto pela absorção através da cadeia alimentar. Outra fonte de contaminação é por meio do processo de irrigação, quando os contaminantes são transportados nas áreas agrícolas através da água utilizada na irrigação.

A contaminação com metais pesados ou outros elementos tóxicos pode ocorrer, também, através das enxurradas de rodovias. Os contaminantes provêm do tráfego por meio de fuligens, gases de escapes e particulados, manutenção ou derramamentos acidentais.

A chuva ácida é um dos sérios problemas ambientais onde a concentração industrial e urbana propicia a liberação dos compostos ácidos para atmosfera. Uma das principais causas da chuva ácida é o dióxido de enxofre.

As fontes naturais que emitem esse gás são: os vulcões, gotículas de águas dos oceanos e a decomposição dos restos vegetais. A chuva ácida resulta na deposição úmida de constituintes ácidos que se dissolvem nas nuvens e nas gotas de água de chuva, formando uma solução com $\text{pH} < 5.6$.

A água e o solo têm capacidade para neutralizar essas adições de ácidos e bases e geralmente o meio ambiente começa sofrer mudanças após essa capacidade ser esgotada (quebra de resiliência). A capacidade de neutralização varia dependendo da geologia do solo e da intensidade e frequência de precipitação. As rochas de calcário possuem um nível alto de alcalinidade com grande capacidade para neutralização da acidez. Rochas silicatadas como granito, gnaisses, quartzito e arenito, possuem menor alcalinidade e menor capacidade de neutralização.

Uma vez que essa capacidade de neutralização é esgotada, se inicia o processo de degradação ambiental, provocando acidificação das águas e dos solos. Como consequência, a biodiversidade no ambiente agropecuário, começando pela fauna e flora microbológica, pode sofrer diminuição e graves alterações em suas cadeias ecossistêmicas. Outra fonte de contaminação com metais pesados são os aterros sanitários e os lixões, onde são depositados resíduos sólidos urbanos, industriais e hospitalares.

Os resíduos sólidos urbanos contêm teores de metais pesados provenientes dos plásticos, que são uma importante fonte de Cd (cádmio) e Ni (níquel); o chumbo e o Cu (cobre) encontrados nos metais ferrosos; mercúrio, chumbo e Zn (zinco) encontrados na composição do papel, o zinco contido na borracha e o mercúrio, cádmio, zinco e níquel encontrados nas pilhas e baterias (SISINNO et al., 2002).

Patógenos originários dos lodos de esgoto e biossólidos

Uma definição simples do patógeno considera-o como sendo um organismo que provoca doenças. Esse organismo não é nativo do meio aquático e geralmente precisa de um animal hospedeiro para crescimento e reprodução.

A contaminação por meio de patógenos é uma forma de poluição orgânica, que ocorre nas contaminações fecais da água e do solo. A contaminação fecal em água pode introduzir variedades de espécies patogênicas no meio aquático, incluindo bactérias, vírus, protozoários e vermes parasitos.

A determinação dos agentes patogênicos acima mencionados é difícil sem um laboratório adequado, devido às baixas concentrações e suas diminutas dimensões. Por isso, o grupo dos coliformes é utilizado como indicador de contaminação fecal, pois é um microrganismo representativo de um grupo maior de patógenos e sua técnica de identificação é bem conhecida, existindo inclusive *kits* descartáveis para indicação de sua presença ou ausência.

Os indicadores mais utilizados são os coliformes totais (CT), coliformes fecais (CF) e os *Streptococcus* fecais (EF). Os coliformes totais são constituídos por um grupo de bactérias que, isolados de amostras de águas e solos poluídos e não poluídos, representam um indicador de contaminação fecal.

Os coliformes fecais são um grupo de bactérias indicadoras de organismos provenientes do trato intestinal de animais de sangue quente, incluindo-se aí o ser humano. A principal bactéria desse grupo é a *Escherichia coli*. Outra espécie são os *Streptococcus* de origem fecal, constituídos por várias espécies de *Streptococcus*, presentes no intestino humano e de animais. As principais doenças vinculadas a estas bactérias e que podem ser detectadas por análise de coliformes são: a diarreia, infecções tifóides, febres entéricas, cólera ou outras infecções generalizadas.

Assim, pela maior facilidade de detecção e quantificação desse grupo em comparação aos agentes patogênicos mais agressivos ligados a eles (*Salmonella*, vibrião da cólera, agentes da hepatite, dentre outros), os padrões de potabilidade e qualidade microbiológica de água geralmente são feitos por meio da quantificação desse grupo, mais especificamente do grupo dos coliformes fecais. Esses padrões podem ser encontrados junto à Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Anvisa), órgão do Ministério da Saúde, e ao Conselho Nacional de Meio Ambiente (Conama), vinculado ao Ministério do Meio Ambiente.

As mais importantes e freqüentes fontes de contaminação com os patógenos são os esgotos domésticos e os resíduos sólidos urbanos, que contêm material fecal tanto de origem humana como animal, os quais refletem diretamente o estado geral de saúde da população contribuinte no sistema de esgoto e de resíduos sólidos produzidos.

Na zona rural, além dos esgotos domésticos não tratados, as principais fontes são as fezes de animais de sangue quente, como os bovinos, suínos, aves, incluindo-se, também, animais domésticos como cães e gatos. Geralmente, as bactérias penetram no corpo humano por meio da ingestão de alimentos, água

contaminada, pelo contato das próprias mãos contaminadas com a boca, olhos, alimentos, ou por inalações e aerossóis. Essas bactérias serão eliminadas do corpo humano pelas fezes, por onde novamente alcançarão e serão encontradas nos esgotos, iniciando-se um novo ciclo com novos riscos de contaminação.

Estudos em andamento têm demonstrado que os coliformes totais e fecais, provenientes de fontes de água contaminada, quando aplicados à superfície de frutas e de outros vegetais, podem manter a viabilidade do agente patogênico, mesmo após a superfície do fruto haver secado, e, dependendo da posição deste na planta, sobreviver por vários dias, desde que haja sombreamento que o isole da radiação solar.

Estudos na área de disposição de lixo apresentados por Sisino et al. (2002) relatam a presença de vários patógenos, conforme apresentado na Tabela 4.

Tabela 4. Patógenos presentes nos resíduos sólidos urbanos.

Microorganismo	Danos à saúde
<i>Clostridium</i> sp.	Intoxicação alimentar, diarreia
<i>Listeria</i> sp.	Abcessos
<i>Moraxella</i> sp.	Infeção no trato urinário
<i>Pasteurella</i> sp.	Distúrbios gastrointestinais
<i>Salmonella</i> sp.	Intoxicação alimentar
<i>Shigella</i> sp.	Infeção intestinal

Fonte: Sisino et al. (2002 citado por SCARPINO et al., 1979).

Os agentes patogênicos presentes no lodo do esgoto ou nos resíduos sólidos não implicam uma imediata transmissão das doenças, mas constituem um risco potencial. Esse risco depende também de uma série de fatores e suas combinações como a resistência dos organismos patogênicos ao tipo de tratamento recebido e às condições ambientais, a suscetibilidade e grau de imunidade do hospedeiro, o grau de exposição humana às fontes de contaminação.

Chagas (2000) apresenta uma classificação para os microrganismos patogênicos em ordem decrescente, segundo a capacidade de se manifestar como risco ambiental:

Risco alto – Helmintos (*Ascaris lumbricoides*, *Trichuris trichiura*, *Necator americanus* e *Ancylostoma duodenale*).

Risco médio – Bactérias (*Vibrio cholerae*, *Salmonella typhi* e *Shigella* sp.) e protozoários (*Entamoeba histolytica* e *Giardia lamblia*).

Risco baixo – Vírus (vírus entéricos e vírus da hepatite).

As espécies de protozoários consideradas patogênicas são: *Balantidium coli*, *Entamoeba histolytica* e *Giardia lamblia*. Geralmente, a causa das infecções é o contato direto com a água e com os alimentos, provocando sintomas como: diarreia, disenteria e ulcerações.

Quanto a animais macroscópicos, existe ainda o risco de que certas espécies de helmintos, que habitam o trato intestinal humano e animal, possam causar sérias doenças com seqüelas. Cada tipo de helminto tem sua própria manifestação de sintomas, os mais importantes resumidos na Tabela 5.

Tabela 5. Tipo de helmintos mais importantes e respectiva doença causada e meio de transmissão.

Helminto	Nome popular	Doença	Transmissão
<i>Ancylostoma duodenale</i>	Amarelão	Ancilostomíase	Humano-solo-humano
<i>Àscaris lumbricoides</i>	Lombriga	Ascariídase	Humano-solo-humano
<i>Nécator americanus</i>	Amarelão	Necatorose	Humano-solo-humano
<i>Trichuris trichiura</i>		ou opilação Tricurose	Humano-solo-humano
<i>Taenea saginata</i>	Solitária	Teníase	Humano-bovino-humano
<i>Taenia solium</i>	Solitária	Teníase	Humano-suíno-humano

Fonte: Sisino et al. (2002 citado por SCARPINO et al., 1979).

Num planejamento de gestão de meio ambiente, onde se busca prevenir os possíveis impactos e diminuir os riscos de contaminação, é necessário considerar todas as condições possíveis de higiene, tanto de ordem pessoal quanto nos processos de tratamento de esgoto, disposição e uso de lodo e biossólidos. Isso proporcionará maior segurança ao ambiente, tanto na hipótese do uso de tais resíduos como fertilizante, como na possibilidade de que esses materiais estejam contaminando fontes de água que possam ser utilizadas para aplicação na agropecuária.

Grupo dos resíduos orgânicos provenientes de animais

Nas últimas décadas, o crescimento acentuado do setor agroindustrial de carnes, principalmente da avicultura e suinocultura, tem gerado mudanças significativas na estrutura organizacional da propriedade rural. Uma delas – a especialização da produção como mecanismo para atingir a economia de escala – vem acentuando diversos problemas ambientais vinculados à atividade. Essa estratégia tem provocado aumento na produção e na concentração de resíduos orgânicos de origem animal nas propriedades agrícolas que adotam esse sistema de produção, diretamente vinculado à agroindústria.

Dentre os resíduos orgânicos animais com potencial poluidor e de uso como fertilizantes, destaca-se o esterco de suínos, seja pelo volume de produção, seja pelo teor de nutrientes. Assim, ele é o modelo-padrão das análises feitas neste capítulo, subentendendo-se que os dejetos das demais espécies sigam aproximadamente os mesmos princípios, embora com intensidades distintas.

O uso da adubação orgânica vem crescendo a cada dia, devido ao custo elevado de adubos industrializados e pela crescente oferta dos resíduos procedentes dos criatórios intensivos. Pode-se definir a adubação orgânica como prática que consiste em se adicionar ao solo materiais orgânicos como esterco, urina e restos de animais, palhas, serragem, restos de culturas, cama de estábulos ou de galinheiros, bagaços, turfas, adubos comerciais (farinha de ossos, de carne, etc.), adubos verdes, etc. Entretanto, o uso desse procedimento – sem o devido planejamento – pode continuar ou aumentar os danos que tradicionalmente são debitados à atividade agropecuária.

Por exemplo, a aplicação de grandes quantidades de dejetos suínos ao solo, de maneira continuada, considerada por muitos a maneira mais prática e econômica de retirá-los das esterqueiras, pode ocasionar acúmulo de elementos químicos contaminantes e de agentes biológicos, causando problemas de ordem ambiental e de saúde pública.

Assim, a abordagem sistêmica da influência causada pelos principais elementos químicos e biológicos proveniente de adubos orgânicos de origem animal, bem como os mecanismos de deslocamento e suas conseqüências para o meio ambiente, servirão de suporte ao planejamento e execução de um plano de gestão ambiental para a área em análise.

Principais contaminantes de águas e solos

As perdas de poluentes através das fezes, urina e gases demonstram que a eficiência do processo de digestão dos animais é limitada. No caso da atividade suinícola, ela é considerada uma das atividades agropecuárias com maior impacto ambiental e, como tal, vigiada com maior intensidade pelos órgãos de proteção ambiental.

Na maioria dos casos, os dejetos suínos são adicionados ao solo como fonte de nutrientes para as plantas (adubação orgânica), podendo conter ainda elementos poluentes (MEURER, 2000). Entre eles, destacam-se o nitrato (N-NO_3^-), o fosfato (PO_4^{-3}) e metais pesados como Cu (cobre) e o Zn (zinco), além de bactérias do grupo dos coliformes, estreptococos e salmonelas.

O balanço de nutrientes no solo, ou seja, a diferença entre o que é adicionado e o que é retirado do sistema quer pelas plantas, quer por perdas por lixiviação e volatilização, determina as quantidades que ficam acumuladas no solo e através do escoamento superficial e lixiviação, nas águas superficiais e sub-superficiais.

Esses acúmulos são cada vez mais comprovados por análises de solos e de águas, chegando a extremos, como é o caso apresentado na Tabela 6, referente à região oeste de Santa Catarina, onde cerca de 80 % a 84 % dos postos de amostragem de qualidade de água apresentavam altos graus de contaminação (OLIVEIRA, 1993; SANTA CATARINA, 1994), e ainda, o caso apresentado pela Embrapa Suínos e Aves, que entre 1998 e 1999 estimou em 60 % a contribuição da suinocultura para as altas taxas de nitrato (48,6 mg/L) encontradas em períodos de baixa vazão no Rio do Lageado dos Fragosos (Concórdia, SC).

Tabela 6. Resultados das análises de água de corpos d'água na região oeste de Santa Catarina.

Região	Número de amostras	Potáveis		Contaminadas	
		Número	%	Número	%
São Miguel do Oeste	159	16	10	143	90
Chapecó	525	142	27	383	73
Concórdia	716	69	10	647	90
Joaçaba	128	26	20	102	80
Videira	137	16	12	121	88

Fonte: Santa Catarina (1994).

É oportuno lembrar que a legislação atual permite o máximo de 10 mg/L de N-nitratos, tanto segundo os padrões de qualidade como de potabilidade das águas (SEGANFREDO, 2000).

Assim, é cada vez mais destacada a atuação de centros de pesquisa e universidades, necessitando-se investir em trabalhos que proporcionem a geração de dados relativos às melhores formas de tratamento e de aplicação dos dejetos, bem como as quantidades periódicas a serem aplicadas por área, levando em consideração as características do local, da cultura, do dejetos utilizado, o tempo de utilização e a necessidade do agricultor em aproveitá-lo como fonte de nutrientes.

O potencial de uso de dejetos: fertilização do solo por dejetos suínos

Uma das alternativas de reciclagem dos dejetos é sua utilização como fertilizante. Essa forma de utilização é a mais aceita pelos agricultores, desde que a propriedade esteja direcionada para tal.

No caso da suinocultura agroindustrial, onde isso acontece, sua operacionalização na propriedade é mais fácil, mas não é um critério suficiente para considerar como a solução única e/ou definitiva para o problema dos dejetos suínos (SEGANFREDO, 2000).

Os dejetos suínos utilizados como fertilizante do solo apresentam em sua composição elementos químicos capazes de serem absorvidos pelas plantas após sua mineralização no solo. Isso é apresentado na Tabela 7, em dados reunidos por Seganfredo (2000).

Em função de dietas e manejos de água diferenciados de granja para granja, a composição química dos dejetos varia, sendo que diversos nutrientes se encontram em quantidades desproporcionais em relação à capacidade de extração pelas plantas (SEGANFREDO, 2000).

Assim, a utilização dos dejetos com essa variação na composição química, baseada numa tabela de valores única, pode ocasionar desequilíbrios no solo, vindo a afetar suas propriedades químicas, físicas e biológicas, com conseqüências indesejáveis na produção de alimentos (queda de rendimento, fitotoxidez), para o meio ambiente (eutrofização das águas) e para saúde humana (doenças infecciosas).

Tabela 7. Composição química de algumas amostras de dejetos líquidos de suínos, em teores totais.

Amostras ¹	Nutrientes							
	Ca g/L	Mg g/L	P g/L	K g/L	Cu g/L	Zn g/L	Mn g/L	N g/L
A	2,22	0,74	1,83	0,63	34,8	119,0	24,8	3,45
B	2,50	0,74	1,80	0,44	36,5	120,0	30,0	3,40
C	3,34	1,30	3,18	0,94	31,9	159,0	39,2	5,9
D	2,25	0,82	1,89	0,58	42,7	134,1	23,0	3,12
E	5,70	0,96	2,50	1,20	11,7	72,4	49,2	6,00
F	3,50	1,50	3,90	6,80	51,0	51,0	-	6,50

A, B, C = Seganfredo (1998 citado por SEGANFREDO, 2000).

D = Seganfredo (1997 citado por SEGANFREDO, 2000).

E = Konzen (1980 citado por SEGANFREDO, 2000).

F = Hoeksma (1998 citado por SEGANFREDO, 2000).

Ao mesmo tempo, para ilustrar o potencial dos dejetos suínos como fertilizante que é desperdiçado a cada ano, analisa-se o caso da região oeste de Santa Catarina, que apresenta uma produção estimada de 8,8 milhões de metros cúbicos de esterco líquido.

Seguindo a idéia de uma produção diária do plantel na ordem de 30.000 t de esterco, que contêm cerca de 10 kg de NPK, eles poderiam fornecer anualmente 65.700 t de nitrogênio ou 146.000 t de uréia. Também resultam em 21.900 t de cloreto de potássio e 23.375 t de fósforo, que perfazem 136.875 t de superfosfato simples, o que significa 2,8 milhões de sacos de 50 kg de fertilizante. Esse valor representaria uma economia anual de 40 milhões de dólares aos agricultores da região, referente ao dispêndio com fertilizantes químicos (GUIVANT, 1998).

A análise acima retrata somente uma das potencialidades dos dejetos suínos, que ainda podem ser utilizados, para fins energéticos e combustíveis, pois cada metro cúbico de dejetos produz 50 m³ de biogás e 1 m³ de biogás equivale a 0,55 L de diesel e cerca de 0,8 L de gasolina, e cujo aproveitamento evitaria a emissão de gás metano, um dos principais componentes e “vilões” do aquecimento global pelo efeito estufa e cujo resíduo final seria somente vapor d’água e CO₂.

Conforme observado, os dejetos suínos e os dejetos animais podem vir a ser uma grande fonte de renda indireta para a agropecuária, mas seu uso não planejado pode causar, também, danos diretos e indiretos ao meio ambiente.

Nutrientes contaminantes de solo e de água

Quando os dejetos animais são aplicados sobre o solo – na forma líquida e em grandes quantidades – ou depositados de forma irregular em locais não apropriados (sem revestimento que possibilite sua impermeabilização), ocorrerá uma sobrecarga da capacidade de filtração do solo e retenção de nutrientes (OLIVEIRA, 1993). Assim, esses nutrientes podem atingir as reservas de água superficiais e subsuperficiais contaminando-as.

Os principais nutrientes utilizados pelas plantas que, dependendo da concentração, se destacam como contaminantes, são o fóstato e o nitrato. Frequentemente, o fósforo não apresenta a característica de contaminar as águas subterrâneas, pois na maioria dos solos, é fortemente retido por sua fase sólida pelo mecanismo da adsorção. O P (fósforo) presente nos dejetos suínos difunde-se mais rapidamente no solo que aquele presente nos fertilizantes comerciais, pois a matéria orgânica do dejetos favorece a solubilização do fósforo (OLIVEIRA, 1993).

Isso ocorre mais facilmente em solos arenosos que em argilosos, pois os baixos teores de argila, de óxidos e de matéria orgânica favorecem a percolação do fósforo no perfil do solo (MEURER, 2000), acumulando-se nas camadas inferiores. Além disso, o pH pode ser um interferente desse processo, uma vez que em pHs acima de 5,0, o fósforo precipita-se em sua forma indisponível, permanecendo apenas uma pequena fração disponível na solução do solo, de onde poderia ser carregado.

A ação da água das chuvas e da erosão são os mecanismos físicos mais prováveis que contribuem para o carregamento superficial do fósforo contido nos dejetos. O resultado seria a contaminação das águas, tendo na eutrofização e na redução do oxigênio dissolvido, as causas prováveis da mortalidade de peixes e outros organismos vivos.

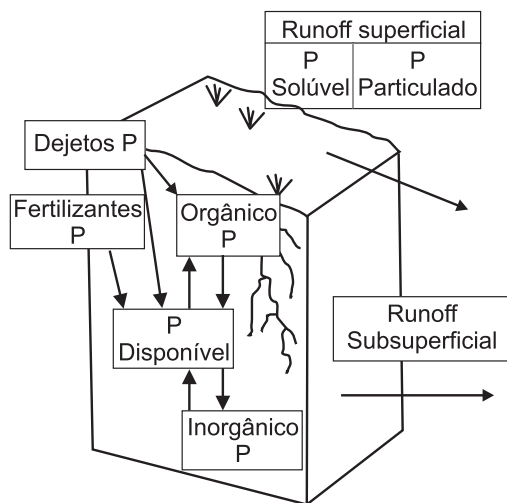
A eutrofização é o crescimento excessivo das plantas aquáticas, tanto planctônicas quanto aderidas, a níveis tais que seja considerado como causador de interferências com os usos desejáveis do corpo d'água. O estágio de eutrofização em que se encontra um corpo d'água pode ser caracterizado segundo os níveis de fósforo presente (Tabela 8), o qual possibilita a tomada de medidas preventivas e/ou corretivas, para diminuir os impactos causados pelos dejetos.

Tabela 8. Faixas aproximadas de valores de P (fósforo) total para os principais graus de trofia.

Classe de trofia	Concentração de P(fósforo) total na represa (mg/m ³)
Ultraoligotrófico	< 5
Oligotrófico	< 10 – 20
Mesotrófico	10 – 50
Eutrófico	25 – 100
Hipereutrófico	> 100

Fonte: Von Sperling (1996).

Podem-se ilustrar os fatores que influenciam a disponibilidade de fósforo no sistema solo e água, demonstrando a importância do manejo de terras agricultáveis por meio da correta aplicação dos dejetos (Fig. 6).

**Fig. 6.** Fatores que influenciam a disponibilidade de P (fósforo) no solo e na água.

Fonte: adaptado de Sharpley e Halvorson (1994).

Em 2001, estudos realizados em projeto conjunto com a Fundação de Ensino Superior de Rio Verde, GO, Embrapa Milho e Sorgo, e Perdigão Agroindustrial S.A. demonstraram que, utilizando-se dosagens máximas de 100 m³/ha de dejetos líquidos de suínos, há risco potencial de contaminação de águas subterrâneas por nitrato, conforme a Fig. 7:

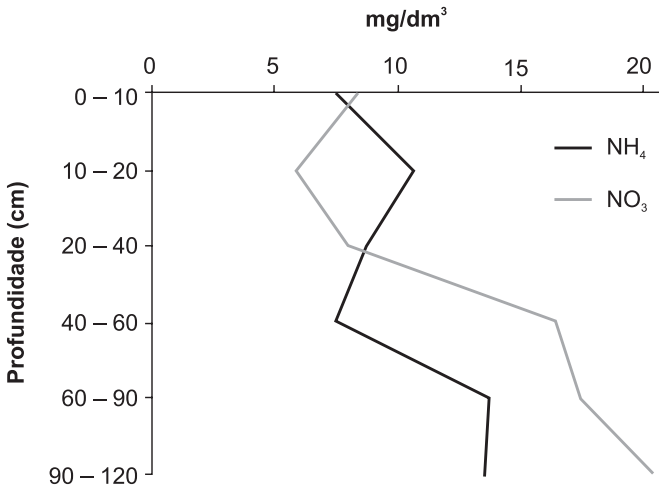


Fig. 7. Distribuição de amônio (NH_4^+) e nitrato (NO_3^-) no perfil do solo após aplicação de dejetos líquidos de suínos em Rio Verde, GO, em 2001.

Fonte: Menezes (2004).

O nitrato é outro nutriente que deve ser levado em consideração sob o ponto de vista ambiental. Os teores de nitrato encontrados no lençol freático de terras tratadas com altos níveis de dejetos suínos ($160 \text{ m}^3/\text{ha}$) durante vários anos, foram dez vezes maiores que os encontrados nas terras não tratadas (OLIVEIRA, 1993). É importante lembrar que o nitrato é fracamente adsorvido no solo, percolando com mais facilidade no perfil deste. Em solos arenosos, devem-se observar maiores cuidados quando são aplicados dejetos líquidos de suínos e de outras espécies animais.

Os compostos nitrogenados podem ser acumulados nos solos, em consequência do mau uso dos dejetos. Podem estar presentes nas águas de superfície e subsuperfície, como visto anteriormente. O nitrogênio, na forma de nitrato e de nitrito – em grandes concentrações nessas águas – associado à ação de certas bactérias, converte esses compostos em nitrosaminas, as quais podem causar defeitos em recém-nascidos, distúrbios no sistema nervoso central, tumores nos trato digestivo e urinário, e outros efeitos adversos na saúde humana e animal (SHIRLEY, 1975).

Altas concentrações de nitrato em águas utilizadas para consumo humano ($> 10 \text{ mg/L}$), podem causar methegloboinemia ou síndrome-do-bebê-azul (dificulta o transporte de oxigênio na corrente sanguínea) que ocorre em crianças (USEPA, 1997; MEURER, 2000).

Agentes biológicos e doenças infecciosas

As bactérias, parasitas e vírus estão presente em fezes e urinas dos animais criados em sistemas de confinamento, como os suínos. Geralmente, esses agentes são depositados sob o piso de instalações construídas de forma imprópria e em tanques de estocagem dos dejetos.

Na maioria das propriedades, a estocagem dos dejetos se dá muito rapidamente sem que esses agentes sofram ações de controle de sua população. Para desinfecção dos vírus, é necessário o armazenamento por mais de 3 meses (OLIVEIRA, 1993).

Uma vez depositados nos solos, a ação biológica se dá mais intensamente na superfície destes, pela ação dos processos aeróbicos, aumentando a população desses microrganismos. Pela ação das chuvas e da erosão, esses agentes biológicos atingem as águas de superfície e subsuperfície contaminando-as, provocando doenças como disenterias, cólera, febre tifóide e paratifóide, gastroenterites, hepatites infecciosas e poliomielites (USEPA, 1997).

Na Fig. 8, são apresentadas algumas formas pelas quais os dejetos animais podem afetar o ser humano e/ou os animais.

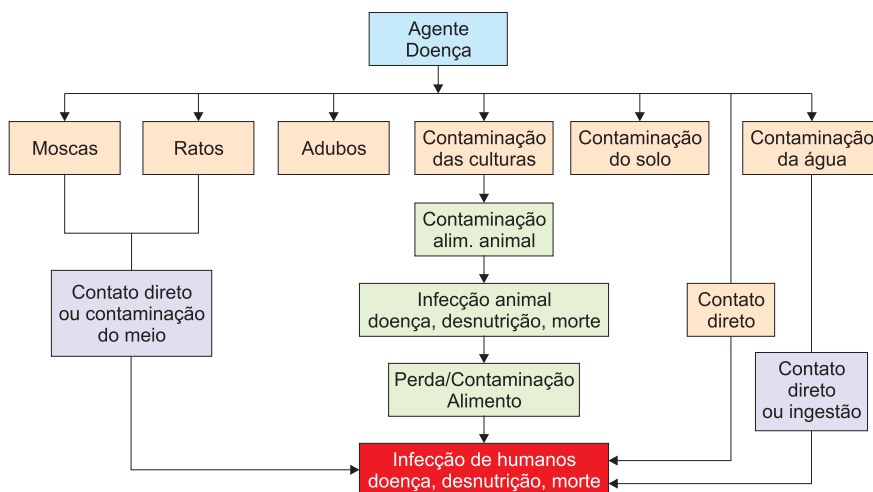


Fig. 8. Interação entre os dejetos animais e as doenças infecciosas em humanos e em animais.

Como podem ser observados, os dejetos animais constituem grande problema ambiental para a agropecuária. A cada dia, é mais presente a chamada pressão socioambiental, pela qual os consumidores aumentaram tanto a exigência pela quantidade e a qualidade da carne, como também, com o modo de produção atual, o qual pode afetar a qualidade de vida das futuras gerações, tanto para quem reside no campo como para quem mora na cidade.

Há a necessidade de se estabelecer limites na utilização desse resíduo. Isso deve ser abordado de maneira a visar a sustentabilidade ambiental, econômica e social da atividade, envolvendo de forma responsável todos os setores da sociedade interessados em manter o Brasil como um dos grandes produtores de carne no mundo.

Monitoramento de poluentes

Quanto ao cuidado com os poluentes no ambiente, uma das preocupações deve ser a implantação do processo de monitoramento, que servirá, entre outras coisas, para a execução de ações corretivas, sempre que necessárias. A estratégia de monitoramento deve estar vinculada ao grau de detalhamento e objetividade que se propõe alcançar, uma vez que, para o planejador, deve estar claro que, na natureza, é impossível de se medir ou quantificar todas as variáveis, simultaneamente.

Não se deve esquecer que à medida que se exige maior detalhamento ou precisão no monitoramento, aumentam-se os custos envolvidos para sua execução, devendo-se, então, buscar o equilíbrio na relação custo/benefício em cada parâmetro escolhido.

Baseando-se nisso, a aplicação da metodologia de análise de risco em conjunto com o plano de monitoramento, nas diversas fases que envolvam a produção de frutas, pode trazer uma série de vantagens. Exemplo disso é que por meio dessa coordenação de ações, a análise de risco poderá direcionar os esforços do monitoramento para os pontos que apresentem maior probabilidade de provocar o *stress* ao meio ambiente.

Delimitação da ação

Havendo consenso em relação aos parâmetros a serem utilizados, há necessidade da delimitação da metodologia de coleta de dados e amostras.

Em primeiro lugar, deve-se determinar qual o detalhamento que o trabalho necessita. Para isto se pode fazer uso de uma matriz, adaptada de alguns sistemas de coleta de material contaminado, determinando a sistemática como:

- *Screening*.
- Amostragem aleatória (confirmatória).
- Amostragem sistemática (confirmatória).
- Amostragem dirigida (confirmatória).

Screening (rastreamento, varredura ou exploração) é considerado um método prático para identificar e detectar alterações ambientais nas áreas em estudo. Normalmente, ele carece de técnicas mais apuradas, procurando-se efetuar as coletas em pontos em que haja maior probabilidade de se encontrar tais alterações.

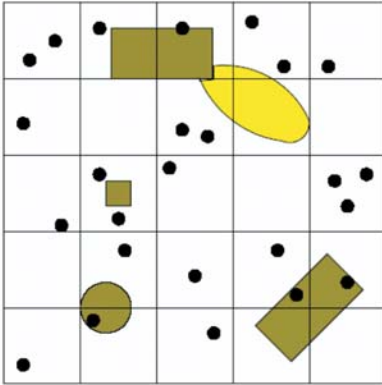
No *screening*, pode-se lançar mão da coleta de águas superficiais na entrada (ou nascente) e no ponto onde o curso d'água deixa a área de produção, em alguns poços de monitoramento, em locais de fácil percepção de presença de água subsuperficial (cabeceras de banhados ou de pântanos, áreas que permanecem encharcadas alguns dias após chuvas rápidas, em áreas de ocorrência de afloramento, dentre outras).

A amostragem aleatória não denota a inexistência de um plano de monitoramento prévio, mas a necessidade de se executar um levantamento sem grande preocupação estatística quanto ao número de pontos a serem levantados. Normalmente, ela se torna dispendiosa, uma vez que a contaminação já foi detectada na área e o levantamento deve continuar até que sejam encontrados os pontos focais.

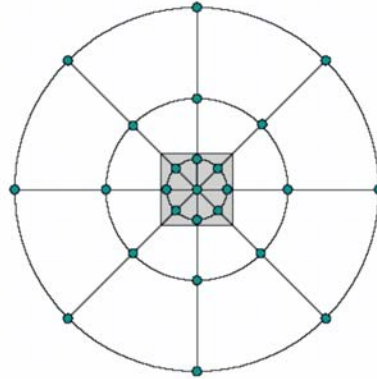
A amostragem sistemática é dispendiosa, mas proporciona o melhor perfil da área a ser estudada. Normalmente, é a mais eficiente, tanto em termos técnicos como em custos. A amostragem dirigida só deve ser utilizada como suporte ao *screening* ou quando houver prévio conhecimento da área, sabendo-se, com precisão razoável, a situação dos pontos de contaminação. Na Fig. 9, é apresentado um esquema dos três sistemas:

No meio urbano, a amostragem sistemática tem demonstrado ser a melhor escolha na maioria das ocasiões, mesmo em casos com presença de

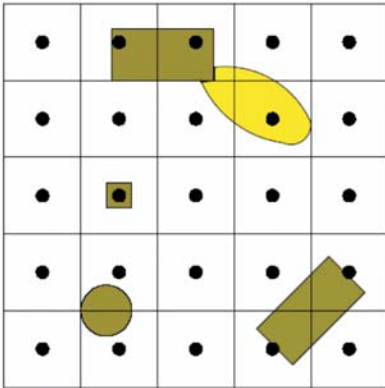
1) Aleatório



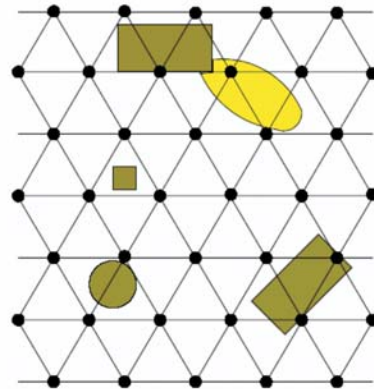
4) Sistemática com área de ocorrência suspeita



2) Sistemática



5) Amostragem sistemática com malha triangular



3) Sistemática dirigida

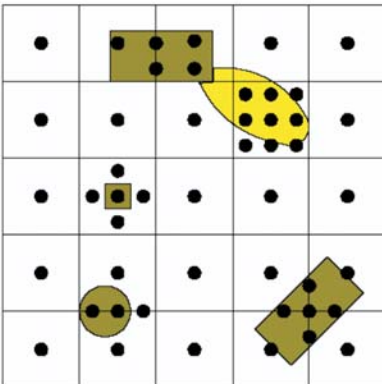


Fig. 9. Diferentes meios de distribuição dos pontos de amostragem a campo.

Fonte: Cetesb (2001).

*hot spots*⁵ (também conhecidos como pontos quentes ou pontos de concentração). Já no meio rural, devido à extensão da área de estudo, uma junção entre o método de *screening* com o método de amostragem confirmatória – dirigida para os pontos previamente identificados – é uma alternativa economicamente viável, principalmente se existirem pontos suspeitos facilmente identificáveis, como depósitos de água para enchimento de pulverizadores, depósitos de agrotóxicos, oficinas mecânicas, rodolúvios, *packing houses*, dentre outros.

As amostragens confirmatórias – aplicáveis quando às suspeitas da presença da contaminação no campo são bastante fortes – necessitam de um sistema mais preciso, visando mapear os pontos de contaminação. Normalmente, pode-se determinar qual dos três tipos de amostragem confirmatória será usado, enquadrando a distribuição do poluente na área nas situações descritas na Fig. 10.

A correta determinação dos locais de amostragem pode significar sucesso ou fracasso de um programa de monitoramento ambiental. Essa análise poderá ser feita em solo, água e tecido, envolvendo parâmetros como contaminação por produtos químicos orgânicos e seus resíduos, metais pesados comuns na região e resíduos de fertilizantes minerais e orgânicos.

Especificamente, no caso de água, convém avaliar, também, o excesso de material terroso em suspensão, originado de processo erosivo. Isso pode

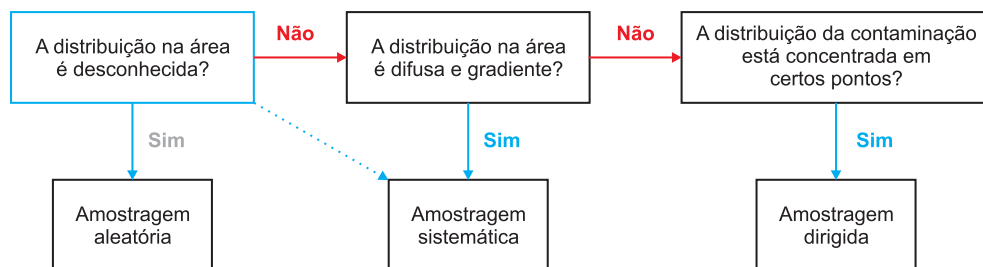


Fig. 10. Chave para escolha de plano de amostragem.

Fonte: adaptado de Cetesb, 2001; Usepa, 2002; Suter, 1996.

⁵ *Hot spots* são pontos onde há concentração da contaminação, tornando-se fonte de emissão de longo prazo. A contaminação concentrada nesses pontos permite remediação ambiental mais fácil e rápida, apesar dos altos custos (CETESB, 2001; USEPA, 2002).

indicar deficiências de cobertura vegetal no sistema produtivo, ou deficiências nos métodos de contenção de erosão – nem sempre claramente visíveis – e que podem contribuir para incrementar o potencial poluidor de determinada substância ou resíduo.

Havendo problemas de restrição de orçamento ou custos, recomenda-se centrar esforços do monitoramento na matriz água, pois ela permite um resumo razoável do que pode estar acontecendo na área em estudo, e, periodicamente, uma análise em outras matrizes, como metodologia confirmatória. Opcionalmente, como apoio à metodologia de análise de risco, pode-se utilizar análises de tecido de plantas e animais como indicador ambiental indireto, já implicando em acúmulo na cadeia trófica.

Especificação de Metodologia e Materiais de Coleta

A metodologia a ser usada para coleta de amostras de água serve tanto para águas superficiais como para águas subsuperficiais. A coleta superficial poderá ser em cursos de água, açudes e em instalações industriais (*packing house*, abatedouros, etc.), para abastecimento de banco de dados do entorno da área de produção.

Para monitoramento de águas subterrâneas (ou águas subsuperficiais) suspeitas de contaminação nos *hot spots*, recomenda-se obter um mapa hidrogeológico de fluxo do lençol, para se saber onde e a que profundidade trabalhar. Na falta deste, deve-se implantar ao menos um poço à montante do local suspeito da contaminação como forma de estabelecer um padrão das condições naturais do lençol, e pelo menos três outros à jusante. Assim, deve-se perfurar um conjunto mínimo de quatro poços, seguindo-se as orientações dos pontos cardeais ou a posição do terreno (morro acima, abaixo e nos lados).

No caso de *screenings*, podem-se distribuir aleatoriamente pontos de monitoramento no campo com eficácia, desde que a maioria atinja o lençol d'água (subsuperficial ou de profundidade). Nesse caso, deve-se priorizar lugares que concentrem maior volume de fluxos de água.

Recomenda-se retirar a amostra com mangueira e sistema mecânico de sucção e evitar utilizar a boca. Para segurança em coletas de resíduos químicos orgânicos, usar material revestido com *teflon*. Em águas de superfície (rios, riachos, lagos e reservatórios), a coleta deve ser feita logo abaixo da

flor d'água, evitando-se recolher resíduos sólidos maiores para dentro do frasco (pedaços de folhas, galhos, torrões de solo, dentre outros).

O volume de água a ser coletado – e o material dos frascos – são fatores determinantes para o sucesso da amostragem. Não se pode esquecer de que a água é um meio de transporte. Logo, deve-se ter em conta que uma amostragem mal feita pode significar que o contaminante que estava presente naquele ponto, num primeiro momento, poderá não estar em outro, principalmente se a contaminação for resultado de um derrame, formando uma pluma móvel de resíduos. Deve-se ter cuidado com o tipo de material que compõe o frasco de coleta, pois determinadas substâncias podem reagir com as paredes dos frascos de armazenamento. Em alguns casos, é necessário armazenar a amostra por tempo mais longo (para envio a laboratórios distantes ou mesmo para guardar uma contra-prova), também sendo obrigatório conhecer as condições em que o material deve ser armazenado.

Na Tabela 9, são indicados alguns volumes, tipos recomendados de materiais dos frascos, método de preservação e tempo máximo de armazenagem para alguns tipos de poluentes. Para solos, recomenda-se usar sacos de plástico de polietileno em amostras destinadas a análises físico-químicas e biológicas, com exceção de agrotóxicos, que podem ser acondicionados em bandejas metálicas ou papelão revestido de alumínio descartável, comuns nas embalagens para alimentos.

No caso do uso de análise de tecidos, como indicador indireto, o volume individual de coleta deve ser de 2 kg por amostra. Para análise de resíduos de agrotóxicos, as amostras só devem ser embaladas em sacos de polietileno, próprios para refrigeração, devendo ser rapidamente resfriados (em torno 4 °C), e enviados até o laboratório.

As análises devem ser executadas até 48 horas, sob pena de inviabilização da amostra. Em caso de impossibilidade de envio imediato, as amostras devem ser congeladas a uma temperatura mínima de -20 °C. Para as demais análises (biológicas e químicas, com exceção de pH, DBO₅, turbidez, oxigênio dissolvido, N amoniacal e sólidos totais), deve-se separar volume de tecido vegetal igual (2 kg), seguindo-se os mesmos prazos recomendados para a tabela de amostras de água.

Tabela 9. Procedimentos para transporte e armazenagem de amostras de água para análise laboratorial.

Variáveis	Material do frasco	Volume necessário	Método de preservação	Tempo máximo de armazenagem
pH	T, V, P	200 mL	Campo	Nenhum
DBO ₅	V, P	200 mL	Refrigerar até 4 °C	6 h
Turbidez	V	200 mL	Campo	Nenhum
Sólidos dissolvidos totais ou condutividade	T, V, P	200 mL	Campo	Nenhum
Fosfato total	P, V	500 a 1.000 mL	Acidificar com H ₂ SO ₄ até pH 1,0	60 dias
Nitrato e nitrito	T, V, P	200 mL	Refrigerar < 4 °C/ acidificar com H ₂ SO ₄ até pH 2,0	14 dias
N amoniacal	V, P	200 mL	Refrigerar < 4 °C	14 dias
Oxigênio dissolvido	T, V, P	200 mL	Campo	Nenhum
Coliformes totais	V, P Esterilizado	250 mL	Refrigerar até 4 °C	6 h
Coliformes fecais	V, P Esterilizado	250 mL	Refrigerar até 4 °C	6 h
<i>Escherichia coli</i>	V, P Esterilizado	250 mL	Refrigerar até 4 °C	6 h
Coliformes termotolerantes	V, P Esterilizado	250 mL	Refrigerar até 4 °C	6 h
<i>Giardia</i> spp. e oocistos de <i>Cryptosporidium</i> sp.	V, P Esterilizado	250 mL	Refrigerar até 4 °C	6 h

Continua

Tabela 9. Continuação

Variáveis	Material do frasco	Volume necessário	Método de preservação	Tempo máximo de armazenagem
Metal Cromo III	T, P	1.000 mL	Acidificar com HNO ₃ até pH 1,0	30 dias
Metal Cromo IV	T, P	250 mL	Refrigerar até 4 °C	24 h
Metal Cobre	T, P	1.000 mL	Acidificar com HNO ₃ até pH 1,0	30 dias
Metal Zinco	T, P	1.000 mL	Acidificar com HNO ₃ até pH 1,0	30 dias
Metal Cádmio	T, P	1.000 mL	Acidificar com HNO ₃ até pH 1,0	30 dias
Metal Chumbo	T, P	1.000 mL	Acidificar com HNO ₃ até pH 1,0	30 dias
Agrotóxicos	V - Lavar o frasco com produtos próprios e água ultrapurificada	2.000 mL	Refrigerar até 4 °C/congelar a -20 °C	24 h a 7 dias

Fonte: Adaptado de Clesceri et al., 1998.

Nota: quando o congelamento for recomendado para água ou outras finalidades, desconsiderar outros métodos de conservação que não sejam a refrigeração.

Devido aos altos custos envolvidos na análise de agrotóxicos, desde que não haja problemas já determinados, pode-se efetuar a análise biológica e físico-química, incluindo-se os metais pesados, como rotina de monitoramento, e periodicamente, efetuar a análise de resíduos.

A avaliação final será a comparação dos resultados laboratoriais com os parâmetros estabelecidos pelas legislações federal ou estadual, e pelo *Codex Alimentar*, para a análise dos limites máximos de resíduos (LMRs), no caso dos agrotóxicos.

Deve-se lembrar sempre que para a coleta dos dados de algumas variáveis, é necessário contar com equipamentos específicos no local, como por exemplo, pHmetro, condutivímetro, oxímetro, turbidímetro, e executá-las no campo, de preferência, enquanto outros elementos exigem laboratórios especializados. Assim, uma das condições que deve ser avaliada no momento da inclusão do plano de monitoramento, é a logística de análise desse material, pois não se pode pretender monitorar determinados elementos sem a disponibilidade de um laboratório apropriado, ou, na hipótese de remeter por serviço de entrega, o tempo de envio e recepção não ser compatível com a necessidade da análise.

Em resumo, o monitoramento é um passo importante no processo de gestão, por que permite estabelecer níveis de qualidade ambiental em relação ao planejado ou à legislação vigente e verificar sua conformidade com as condições-padrões (*benchmarks*), quantificar a exposição – quando houver – gerenciar os recursos naturais e a forma de sua conservação, avaliar os impactos trans-fronteiriços e garantir a sustentabilidade na produção.

Considerações finais

Nos últimos anos, a atividade agropecuária brasileira atingiu índices invejáveis de crescimento. Isso aconteceu devido a um expressivo crescimento na produtividade no setor agroindustrial, que gradualmente, desde as últimas

décadas do século passado, foi se tornando altamente tecnificado. Contudo, a sociedade também passou a exigir melhor qualidade ambiental no campo e começa a pressionar alguns centros produtivos e determinadas culturas pela manutenção do meio ambiente, segurança dos alimentos e garantia de produção.

A exigência – por parte do mercado – pela produção agropecuária mais segura leva o profissional a buscar tais conhecimentos, em áreas correlatas às ciências agrárias, antes não consideradas. Muito ainda há que se fazer quanto à adaptação de processos e tecnologias, mas isso reforça a necessidade da busca e da pesquisa contínua, seja nos centros de pesquisa e universidades, seja na própria propriedade rural, uma vez que cada caso representa um ambiente único de estudos.

Assim, o conhecimento dos processos, características e das rotas de degradação que um produto e seus resíduos podem utilizar no ambiente, valoriza o profissional que o aplica, garantindo a acuidade do plano de gestão ambiental em execução, possibilitando a redução de eventuais impactos negativos, e fornecendo respostas à sociedade no que diz respeito ao uso de tecnologias mais limpas e seguras ambientalmente, e às questões de segurança alimentar e do alimento.

Referências

BAIRD, C. **Química ambiental**. Porto Alegre: Bookman, 2002.

CETESB. **Manual de Gerenciamento de Áreas Contaminadas**. 2. ed. São Paulo: CETESB: GTZ, 2001. 389 p.

CHAGAS, W. F. **Estudo de patógenos e metais em lodo digerido bruto e higienizado para fins agrícolas das estações de tratamento de esgoto da Ilha do Governador e da Penha no Estado do Rio de Janeiro**. Tese (Mestrado em Saúde Pública) – FIOCRUZ, Rio de Janeiro, 2000. p. 40-55.

CLESCERI, L. S.; GREENBERG, A. E.; EATON, A. D. (Ed.). **Standard methods for the examination of water and wastewater**. Washington, DC: American Public Health Association, 1998. p. 1-34.

CONNELL, D. W.; MILLER, G. J. **Chemistry and Ecotoxicology of Pollution**. New York: John Wiley, 1984.

CONAMA. Conselho Nacional do Meio Ambiente (Brasil). Resolução nº 273 de 29 nov. 2000. Dispõe sobre prevenção e controle da poluição em postos de combustíveis e serviços. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Poder Executivo, Brasília, DF, 08 jan. 2001. Seção 1, p. 20-23.

_____. Resolução nº 357 de 17 mar. 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**, Poder Executivo, Brasília, 18 de mar. 2005. Seção 1, p. 58-63.

CORSEUIL, H. X.; POWERS, S. E.; HUNT, C. S.; HEERMANN, S. E.; RICE, D.; ALVAREZ, P. J. J. The transport and Fate of Ethanol and BTEX in Groundwater Contaminated by Gasohol. **Critical Reviews In Environmental Science And Technology**, Boca Raton, v. 31, n. 1, p. 79-131, 2001.

FAY, E. F.; SILVA, C. M. M. S.; MELO, I. S. Degradação abiótica de xenobióticos. In: MELO, I. S. (Org.). **Microbiologia ambiental**. Jaguariúna: Embrapa, 1997. p. 125-140.

FONTAINE, D. D.; LECHMANN, R. G.; MILLER, J. R. Soil Adsorption of neutral and anionic forms of a sulfonamide herbicide, Flumetsulan. **Journal Environmental Quality**, Madison, v. 20, n. 4, p. 759-762, 1991.

GEBLER, L.; SPADOTTO, C. A. Comportamento ambiental dos herbicidas. In: VARGAS, L.; ROMAN, E. S. (Org.). **Manual de manejo e controle de plantas daninhas**. Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, 2004. p. 59.

GIECK, K.; GIECK, R. **Manual de fórmulas técnicas**. 4. ed. São Paulo: Hemus, 1996. p. A3.

GUIMARÃES, D. R. **Herbicidas: comportamento dos herbicidas no solo**. Florianópolis: Secretaria da Agricultura e do Abastecimento, 1986. 31 p. Curso de aperfeiçoamento em agrotóxicos: II etapa.

GUIVANT, J. S. Conflitos e negociações nas políticas de controle ambiental: o caso da suinocultura em Santa Catarina. **Ambiente e Sociedade**, Campinas, SP, v. 1, n. 2, p. 101-123, 1998.

HAVENS, P. L.; SIMS, G. K.; ERHARDT-ZABIK, S. Fate of herbicides in the environment. In: SMITH, A. **Handbook of weed management systems**. New York: John Wiley, 1995. p. 245-278.

KIEHL, J. I. **Manual de edafologia: relações solo-planta**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1979. 264 p.

LIMA, L. M. Q. **Lixo: Tratamento e biorremediação**. São Paulo: Hemus, 1995. p. 9-15.

LINDE, C. D. **Physico-chemical proprieties and environmental fate of pesticides**. Sacramento: EPA, Environmental Hazards Assessment Program, 1994. 53 p.

MACKAY, D.; SHIU, W.; MA, K. **Illustrated handbook of physical-chemical and environmental fate for organic chemicals**. Boca Raton: Lewis, 1997. v. 5, 812 p.

MAHAN, B. M.; MYERS, R. J. **Química, um curso universitário**. São Paulo: Edgar Blücher, 2000. 582 p.

MENEZES, J. F. S.; ANDRADE, C. de L. T. de; ALVARENGA, R. C.; KONZEN, E.; PIMENTA, F. F. **Utilização de resíduos orgânicos na agricultura**. Disponível em: <www.planetaorganico.com>. Acesso em: 12 out. 2004.

MEURER, E. J. (Ed.). **Fundamentos de química do solo**. Porto Alegre: Gênese, 2000. 147 p.

MONTEIRO, R. T. R. Degradação de pesticidas. In: MELO, I. S. (Org.). **Microbiologia ambiental**. Jaguariúna: Embrapa, 1997. p. 107-124.

OLIVEIRA, P. A. V. de (Coord.). **Manual de manejo e utilização dos dejetos de suínos**. Concórdia: EMBRAPA-CNPISA, 1993. 188 p.

- OGRAM, A. V.; JESSUP, R. E.; OU, L. T.; RAO, P. S. C. Effects of sorption on biological degradation rates of (2,4-dichlororophenoxy)-acetic acid in soils. **Applied Environmental Microbiology**, v. 49. p. 582-587, 1985.
- OSMOND, D. L.; LINE, D. E.; GALE, J. A.; GANNON, R. W.; KNOTT, C. B.; BARTENHAGEN, K. A.; TURNER, M. H.; COFFEY, S. W.; SPOONER, J.; WELLS, J.; WALKER, J. C.; HARGROVE, L. L.; FOSTER, M. A.; ROBILLARD, P. D.; LEHNING, D. W. **Watershedss**: water, soil and hydro-environmental decision support system. Disponível em: <<http://h2osparc.wq.ncsu.edu>>. Acesso em: 25 mar. 1995.
- PARAIBA, L. C.; SAITO, M. L. Distribuição ambiental de poluentes orgânicos encontrados em lodo de esgoto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 40, n. 9, p. 853-860, 2005.
- PEAVY, H. S.; ROWE, D. R.; TCHOBANOGLIOUS, G. **Environmental engineering**. Singapore: McGraw-Hill, 1985. p. 11-56.
- PEDRO, F. G.; LORANDI, R. Potencial natural de erosão na área periurbana de São Carlos-SP. **Revista Brasileira de Cartografia**, Rio de Janeiro, v. 1, n. 56, p. 28-33, 2004.
- PESSOA, M. C.; LUCHIARI JUNIOR, A.; FERNANDES, E. **Principais modelos matemáticos e simuladores utilizados para análise de impactos ambientais das atividades agrícolas**. Jaguariúna: Embrapa CNPMA, 1999. 83 p.
- PLIMMER, J. R. Dissipation of pesticides in the environment. In: SCHONNOOR, J. L. **Fate of pesticides & chemicals in the environment**. New York: John Wiley, 1992. p. 79-90.
- RADOSEVICH, S. R.; HOLT, J.; GHERSA C. **Weed ecology**. New York: John Wiley, 1997. 589 p.
- ROCHA, J. C.; ROSA, A. H.; CARDOSO, A. A. **Introdução à química ambiental**. Porto Alegre: Bookman, 2004.
- ROQUE, O. C. C. **Sistemas alternativas de tratamento de esgoto aplicáveis as condições brasileiras**. 1997. 153 p. Tese (Doutorado em Saúde Publica) – FIOCRUZ, Rio de Janeiro.
- RUSSEL, J. B. **Química geral**. São Paulo: Makron Books, 1994. 1268 p.
- SANTA CATARINA, Secretaria de Estado da Agricultura e Abastecimento. **Manual de uso, manejo e conservação do solo e da água**. 2. ed. Florianópolis: EPAGRI, 1994. 384 p. Projeto de recuperação, conservação e manejo do recursos naturais em microbacias hidrográficas.
- SCARPINO, P. V.; DONNELLY, J. A.; BRUNNER, D. Pathogen content of landfill leachate. In: WANIELISTA, M. P.; TAYLOR, J. S. **Municipal solid waste: land disposal**. Cincinnati: EPA, 1979. p. 138-167. Proceedings of the Fifth Annual Research Symposium at Orlando, Florida.
- SCHWARZENBACH, R. P.; GSCHWEND, P. M.; IMBODEN, D. M. **Environmental organic chemistry**. New York: John Wiley, 1993. 681 p.
- SCHONNOOR, J. L. Chemical fate and transport in the environment. In: SCHONNOOR, J. L. **Fate of pesticides & chemicals in the environment**. New York: John Wiley, 1992. 436 p.
- SEGANFREDO, M. A. **A questão ambiental na utilização de dejetos suínos como fertilizantes do solo**. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves. 2000. 35 p. (Embrapa Suínos e Aves. Circular Técnica, 22).
- SHARPLEY, A. N.; HALVORSON A. D. The management of soil phosphorus availability and its impact on surface water quality. In: LAL, R.; STEWART, B. A. (Ed.). **Soil progress and water quality: advances in soil science**. Boca Raton: Lewis, 1994.

SHIRLEY, R. L. Nutritional and Physiological Effects of Nitrates, Nitrites and Nitrosamines.

Bioscience, Washinton, v. 25, n. 12, p. 789-794, 1975.

SISINNO, C. L. S.; OLIVEIRA, R. M.; FERREIRA, J. A.; DIAS, A. E. X. O.; KLIGERMAN, D. C.; FREITAS, C. M.; VALADARES, J. C. **Resíduos sólidos, ambiente e saúde**. Rio de Janeiro: Fiocruz, 2002. p. 41-78.

SUTTER, G. W. I. **Guide for developing conceptual models for ecological risk assessment**. Oak Ridge: Tennessee: Oak Ridge National Laboratory, 1996. 14 p.

TSUTIYA, M. T.; COMPARINI, J. B.; SOBRINHO, P. A.; HESPANHOL, I.; CARVALHO, P. C. T.; MELFI, A. J.; MELO, W. J.; MARQUES, M. O. **Biosólidos na agricultura**. São Paulo: ABES, 2002.

USEPA. U. S. Environmental Protection Agency. **Agricultural drainage well guidance**. Washington, DC: US Environmental Protection Agency, Office of Ground Water and Drinking Water, 1997. 42 p.

USEPA. U. S. Environmental Protection Agency. **RCRA orientation manual**. Washington DC: US Environmental Protection Agency, 2002. 259 p.

VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. DESA-UFMG, 1996. Disponível em: <www.etg.ufmg./tim1/eutrofiz>. Acesso em: 16 out. 2004.

WEBER JUNIOR, W. **Physicochemical processes for water quality control**. New York: John Wiley, 1972. 640 p.

WOLFE, N. L. Abiotic transformations of pesticide in natural waters and sediments. In: SCHONNOOR, J. L. **Fate of pesticides & chemicals in the environment**. New York: John Wiley, 1992. p. 93-104.



Capítulo 6

Tratamento de
Dejetos Animais

*Airton Kunz
Ricardo Encarnação*



Introdução

Desde a Revolução Industrial, no século 18, a explosão demográfica vem causando substancial aumento na demanda por alimentos. Ao longo do tempo, os sistemas de produção de animais têm sofrido grandes transformações para suprir essas necessidades. Um fenômeno que se observa é a profissionalização do setor produtivo transformando as granjas produtoras de animais ou de derivados destes em verdadeiras fábricas de proteína animal.

As características e tendências dos sistemas produtivos modernos apontam para um modelo de confinamento em unidades restritas com aumento de escala de produção. Um dos aspectos considerados diz respeito à redução de custos envolvendo a logística entre produção e industrialização dos animais. Em muitos casos, isso cria grandes problemas ambientais nas regiões produtoras, devido à alta geração de resíduos os quais, na maioria dos casos, têm como destino a simples disposição no solo. Essa prática faz com que, em muitas situações, se tenha um excesso de elementos no solo (nutrientes, metais, patógenos, entre outros), tornando difícil sua absorção à mesma taxa em que são aplicados (SEGANFREDO, 1999; PILLON et al., 2003). Esse fato acarreta a lixiviação e/ou percolação desses resíduos para os corpos d'água superficiais e subterrâneos causando poluição desses ambientes.

Levando-se em conta os preceitos da gestão ambiental, neste cenário é preciso que se adotem práticas para que o Sistema de Produção de Animais Confinados (Spac) seja sustentável ambientalmente. Das alternativas existentes para o manejo de dejetos, em muitos casos seu tratamento apresenta-se como única alternativa para viabilizar ambientalmente a atividade. Geralmente, essa prática não é muito aceita pelos produtores, sofrendo resistência na sua aplicação.

Primeiramente, os motivos são devidos ao fato de o dejetos animal sempre ter sido visto pelo ser humano como fertilizante do solo, tornando o tratamento desnecessário. Em segundo lugar, pela necessidade da aplicação de recursos financeiros, o que nem sempre é desejável pelo responsável pela atividade.

No entanto, a situação ambiental crítica vivida em muitas regiões produtoras demanda a necessidade de maior atenção no que diz respeito ao trato com os resíduos das atividades que produzem animais, assim como já aconteceu com o sistema produtivo (melhoramento genético, conversão alimentar, controle de doenças, etc.).

Como tratar o dejetos produzido por um Spac

Antes de pensar em qualquer sistema de tratamento, é importante voltar as atenções para dentro do Spac. O manejo e o tratamento do dejetos devem ser vistos como parte do processo produtivo. Tudo que for feito dentro das instalações poderá influenciar positiva ou negativamente a eficiência do sistema de manejo e tratamento de dejetos.

No que diz respeito às instalações, alguns cuidados devem ser tomados para evitar a diluição do dejetos:

- Desviar água de chuva.
- Diminuir o desperdício com bebedores.
- Otimizar a limpeza das instalações por raspagem.

Para lavagem com água, utilizar sistemas de alta pressão e baixa vazão (lava-jatos) e reuso da parte líquida dos dejetos (OLIVEIRA, 2004). No sistema de tratamento de dejetos, o excesso de água deve ser visto como um fato a ser evitado, pois um dejetos muito diluído causa:

- Superdimensionamento das instalações de tratamento, com o respectivo aumento dos custos.
- Baixa eficiência de alguns sistemas.
- Consumo excessivo de produtos químicos, energia elétrica e, em muitos casos, transporte do dejetos para disposição no solo.

Outro ponto diz respeito à nutrição animal. Utilizando-se rações de alta eficiência que permitam maior aproveitamento pelo animal, evitar-se-á o desperdício de nutrientes não absorvidos no trato digestivo e que podem sobrecarregar o tratamento (PENZ JUNIOR, 2003; LUDKE; LUDKE, 2003).

A entrada de antibióticos, detergentes e outros produtos químicos é objeto de atenção. Deve-se ter em mente que os sistemas biológicos podem perder eficiência ou ser inativados por esses produtos, causando grandes prejuízos ao tratamento.

O último e mais importante ponto diz respeito à capacitação do pessoal responsável pela operação dos sistemas de tratamento. Na maioria dos casos, o insucesso do tratamento está relacionado a erros humanos, causados pela má operação dos sistemas.

Esse pessoal deve receber constante capacitação e entender claramente a importância do processo e como ele funciona, tendo subsídios para a tomada de decisões. Caso o fator humano seja desconsiderado, qualquer opção tecnológica adotada estará fadada ao insucesso.

Sistemas de tratamento

A escolha do melhor sistema de tratamento é sempre uma tarefa bastante difícil, uma vez que não existe um sistema que possa ser aplicado universalmente para todos os resíduos. Todo e qualquer sistema de tratamento apresenta limitações e sua aplicabilidade ao resíduo deve ser avaliada, levando-se em conta vantagens e desvantagens (PERDOMO et al., 2003).

A primeira pergunta, que deve ser feita antes da escolha do tratamento, diz respeito ao que se pretende com a escolha da tecnologia (abatimento de carga orgânica, remoção de nutrientes, inativação de organismos patogênicos, reuso da água, etc.).

Em função disso – e das possibilidades financeiras de cada produtor – existe uma gama de tecnologias que podem ser utilizadas de acordo com a realidade de cada sistema de produção. Os sistemas de tratamento podem ser classificados em três diferentes categorias: físicos, biológicos e químicos.

Sistemas físicos

Os sistemas físicos contemplam a separação sólido/líquida do dejetos. Como grande parte dos dejetos de origem animal contém alta concentração de sólidos, em muitos casos é interessante separar esse material da fração líquida.

Isso evita a sobrecarga do sistema de tratamento e aumenta sua vida útil, prevenindo a deposição de sólidos nos tanques ou lagoas. Além disso, os sólidos podem contribuir para a perda de carga ou entupimento de bombas utilizadas no tratamento.

A eficiência de separação pode ser incrementada pela adição de agentes flocculantes e coagulantes (ex.: poliacrilamidas (PAM) e taninos) ao sistema. Isso reduz a carga orgânica da matriz, permitindo que o tratamento posterior não necessite ser superdimensionado (ZHANG; LEI, 1998; VANOTTI

et al., 2002). Geralmente, os sistemas de separação contemplam peneiramento, flotação ou decantação.

Peneiramento

A utilização desse sistema é recomendada para a retirada de sólidos grosseiros (maravalha, pedaços de madeira, etc.) que normalmente estão presentes no dejetos.

Além disso, quando se deseja uma remoção mais eficiente e o sistema for precedido de adição de coagulantes e floculantes, pode-se utilizar uma peneira fuo menor (ex.: 0,20 mm). Basicamente, existem dois tipos de peneiras: as estáticas ou as do tipo rotativas (Fig. 1).

Foto: Airton Kunz



Fig. 1. Modelo de peneira rotativa utilizada no tratamento de dejetos.

É bastante desejável que as peneiras sejam construídas em material inoxidável, devido às características oxidantes dos dejetos, o que pode diminuir, a vida útil do sistema.

Decantação

A decantação consiste na separação das fases líquida e sólida por gravidade (Fig. 2). Para que esse processo seja utilizado, o dejetos deve ter uma boa decantabilidade, diminuindo-se os sólidos em suspensão.

Foto: Airton Kunz



Fig. 2. Modelo de decantador cônico utilizado para separação sólido/líquida em dejetos animais.

O escoamento superficial do líquido – que passa pelo decantador – não deve ser turbulento para que haja maior eficiência do processo. Alguns sistemas de anteparos, como palhetas, também podem ser utilizados para evitar a saída de sólidos do decantador (PERDOMO et al., 2003).

Para o dimensionamento do decantador, deve ser feito um teste prévio de decantação do dejetos, para se alcançar maior eficiência na separação sólido-líquida. Os sólidos resultantes do sistema de separação sólido-líquida devem ser encaminhados para tratamento complementar (ex.: compostagem) ou para disposição no solo, levando-se em conta critérios agrônômicos.

Sistemas biológicos

Os sistemas biológicos são os mais utilizados para tratamento de dejetos animais, em função da alta biodegradabilidade do material orgânico que compõe a matriz (Tabela 1), tipicamente representada pela concentração de sólidos voláteis e pela demanda biológica de oxigênio.

A decomposição dos dejetos é um processo biológico que ocorre naturalmente e é usado como tratamento desde a antiguidade, sendo o dejetos animal excelente substrato para microrganismos.

Uma lagoa mal dimensionada pode comprometer o funcionamento do sistema, com perda de eficiência e geração de odores desagradáveis pelo desenvolvimento de condições anaeróbias indesejáveis. Nesse sistema, a

Tabela 1. Produção de dejetos e características por 1.000 kg de animal vivo por dia.

Parâmetro	Unidade		Tipo de animal ¹			
			Gado de leite	Suíno	Frango de corte	Poedeiras
Dejeto total	kg	Média	86	84	85	64
		D.P.	17	24	13	19
Sólidos totais	kg	Média	12	11	22	16
		D.P.	2,7	6,3	1,4	4,3
Sólidos voláteis	kg	Média	10	8,5	12	12
		D.P.	0,79	0,66	0,84	0,84
DBO	kg	Média	1,6	3,1	**	3,3
		D.P.	0,48	0,72	**	0,91
DQO	kg	Média	11	8,4	16	11
		D.P.	2,4	3,7	1,8	2,7
pH		Média	7,0	7,5	**	6,9
		D.P.	0,45	0,57	**	0,56
N-NTK	kg	Média	0,45	0,52	1,1	0,84
		D.P.	0,096	0,21	0,24	0,22
N-NH ₃	kg	Média	0,079	0,29	**	0,21
		D.P.	0,083	0,10	**	0,18
P-Total	kg	Média	0,094	0,18	0,30	0,30
		D.P.	0,024	0,10	0,053	0,081
Zinco	g	Média	1,8	5,0	3,6	19
		D.P.	0,65	2,5	**	33
Cobre	g	Média	0,45	1,2	0,98	0,83
		D.P.	0,14	0,84	**	0,84
Coliformes totais	Colônias ²	Média	1.100	45	**	110
		D.P.	2.800	33	**	100
Coliformes termotolerantes	Colônias ²	Média	16	18	**	7,5
		D.P.	28	12	**	2,0

1 Todos os valores em peso úmido.

2 Colônias de bactérias por 1.000 kg de massa animal multiplicada por 1.010.

D.P. = desvio-padrão

Fonte: adaptada de Asae (2003).

proliferação de algas é favorecida pela alta concentração de nutrientes e pela degradação de matéria orgânica causada pelas bactérias.

Dependo da carga orgânica de entrada e das condições do solo, é necessária a impermeabilização do sistema. Para isso, os materiais mais utilizados são geomembranas em PVC ou membrana de polietileno de alta densidade (Pead) pela facilidade de aplicação, pela qualidade do material e

baixo custo. Também pode-se utilizar argila nas paredes e no fundo dos reservatórios. Esse processo é mais trabalhoso, podendo ocorrer imperfeições. Contudo, quando o material é encontrado nas proximidades, se torna mais econômico.

Lagoas e tanques mecanicamente aerados

A aeração mecânica de lagoas é utilizada para aumentar o oxigênio dissolvido do líquido, garantindo condições aeróbias (Fig. 3). Como esse sistema não depende de condições naturais para incorporação de oxigênio, pode-se construir as lagoas com superfície de contato menores e mais profundas.



Fig. 3. Sistema utilizado para injeção de ar em lagoas.

Em certas situações, torna-se viável a construção de tanques (em concreto ou argamassa armada) em lugar das lagoas. Essas lagoas ou tanques permitem a entrada de cargas orgânicas maiores que o sistema com aeração natural, porque a taxa de oxidação de matéria orgânica é maior.

Existe uma diversidade de equipamentos utilizados para aerar lagoas. A incorporação pode ser feita por agitação ou injeção de ar (Fig. 3) no líquido. Este sistema de lagoa deve ser aerado continuamente, para evitar o decréscimo de oxigênio dissolvido no meio e a lagoa entrar em anaerobiose. As recomendações de impermeabilização desse tipo de lagoa são as mesmas que para outros tipos de lagoas, conforme já discutido anteriormente.

Valos de oxidação

Os valos de oxidação são uma modificação dos sistemas de lodo ativado com aeração prolongada, permitindo o tratamento de dejetos com alta concentração de matéria orgânica.

O valo de oxidação – ou lagoa de alta taxa – consiste num tanque construído em formato oval ou elíptico (Fig. 4), onde o dejetos é aerado continuamente e o material particulado é mantido em suspensão.

A profundidade do tanque deve ser constante (usualmente menor que 1 m) e a velocidade de recirculação não deve sofrer grandes modificações sob pena de decantação do material em suspensão no interior do reator.



Foto: Airton Kunz

Fig. 4. Exemplo de valo de oxidação (também chamado de lagoa de alta taxa) utilizado no tratamento de dejetos de suínos.

Processos anaeróbios

Conforme já mencionado anteriormente, o processo de degradação anaeróbia ocorre na ausência de oxigênio molecular. O mecanismo de decomposição anaeróbia se desenvolve pela ação de um consórcio de microrganismos, em que um dos produtos finais da degradação é o metano (Fig. 5).

O biogás, produto da degradação anaeróbia, é composto majoritariamente por metano (50 % a 70 %) e CO_2 . Esse gás pode ser coletado dos sistemas de degradação anaeróbia e utilizado como combustível (geração de calor ou energia).

Para tratamento de dejetos animais via degradação anaeróbia, os sistemas mais representativos são as lagoas anaeróbias e os biodigestores.

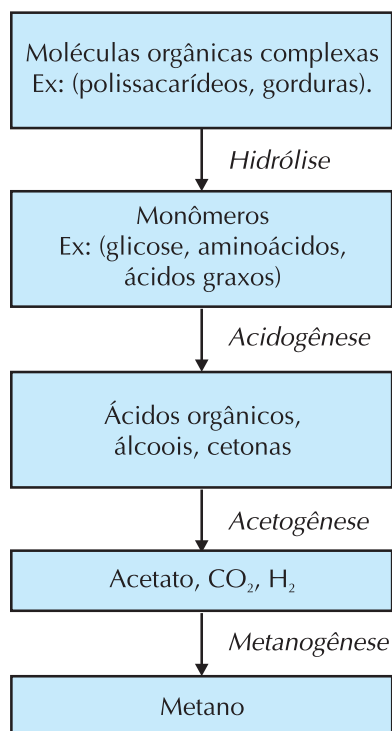


Fig. 5. Etapas da degradação anaeróbica de efluentes (BITTON, 1994).

Lagoas anaeróbias de degradação

As lagoas anaeróbias de degradação são sistemas abertos de tratamento. Devem ser construídas com no mínimo de 2,5 m de profundidade, para que se criem condições de anaerobiose e o processo possa se desenvolver.

Essas lagoas são indicadas para alimentação com dejetos animais com alta carga orgânica e apresentam um custo de implementação relativamente baixo (KUNZ et al., 2004a). Os materiais utilizados para sua construção geralmente são geomembranas (PVC ou PEAD) ou argila.

O principal inconveniente dessas lagoas são odores fétidos e a emissão de gases (amônia e metano) que contribuem para o aumento do efeito estufa. Em muitos casos, essas lagoas podem facilmente ser transformadas em biodigestores, mediante cobertura com geomembranas, diminuindo assim a emissão de gases e possibilitando o aproveitamento do biogás.

Biodigestores

Existem vários tipos de reatores para tratamento de resíduos sob condições anaeróbias. No entanto, para dejetos animais, os mais utilizados têm sido os biodigestores, sobretudo pelos baixos custos e facilidade de construção e de operação.

Os biodigestores são sistemas fechados de degradação anaeróbia, onde os gases produzidos são coletados e armazenados em compartimentos chamados gasômetros (Fig. 6), para posterior utilização ou simples queima.

Vários modelos de biodigestores têm sido desenvolvidos e adaptados para se atingir mais eficiência nesses sistemas e redução de custos dos equipamentos (KUNZ et al., 2004b). Os principais modelos de biodigestor são o indiano, o chinês e o canadense, sendo este último bastante utilizado recentemente, principalmente pelo desenvolvimento de geomembranas, que facilitam a instalação dos biodigestores (Fig. 6).

Foto: Airton Kunz

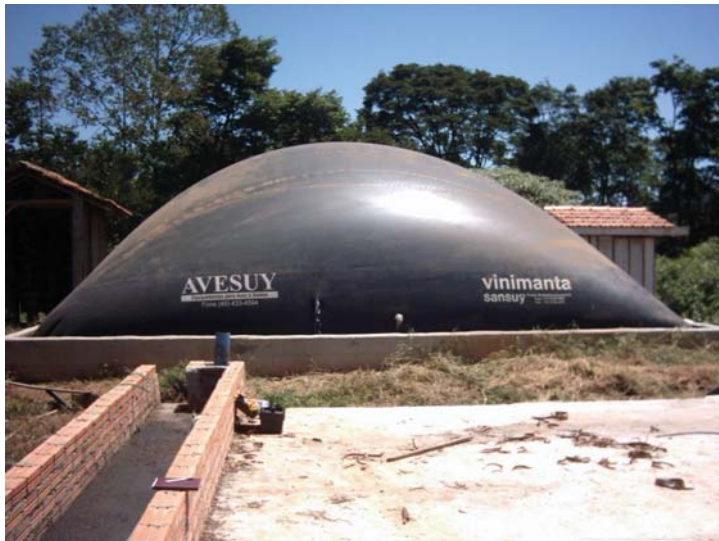


Fig. 6. Biodigestor canadense em PVC.

A recente preocupação ambiental envolvendo a redução das emissões dos gases responsáveis pelo efeito estufa tem criado um mercado bastante promissor para essa tecnologia (KUNZ; PALHARES, 2004).

Compostagem

Embora a compostagem seja um processo de decomposição biológica aeróbia, ela geralmente tem sido classificada em separado, devido ao fato do processo acontecer em fase sólida (Fig. 7).

A compostagem acontece pela ação de microrganismos termofílicos, que atuam na faixa de temperatura entre 45 °C e 85 °C. Em condições normais, a temperatura de compostagem se mantém entre 50 °C e 80 °C, sendo um bom indicador do andamento do processo. Alguns cuidados devem ser observados no processo, como a relação carbono/nitrogênio (ideal que esteja na faixa de 30/1), pH (ideal entre 6,5 e 8,0) e umidade.

Nota: não é recomendável que esteja muito abaixo de 50 %).



Fig. 7. Sistema de compostagem com maravalha, mostrando diferentes estágios de impregnação.

A degradação de dejetos animais via compostagem apresenta a vantagem de redução do volume e peso do dejetos, produção de material estável sem geração de odores desagradáveis (quando corretamente manejado) e com valor agronômico.

Os problemas da compostagem estão associados com a emissão de gases que contribuem para o aumento do efeito estufa (ex.: N_2O e NH_3) (HAO et al., 2004). A dificuldade de se encontrar material suficiente para ser utilizado como substrato a ser misturado ao dejetos, também tem sido relatada.

Sistemas químicos

A aplicação de produtos químicos no tratamento de dejetos animais tem sido utilizada por várias razões. Otimizar a separação sólido-líquida (conforme já discutido anteriormente), controle de pH e controle de odores provenientes dos dejetos tanto nas instalações de criação quanto nos sistemas de tratamento propriamente ditos.

Para controle de odores, os principais agentes químicos utilizados são os agentes oxidantes (ex.: Ozônio e H_2O_2) e agentes de mascaramento como óleos aromáticos cujo odor se sobrepõe ao do dejetos (McCROY; HOBBS, 2001).

Exemplos de tratamento de dejetos de animais

Tratamento de dejetos de bovinos – Os sistemas confinados de produção de bovinos merecem atenção especial pela característica e volume de dejetos produzidos. No Brasil, a maior parte da produção de bovinos de corte ainda é extensiva, não causando grandes problemas com relação à poluição. Sob o ponto de vista de geração de dejetos, os mais representativos são os confinamentos para produção de leite.

Esses sistemas devem ser avaliados e projetados para maximizar o uso dos dejetos (esterco e urina) e das águas de lavagem e ordenha, como importante fonte de nutrientes recicláveis, de forma sustentável, sem comprometer o equilíbrio ambiental, evitando a poluição e aproveitando seu valor como fertilizante e melhorador da estrutura física do solo.

Para se ter uma idéia da dimensão do problema, um sistema de confinamento de vacas leiteiras – com 100 animais, considerando-se o peso

de cada animal em torno de 600 kg – produz, em média, 50 kg/dia de esterco por animal (veja Tabela 1).

Acrescentando-se a esse volume, a urina, a água de bebida desperdiçada, água de lavagem da ordenha, etc., pode-se estimar a produção de até 100 kg/dia de dejetos o que totaliza aproximadamente 10.000 kg/dia (10 m³/dia), a ser coletado, transportado, estocado, tratado e distribuído.

Além do grande volume produzido, deve-se levar em conta que, pela sua composição física, química e microbiológica, esse dejetos é um grande agente poluidor das águas superficiais e profundas. Esse resíduo pode causar alto impacto ambiental pela emissão de odores de gases que contribuem para o efeito estufa e pela possibilidade de proliferação de insetos e roedores.

Manejo

Devido aos diferentes tipos de manejo dos animais e diferentes tipos de construção, existem também várias maneiras de se manejar os dejetos. Na maioria dos casos, o dejetos é constituído de coleta, transporte, estocagem, tratamento (nem sempre é adotado) e utilização.

Coleta – As principais formas de coleta são a raspagem e a lavagem dos pisos concretados. No caso de lote a céu aberto, o chão de terra deve ser inclinado e o esterco raspado e empilhado. A raspagem pode ser feita por lâminas puxadas por cabos e motores elétricos ou por lâminas montadas em tratores. É usada para esterco na forma sólida e semisólida. Deve ser feita pelo menos uma vez ao dia.

Normalmente, o esterco é raspado e colocado diretamente sobre um vagão, que vai distribuí-lo no campo no mesmo dia, o que evita a formação dos gases responsáveis pelos odores e mantém o valor nutricional do material. Esse tipo de manejo aumenta a mão-de-obra, mas é mais econômico e propicia boas condições sanitárias.

Na lavagem, é despejado grande volume de água nos corredores dos animais, carregando o esterco para um local de estocagem. A lavagem deve ser feita duas vezes ao dia, o que mantém os confinamentos e os animais limpos e com poucos odores. Esse tipo de manejo diminui a mão-de-obra e o custo dos equipamentos, mas necessita de grande volume de água.

Outro problema é que essa grande quantidade de líquido deve ser estocada para futura distribuição na lavoura, e a única solução é construir lagoas.

***Nota:** devido ao tamanho, a construção de tanques de concreto ou de alvenaria torna-se economicamente inviável.*

Essas lagoas também precisam ser impermeabilizadas (com argila ou manta asfáltica), para se evitar infiltração do líquido para o subsolo.

Transporte – O esterco pode ser transportado do confinamento para a área de estocagem, ou diretamente para a lavoura, de diversas maneiras, dependendo, principalmente, das características do esterco, se sólido ou líquido, do tipo e da quantidade de cama.

O transporte vai depender, também, do tipo de construção, do tipo de topografia, da qualidade da mão-de-obra e do tipo de estocagem. As formas de transporte mais usadas são: por carretas distribuidoras de sólidos, por tanques de vácuo para líquidos, por bombas e por gravidade.

***Nota:** dependendo da inclinação do terreno, o transporte por gravidade pode servir até para esterco semi-sólido e tem a vantagem da economia de equipamentos e de mão-de-obra).*

Estocagem – É necessário um bom sistema de estocagem, para manter a qualidade do esterco e evitar poluição. O tipo de estocagem também deve estar de acordo com as características do esterco, a quantidade de umidade contida, o tipo de confinamento e tipo de terreno.

Em todas as situações, é necessário que se leve em conta o local e o tipo de solo (para se evitar contaminação do solo, das águas superficiais e profundas), a posição e distância em relação às edificações (principalmente com relação à ordenha), direção dos ventos e a legislação vigente. Também é importante a proteção contra queda de pessoas e de animais nos reservatórios, e a facilidade para enchê-los e esvaziá-los.

Tratamento – Os tratamentos utilizados para dejetos bovinos são majoritariamente biológicos. Os principais tratamentos biológicos para esterco de bovinos são lagoas aeróbias, lagoas anaeróbias, digestão anaeróbia e compostagem.

A compostagem é bastante indicada para o esterco sólido, devido à facilidade do manejo. O dejetos a ser compostado normalmente é misturado a

outros materiais que contenham alta concentração de C (carbono). A mistura é disposta em pilhas para ser aeradas, natural ou mecanicamente.

Com esse tipo de compostagem, se consegue uma boa estabilização do material e a conservação dos nutrientes. Esse produto pode ser usado como condicionador do solo e como fonte de nutrientes seguindo-se critérios agrônômicos.

A degradação anaeróbia, com uso de biodigestores, tem sido bastante aplicada recentemente, pela possibilidade de agregação de valor à matriz (utilização do biogás como energia).

O sistema de tratamento com a combinação de lagoas (anaeróbias e aeróbias) também se mostra como alternativa para o produtor que possui limitações de área para disposição do dejetos no solo. Um sistema de separação sólido-líquida é altamente recomendável para evitar o assoreamento (aterramento) das lagoas.

Distribuição – Todo esterco produzido em confinamentos de bovinos é normalmente aplicado no solo. Usando-se técnica adequada a aplicação de esterco no solo tem baixo custo com o benefício do valor fertilizante do dejetos.

O teor de umidade irá determinar o método de aplicação do esterco no solo, podendo ser sólido (concentração maior que 20 %), semilíquido (até 15 % de sólido) ou líquido.

Um novo sistema de manejo

Um novo tipo de manejo de esterco de gado de leite confinado vem sendo desenvolvido pela Embrapa, e consiste num sistema aeróbio, com separação dos sólidos e líquidos, reuso do líquido e aplicação dos efluentes na lavoura.

A proposta do sistema é o dejetos ser separado da parte sólida e da líquida. Após a separação, a parte sólida é levada para a lavoura, para compostagem e posterior incorporação ao solo.

A parte líquida é estocada, aerada e usada para nova lavagem do estábulo, com a repetição do ciclo até a saturação do líquido, quando então é distribuído no solo, como fertilizante.

Na Embrapa Gado de Leite, em Coronel Pacheco, MG, esse sistema já está em funcionamento, num confinamento tipo *free stall*, para 250 animais

adultos. Todo o sistema foi projetado, de forma que os animais defequem e urinem nos corredores, os quais têm forma de uma larga calha, onde ficam todo o esterco, urina e outros dejetos. O piso desses corredores é frisado, com inclinação de 1 % a 3 %, no sentido do fluxo do líquido de lavagem.

O estábulo é lavado com esguichos fixos nas extremidades dos corredores, de maneira a formar uma lâmina d'água que arrasta todo o material depositado, limpando todo o espaço.

A água de lavagem misturada com o esterco é conduzida por gravidade, por meio de canaletes e dutos para um equipamento bastante simples, existente no mercado, que vai fazer o processo de separação entre os sólidos e líquidos.

O tanque é revestido com uma camada de 4 cm de argamassa armada, impermeabilizada. Ao invés de argamassa armada, pode-se empregar, também, como revestimento e impermeabilização, manta de PVC, o que trará ainda maior economia.

Uma bomba elétrica, centrífuga, de rotor aberto, succiona o líquido do fundo do tanque a cerca de dois terços do centro. Esse líquido pode ser bombeado em três direções. Na posição 1, o líquido é levado para lavar os currais. Na posição 2, é injetado novamente no tanque, em cinco pontos ao redor do fundo do tanque.

Esses jatos fazem com que o líquido se movimente, promovendo aeração e agitação. Na posição 3, o líquido vai para irrigação, podendo ser distribuído diretamente no campo por meio de tubo janelado ou de irrigação convencional. Essa operação ocorre sempre que o tanque estiver cheio ou quando houver interesse em fertilizar o solo.

Tratamento de dejetos de suínos

Os principais problemas ambientais associados aos dejetos de suínos são sua alta carga orgânica, nutrientes – N (nitrogênio) e P (fósforo) – e algumas espécies metálicas como por exemplo Cu (cobre) e Zn (zinco) que são incluídas na dieta dos animais.

A concentração dos componentes pode variar largamente em função do sistema de manejo adotado e da quantidade de água e nutrientes em sua composição.

Manejo

No Brasil, a forma mais usual de manejo de dejetos consiste no seu armazenamento em esterqueiras ou em lagoas, e posterior aplicação no solo (KUNZ et al., 2004a).

Desde que corretamente dimensionadas e operadas, as esterqueiras e lagoas são uma opção de baixo custo para produtores com áreas de cultivo suficientes, onde esses resíduos possam ser utilizados como fertilizante orgânico.

Para essa prática, as recomendações agrônômicas devem ser respeitadas, levando-se em conta o balanço de nutrientes, imprescindível para nortear a tomada de decisão e mitigar os impactos ambientais (SEGANFREDO, 1999).

Para esterqueiras, o tempo de armazenamento recomendado para uma certa estabilização da matéria orgânica e inativação de patógenos é por volta de 120 dias.

***Nota:** as legislações estaduais apresentam variações com relação à exigência e período de retenção.*

Durante o armazenamento, o dejetos sofre certa degradação anaeróbia, daí a importância das esterqueiras terem profundidade mínima de 2,5 m. Pode ocorrer, também, liberação de gases responsáveis pela geração de odores, principalmente no verão, onde o aumento da temperatura ambiente favorece a atividade biológica e a volatilização de gases.

Suínos em cama sobreposta

O sistema de criação de suínos em cama sobreposta é uma tecnologia de manejo de dejetos de suínos na fase sólida, onde a cama – constituída de maravalha, serragem ou outros substratos – é utilizada em substituição ao piso convencional, para alocação dos animais (OLIVEIRA; NUNES, 2002). Esse sistema permite a incorporação das fezes e urina do animal diretamente na cama, eliminando o dejetos líquido e diminuindo a geração de odores e a proliferação de moscas.

Outra vantagem do sistema refere-se aos baixos custos de implementação e operacionalização, diminuindo-se a necessidade de estruturas de processos

complementares de tratamento, haja vista que a estabilização do dejetos já se inicia na própria cama e é acelerada pelo revolvimento desta pelos animais.

Para maior difusão da tecnologia, algumas limitações do processo ainda dizem respeito a aspectos envolvendo sanidade animal, principalmente aqueles relacionados ao aparecimento de linfadenite (lesões granulomatosas causadas pelo *Micobacterium* do complexo *avium*). Para que isso seja suprimido ou minimizado, recomenda-se cuidados maiores com fatores de risco presentes nas granjas (OLIVEIRA et al., 2002; AMARAL et al., 2002).

Tratamento com biodigestores

A utilização de biodigestores constitui-se numa tecnologia para gerenciamento dos dejetos de suínos, permitindo a agregação de valor ao resíduo mediante uso do biogás produzido para sistemas de geração de energia e calor (KUNZ et al., 2004b; OLIVEIRA, 2004).

A tecnologia de digestão anaeróbia, na qual são utilizados biodigestores para estabilização de dejetos de suínos, há muito tempo já é conhecida. No entanto, o sistema ainda tem enfrentado algumas limitações, principalmente no que diz respeito ao entendimento por parte dos usuários de alguns aspectos microbiológicos básicos, que são vitais para o bom funcionamento desse sistema, e que nem sempre são seguidos, acarretando perda de eficiência do biodigestor.

O biofertilizante (efluente) gerado no biodigestor não pode ser descartado diretamente nos corpos d'água, pois ainda apresenta alto potencial poluidor (KUNZ et al., 2005). Seu uso agrícola deve seguir os mesmos preceitos de balanço de nutrientes, conforme já discutidos, anteriormente para esterqueiras.

Para se utilizar biogás na propriedade rural, é recomendável que seja feito um planejamento da demanda dessa fonte de energia. Isso se faz necessário para que o biogás seja utilizado de maneira racional, levando-se em conta critérios de demanda e produção que durante o inverno (especialmente no Sul do Brasil) podem se tornar críticos, haja vista que nesse período, a produção é menor e a demanda maior.

Tratamento com lagoas

O sistema de tratamento com lagoas para dejetos de suínos – como alternativa tecnológica – deve contemplar primeiramente uma separação de

fases sólido-líquidas (ex.: decantadores e peneiras), que é fundamental para diminuir o assoreamento do sistema e aumentar sua vida útil.

A eficiência do sistema de separação está diretamente relacionada ao estado de degradação do dejetos (ZHU et al., 2000). Para tanto, sugere-se que este não fique armazenado por período muito longo, aguardando a separação de fases.

A etapa física é seguida por quatro lagoas em série, primeiramente duas anaeróbias, depois uma facultativa e uma lagoa de aguapés (PERDOMO et al., 2003; BELLI FILHO et al., 2001). Esse sistema mostra-se bastante interessante para produtores que dispõem de área para sua implementação e apresenta altas taxas de remoção de matéria orgânica e nutrientes.

Os inconvenientes apresentados por esse sistema estão associados ao seu alto tempo de retenção hidráulico (geralmente maior que 100 dias) e à baixa controlabilidade do processo que pode se tornar crítico durante o inverno, além da área ocupada pelo sistema, que em locais de alto valor das terras pode torná-lo proibitivo.

Compostagem

A compostagem de dejetos líquidos visa a conversão do dejetos a uma matriz sólida, facilitando seu manejo e exportação de áreas com densidade de produção muito alta. Além disso, permite estabilização da matéria orgânica, redução de volume e inativação de organismos patogênicos (ZHU et al., 2004).

A primeira dificuldade para compostagem de dejetos de suínos diz respeito à necessidade de se remover a umidade do dejetos, tipicamente maior que 95 %. Portanto, o manejo do processo deve ser distinto da compostagem convencional, devendo o processo evaporativo ser privilegiado de tal forma que se consiga incorporar grande volume de dejetos no substrato.

Na utilização de maravalha e serragem – para compostagem de dejetos de suínos – têm sido alcançadas relações superiores a 1: 8 (substrato/dejetos) na incorporação do dejetos de suíno a esses substratos (NUNES, 2003). Após a incorporação e a compostagem do dejetos de suíno, o produto final pode ser aplicado no solo, ou exportado para outras regiões, para aproveitamento de seus nutrientes.

A exportação e a comercialização do composto gerado ainda é limitada pela baixa viabilidade econômica. Além disso, compete com outros resíduos, como os da avicultura. Essa limitação é devida à proibição sobre alimentação

de ruminantes com cama de aviário editada em 2001 (IN 15, 17/07/2001, Ministério da Agricultura e Abastecimento). Por isso, é que essa tecnologia deve ser difundida, para que novos mercados sejam abertos, criando-se demanda pelo produto.

Sistemas avançados de tratamento

Nos últimos anos, alguns sistemas de tratamento de dejetos suínos que, funcionam em unidades compactas, a exemplo de lodos ativados, reatores USB, dentre outros – operando com alta eficiência de tratamento – têm sido desenvolvidos (VANOTI et al., 2003; PERDOMO; CAZARRE, 2001; HIGARASHI et al., 2005).

O grande desafio dessas tecnologias é sua popularização envolvendo variáveis econômicas e técnicas que, em muitos casos, ainda têm sido limitantes. A questão cultural também é importante e também precisa ser trabalhada, considerando-se que os produtores geralmente são relutantes em relação à utilização dessas tecnologias.

No entanto, essa etapa deve ser suplantada em tempo hábil, face às mudanças das características dos sistemas produtivos e das exigências da legislação, que passam a requerer o tratamento dos dejetos para diminuir o impacto ambiental da atividade, saindo do modelo atual onde o solo é o principal e, em muitos casos, o único destino do resíduo gerado.

Tratamento de dejetos de aves

Devido ao manejo dos sistemas de produção de aves, os resíduos gerados geralmente são sólidos, na forma de cama (frangos de corte) e semi-sólidos (poedeiras). Esses resíduos apresentam alta carga orgânica e de nutrientes (Tabela 1) e seu destino final tem sido a disposição direta no solo, após rápida estabilização.

Em 2001, com a proibição da alimentação de ruminantes com cama de aviário (IN 15, 17/07/2001, Ministério da Agricultura e Abastecimento), os resíduos da avicultura passaram a constituir um problema, já que essa prática era bastante comum no gerenciamento dos resíduos da avicultura brasileira.

Um problema bastante comum, associado à avicultura, refere-se à geração de amônia ainda dentro do sistema de produção, uma vez que o

ácido úrico é rapidamente convertido em amônia. Isso resulta na volatilização de amônia, que pode alcançar alta concentração na atmosfera do aviário (chegando a 60 mg L⁻¹), principalmente no inverno, quando o sistema está fechado para aumentar o isolamento térmico (MORE, 2002).

No que diz respeito ao tratamento, a compostagem é a alternativa que tem sido mais utilizada pela facilidade de manejo dos resíduos procedentes da avicultura (COLLINS et al., 1999). Os cuidados para uma eficiência no processo são bastante semelhantes aos já discutidos anteriormente.

Por seu alto impacto ambiental, sem considerar apenas a disposição no solo, devem ser feitas pesquisas sobre o tratamento desse tipo de resíduo, principalmente no caso de poedeiras, cuja concentração de nutrientes é bastante elevada e o dejetos é gerado na forma semisólida ou líquida. Além disso, geralmente as granjas produtoras encontram-se próximas a centros urbanos, com oferta de áreas para disposição de dejetos bastante reduzidas.

Considerações finais

Quando o tema tratamento de dejetos animais é abordado, comumente se espera – por parte do setor produtivo – um pacote único que possa ser utilizado para todas as situações. Isso é extremamente difícil de ser alcançado, pois todos os sistemas de tratamento de dejetos animais disponíveis apresentam limitações inerentes aos processos.

Existem ainda grandes desafios a serem superados com relação à mitigação de impactos ambientais dos Spacs como o controle mais eficaz das emissões gasosas e o desenvolvimento e adoção de tecnologias mais eficientes para remoção de nutrientes, metais pesados, antibióticos e patógenos.

Certamente, o caminho a ser trilhado na transferência de muitas tecnologias para remediação desses resíduos ainda é longo. Espera-se que esse processo seja acelerado pela pressão dos mercados consumidores, cada vez mais restritivos, e preocupados com as questões ambientais.

Referências

AMARAL, A. L.; MORÉS, N.; BARIONI JÚNIOR, W.; VENTURA, L.; SILVA, R. A. M.; SILVA, V. S. **Fatores de risco, na fase de crescimento e terminação, associados a linfadenite em suínos.** Concórdia: Suínos e Aves, 2002. 4 p. (Embrapa Suínos e Aves. Comunicado Técnico, 297).

ASAE. American Society of Agricultural Engineers. **Manure production and characteristics**. St. Joseph, MI, 2003. (ASAE. Standards, D384.1).

BELLI FILHO, P.; CASTILHOS JÚNIOR, A. B. de; COSTA, R. H. R. da; SOARES, S. R.; PERDOMO, C. C. Tecnologias para tratamento de dejetos suínos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 5, p. 166-170, 2001.

BITTON, G. **Wastewater microbiology**. New York: Willey-Liss, 1994.

COLLINS, E. R.; BARKER, J. C.; CARR, L. E.; BRODIE, H. L.; MARTIN, J. H. **Poultry waste management handbook**. Ithaca, NY: Natural Resource Agricultural and Engineering, 1999. (NRAES, 132).

HAO, X. Y.; CHANG, C.; LARNEY, F. J. Carbon, nitrogen balances and greenhouse gas emission during cattle feedlot manure composting. **Journal of Environmental Quality**, Madison, v. 33, p. 37-44, 2004.

HIGARASHI, M. M.; OLIVEIRA, P. A. V.; KUNZ, A.; RANGEL, K. A.; MENDES, G. L.; MATEI, R. M. **Avaliação de um sistema compacto para o tratamento de efluentes da suinocultura**. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2005. 28 p. (Embrapa Suínos e Aves. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 5).

KUNZ, A. et al. **Recomendações técnicas para uso de esterqueiras para a armazenagem de dejetos de suínos**. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2004a. 4 p. (Embrapa Suínos e Aves. Comunicado Técnico, 361).

KUNZ, A. et al. Biodigestores: avanços e retrocessos. **Suinocultura Industrial**, Porto Feliz, n. 178, p. 14-16, 2004b.

KUNZ, A. et al. Eficiência de um biodigestor na estabilização de dejetos de suínos durante os meses de inverno no oeste de Santa Catarina. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AMBIENTAL, 23., 2005, Campo Grande. **Anais...** 2005.

KUNZ, A.; PALHARES, J. C. P. Créditos de carbono e suas consequências ambientais. **Suinocultura Industrial**, Porto Feliz, n. 177, p. 14-15, 2004.

LUDKE, J. V.; LUDKE, M. C. M. M. Produção de suínos com ênfase na preservação do ambiente. **Suinocultura Industrial**, Porto Feliz, n. 168, p. 10-12, 2003.

McCROY, D. F.; HOBBS, P. J. Additives to reduce ammonia and odor emissions from livestock wastes: a review. **Journal of Environmental Quality**, Madison, v. 30, p. 345-355, 2001.

MORE, P. A. Best Management practices for poultry manure utilization that enhance agricultural productivity and reduce pollution. In: HATFIELD, J. L.; STEWART, B. A. **Animal Waste Utilization: effective use of manure as a soil resource**. Boca Raton: Lewis, 2002. p. 89-117.

NUNES, M. L. A. **Avaliação de procedimentos operacionais na compostagem de dejetos de suínos**. 2003. 117 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Programa de Pós-graduação em Engenharia Ambiental, Universidade Federal de Santa Catarina.

OLIVEIRA, P. A. V. **Tecnologias para o manejo de resíduos na produção de suínos, manual de boas práticas**. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2004. 109 p.

OLIVEIRA, P. A. V.; DALLA COSTA, O. A.; NUNES, M. L. A.; SANGOI, V. **Modelo de edificação para produção de leitões em cama sobreposta**. Concórdia: Suínos e Aves, 2002. 2 p. (Embrapa Suínos e Aves. Comunicado Técnico, 299).

OLIVEIRA, P. A. V.; NUNES, M. L. A. Sustentabilidade ambiental da suinocultura. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL SOBRE PRODUÇÃO, MERCADO E QUALIDADE DA CARNE DE SUÍNOS, 2002. Concórdia. **Anais...** Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2002. p. 16.

PENZ JUNIOR, A. M. A influência da nutrição na preservação do meio ambiente. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE SUINOCULTURA, 5., 2000, São Paulo. **Anais...** 2003.

PERDOMO, C. C.; CAZARRE, M. **Sistema Dalquim de tratamento de resíduos animais**. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2001, 3 p. (Embrapa Suínos e Aves. Comunicado Técnico, 284).

PERDOMO, C. C et al. **Sistema de tratamento de dejetos de suínos: inventário tecnológico**. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2003. 83 p. (Embrapa Suínos e Aves. Documentos, 85).

PILLON, C. N. et al. **Diagnóstico das propriedades suinícolas da área de abrangência do consórcio Lambari/SC**. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2003. 33 p. (Embrapa Suínos e Aves. Documentos, 84).

SEGANFREDO, M. A. Os dejetos suínos são um fertilizante ou um poluente do solo? **Caderno de Ciência e Tecnologia**, Brasília, v. 16, p. 129-141, 1999.

VANOTTI, M.; RASHASH, D. M. C.; HUNT, P. G. Solid-liquid separation of flushed swine manure with PAM: effect of wastewater strength. **Transactions of the ASAE**, St Joseph, MI, v. 45, p. 1959-1969, 2002.

VANOTTI, M.; HUNT, P. G.; SZOGI, A. A.; HUMENIK, F. B.; MILLNER, P. D.; ELLISON, A. Q. Solids separation, nitrification-denitrification, soluble phosphorus removal, solids processing system. In: NORTH CAROLINA ANIMAL WASTE MANAGEMENT WORKSHOP, 2003, Durhan. **Proceedings...** Raleigh: [Usda], 2003.

ZHANG, R. H.; LEI, F. Chemical treatment of animal manure for solid-liquid separation. **Transactions of the ASAE**, St Joseph. MI, v. 41 p. 1103-1108, 1998.

ZHU, J.; NWSEGWA, P. M.; LUO, A. Changes in swine manure solids during storage may affect separation efficiency. **Applied Engineering in Agriculture**, St. Joseph, MI, v. 16, p. 571-575, 2000.

ZHU, N. DENG, C.; XIONG, Y.; QIAN, H. Performance characteristics of three aeration systems in the swine manure composting. **Bioresource Technology**, New York, v. 95, p. 319-326, 2004.

A stylized logo consisting of four leaf-like shapes arranged in a cross pattern. The top-left leaf is dark grey, the top-right is medium grey, the bottom-left is light grey, and the bottom-right is dark grey.

Capítulo 7

Planejamento do Espaço
Rural por meio da
Microbacia Hidrográfica
e da Propriedade Rural

*Projeto Microbacias em Santa
Catarina e as Mudanças de
Paradigmas da Sociedade*

Osmar Luiz Trombeta

Introdução

A exemplo das outras Unidades da Federação – que obtiveram recursos para financiamento de ações de planejamento e renovação do seu meio rural –, Santa Catarina vem passando por um processo inovador na forma de trabalho no espaço rural. Na década de 1990, com foco voltado somente à questão de conservação de recursos naturais e do meio ambiente, esse estado implementou uma forma nova de ordenar o planejamento e a execução de atividades, estabelecendo como unidade básica para tal, as microbacias hidrográficas.

A partir delas, foram delegados e concentrados trabalhos com visão segmentada, cujas ações eram limitadas ao espaço entre os divisores de água e o talvegue de uma microbacia. Ali, atuando como planejador do ambiente, o extensionista indicava aos produtores as formas como determinadas ações tomadas podiam acabar afetando o equilíbrio entre vizinhos, podendo causar um resultado negativo a ambos, lembrando o velho e oportuno jargão: “é melhor prevenir do que remediar”.

Num segundo momento, alguns anos após o encerramento do projeto inicial, o estado chegou à conclusão de que aquele modelo de planejamento, eminentemente conservacionista, não conseguiu responder às principais questões socioeconômicas que tradicionalmente levam ao uso dos recursos naturais de uma região acima de sua capacidade. Assim, foi proposto e aceito um novo modelo de planejamento das atividades no meio rural, que respondesse de forma mais adequada a essas questões.

Interessado num sistema que proporcionasse essa inclusão social como forma de apoio à redução dos atritos entre as comunidades humanas e o ambiente em que vivem, o Banco Mundial (Bird) centrando o planejamento numa visão holística em direção à sustentabilidade, apoiou a iniciativa, estabelecendo o projeto ora em andamento.

Apesar desse projeto expirar em 2008, convém relatar a experiência da evolução de uma metodologia tradicional, testada por organismos internacionais em diversas partes do mundo, incorporando ao processo uma nova filosofia de trabalho baseada em aspectos sociais, econômicos e ambientais, e que busca agregar o ser humano ao seu ambiente e não antagonizá-lo.

Breve histórico do processo

Em termos ambientais e sociais, a década de 1980 foi uma referência marcante para Santa Catarina, uma vez que de 1983 a 1984 ocorreram grandes enchentes, causando resultados catastróficos. Estudos da FAO apontaram a necessidade premente de programas que visassem o controle das causas básicas dessas enchentes, principalmente dos processos erosivos, com práticas de preservação do solo e das águas nas propriedades rurais. Além disso, levantamentos mostravam que 75 % dos reservatórios de águas do meio rural se encontravam contaminados por dejetos animais e humanos, a maioria resultante de escoamento superficial.

A partir desses elementos, as lideranças técnicas e políticas do estado somaram esforços e obtiveram, junto ao Banco Mundial, apoio financeiro para a execução de um projeto que pudesse dar à família do agricultor catarinense apoio na busca da redução desse preocupante quadro no meio rural. Esse projeto foi denominado Microbacias 1, e executado de 1991 a 1999.

Durante o processo de avaliação final do projeto junto aos agricultores e ao corpo técnico envolvido, verificou-se ainda casos de preocupação com:

- a) Recursos naturais – Baixa qualidade e quantidade insuficiente de água, manejo inadequado do solo e perda de biodiversidade.
- b) Participação social – Atores sociais sem capacitação e sem visão global, e baixas participações nas decisões.
- c) Empobrecimento das famílias rurais – Pequenos valores de produção, exclusão de cadeias produtivas e oferta irregular de produtos pouco diferenciados.
- d) Infra-estrutura insatisfatória nas comunidades rurais.

Assim, se buscou junto ao Bird, apoio financeiro para implantação de um novo projeto, agregando ao foco do trabalho anterior – Conservação dos Recursos Naturais – o cuidado também com a família do pequeno produtor rural, dando respostas às preocupações anteriormente verificadas.

A partir de 10 de maio de 2002, por meio da oficialização efetivada com a assinatura do contrato, e com encerramento previsto para 2008, em todos os seus municípios, Santa Catarina passou a executar o Programa de Apoio ao Pequeno produtor Rural e Recuperação do Meio Ambiente/Prapem, conhecido popularmente como Microbacias 2.

É importante destacar a grande contribuição obtida junto ao Paraná e ao Rio Grande do Sul quando, em momentos distintos, foram executados projetos

semelhantes – Paraná Rural (MB1), Paraná 12 meses e RS Rural (MB2) – que serviram como referência não apenas para a elaboração dos projetos Microbacias 1 e 2, mas também para a execução dos trabalhos em Santa Catarina.

A seguir, é apresentado um resumo dos objetivos, alcances e metas de cada um dos projetos, a fim de expor as diferenças metodológicas, sem prejudicar qual das duas formas pode ser considerada a de maior sucesso. Tabelas comparativas das características e da operacionalização dos dois projetos são apresentadas, respectivamente, nos Anexos 1 e 2.

Perfil de Santa Catarina

Localização

Com uma área de 95.985 km², correspondente a 11,5 % da região e 1,12 % da área total do Brasil, Santa Catarina situa-se na Região Sul. Ao Norte, limita-se com o Paraná, ao Sul com o Rio Grande do Sul, a Leste com o Oceano Atlântico e a Oeste, com a Argentina.

De topografia predominantemente acidentada, segundo a metodologia de classificação de aptidão de uso dos solos adaptada para aquele estado – onde as limitações para uso aumentam conforme o crescimento numérico das classes – apresenta a seguinte distribuição: 5,82 % da sua área como Classe 1; 20,24 % de Classe 2; 41,65 % de Classe 3; 27,56 % de Classe 4; e 4,73 % de Classe 5 (UBERTI, 1991; SANTA CATARINA, 1994).

Com população das mais diversas origens étnicas, nos últimos anos, Santa Catarina apresentou a seguinte variação populacional (Tabela 1).

Tabela 1. População rural, urbana e total de Santa Catarina de 1980 a 2010*.

Ano	População (em mil pessoas)		
	Rural	Urbana	Total
1980	1.474	2.154	3.628
1991	1.334	3.208	4.542
1996	1.310	3.565	4.875
2000	1.138	4.218	5.356
2010*	1.125	4.971	6.096

* Estimativa Instituto Cepa (1988).

Fonte: IBGE. (INSTITUTO CEPA, 1988).

Ocupação do território

Nos séculos 17 e 18, o povoamento de Santa Catarina, pelos portugueses, resultou na formação de pequenas propriedades agrupadas em menos de 1 dezena de núcleos numa estreita faixa litorânea. Ainda durante esses séculos, o Planalto Central foi ocupado por criadores de gado paulistas, dando origem a grandes propriedades, dada a natureza extensiva da criação e a baixa fertilidade dos solos.

Em meados do século 19, a colonização européia passou a reproduzir nas bacias litorâneas o sistema europeu de propriedades com policultura, criação e mão-de-obra familiar. No século 20, desde as primeiras décadas até a década de 1960, ocorreu a ocupação do oeste catarinense por imigrantes de descendência européia, vindos do Rio Grande do Sul.

Com a expansão das fronteiras agrícolas, a fertilidade natural dos solos foi gradativamente sendo exaurida. Primeiro, foi a derrubada da mata nativa, em seguida a queimada, para dar lugar ao plantio de culturas anuais. Com a acentuada declividade do terreno, a degradação dos solos agravou-se, tornando-se predominante em quase todo o estado.

Estrutura fundiária

Segundo o Índice de Gini (0,676), Santa Catarina apresenta um dos menores índices de concentração de posse da terra, quando comparado com o índice nacional (0,859), em 1980. Outra característica é a predominância de propriedades com menos de 50,0 ha, sendo 90,2 % dos 235.361 estabelecimentos existentes em 1985, representando um total de 40,7 % do total da área do estado. Desse total, 76,7 % eram proprietários, 7,0 % arrendatários, 7,3 % parceiros e 9,0 % ocupantes.

Já em 1995, segundo o Instituto Cepa/SC, dos 203.347 estabelecimentos agrícolas existentes, 182.378 possuíam área máxima de 50,0 ha, o que representa 89,68 % do total, ocorrendo ainda 16.705 estabelecimentos com área entre 50,1 e 200 ha e apenas 4.154 propriedades com área acima de 200 ha.

Degradação das terras

Tendo como característica a exploração territorial em pequenas propriedades, que obriga o uso intensivo da terra – associada à ocupação

desordenada e à falta de informações – pode-se afirmar que o processo de degradação das terras em Santa Catarina teve início a partir de sua colonização, quando os novos ocupantes buscaram suprir suas necessidades e anseios imediatos com a ocupação indiscriminada e sem critérios.

Esse processo de degradação teve como principais causas: desmatamento, utilização de práticas inadequadas às condições topográficas, contaminação do meio ambiente por dejetos e agroquímicos, e a inexistência de capacitação gerencial dos produtores rurais.

Bacias hidrográficas

Santa Catarina possui uma rede hidrográfica representada por dois sistemas independentes de drenagem, sendo a Serra Geral, que corta o estado no sentido Norte–Sul – grande divisor das águas drenadas para o Rio Uruguai e o Rio Iguaçu (vertente do interior, situada a Oeste e ao Norte) – e as águas que deságuam diretamente no Oceano Atlântico – vertente do Atlântico, situada a Leste (SANTA CATARINA, 1997). Santa Catarina possui quatro bacias hidrográficas que integram o sistema de drenagem da vertente do interior – correspondendo a 63 % da área do estado – e cinco no sistema da vertente do Atlântico, que representa 37 % do território catarinense (Fig. 1).

Projeto Microbacias 1

Objetivo

De 1991 a 1999, foi executado o Projeto de Recuperação, Conservação e Manejo dos Recursos Naturais em Microbacias Hidrográficas, desde então denominado de Microbacias 1, cujo objetivo foi o de introduzir práticas modernas, adequadas e integradas à realidade rural, visando à conservação do solo e da água. O foco principal desse projeto foi o meio ambiente e os recursos naturais do estado.

Premissa

Estudos prévios definiram que a referência para execução dos trabalhos seria a microbacia hidrográfica, unidade física onde, de forma conjunta,

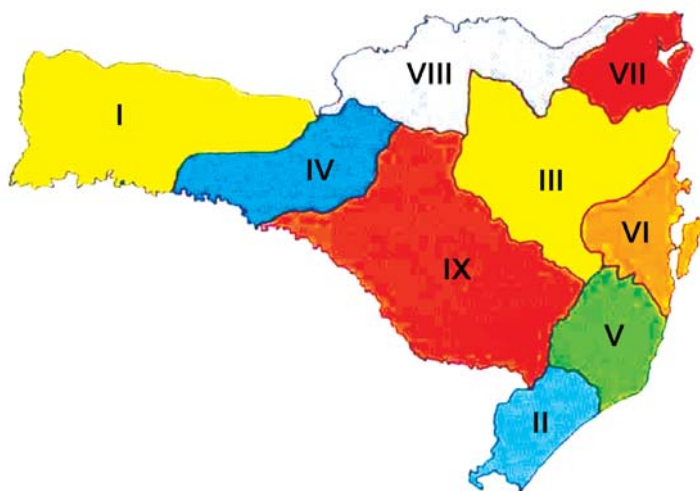


Fig. 1. Bacias hidrográficas de Santa Catarina. I – Chapecó/Irani/Antas/Peperi-Guaçu; II – Araranguá/Mampituba/Urussanga; III – Itajaí; IV – Jacutinga/Peixe; V – Tubarão/D’una; VI – Tijucas/Cubatão/Madre; VII – Cubatão/Itapocu; VIII – Iguaçu; IX – Canoas/Pelotas.

Fonte: Instituto Cepa (1988).

técnicos e agricultores poderiam fazer o planejamento adequado e a implantação e execução das ações de forma coletiva ou individual.

Abrangência

O Projeto Microbacias 1 destinou apoio financeiro para as atividades de conservação do solo e da água em 520 microbacias, representando aproximadamente 30 % das existentes, selecionadas nas 9 bacias hidrográficas existentes no estado.

Essas microbacias ocupavam uma área de 1,8 milhão de hectares, correspondendo a 25 % das áreas agricultáveis do estado, distribuídos em 143 municípios, sendo sua priorização baseada nos seguintes critérios:

- a) Importância econômica atual e potencial.
- b) Suscetibilidade à erosão hídrica.
- c) Importância como fonte de abastecimento de água para o meio urbano.

e) Intervenção da população, cobertura florestal, poluição ambiental e rebanho animal. Para cada critério, as faixas de pontuações são apresentadas na Tabela 2 (SANTA CATARINA, 1998).

A partir do somatório da pontuação apresentada em cada critério, foi afinada a ordem de prioridade de atendimento das bacias e subbacias pelo Projeto Microbacias 1, bem como o respectivo número de microbacias hidrográficas a serem trabalhadas em cada uma delas (Tabelas 3 e 4). As 520 microbacias selecionadas localizavam-se em 143 municípios.

Tabela 2. Critérios e pontuações utilizados para seleção das bacias e subbacias hidrográficas a serem trabalhadas no Projeto Microbacias I.

I. Importância da Bacia	10 – 90
Habitantes por quilômetro quadrado	4 – 36
Área cultivada com culturas anuais	4 – 36
Área irrigada	2 – 18
II. Erosão	9 – 81
Solo dominante (susceptibilidade à erosão)	4 – 36
Área de lavoura descoberta no inverno	2 – 18
Área de lavoura descoberta no verão	1 – 9
Precipitação pluvial	1 – 9
III. Intervenção da população rural	8 – 72
Cobertura florestal / Área total da bacia %	4 – 36
População rural economicamente ativa/1000 ha	4 – 36
IV. Poluição	6 – 54
Rebanho suíno	2 – 18
Capacidade de abate das indústrias	2 – 18
Indústrias de papel e celulose	1 – 9
Indústrias de mineração	1 – 9

Fonte: Santa Catarina (1999).

Público

O Projeto Microbacias 1 teve como meta beneficiar, de forma direta ou indireta, individual ou grupal, 81.000 famílias rurais, das quais 90 % de pequenos agricultores, representando cerca de 31 % das famílias de agricultores do estado.

Tabela 3. Pontuações das bacias e subbacias hidrográficas em cada critério para priorização do trabalho e respectiva soma.

Bacia ou subbacia	Critério				
	I	II	III	IV	Total
Chapecó/Irani/Antas/Peperi-Guaçu	56	68	72	38	234
Araranguá/Mampituba/Urussanga	70	57	60	35	222
Itajaí	70	66	40	41	217
Jacutinga/Peixe	38	48	36	42	164
Tubarão/D'una	52	32	60	10	154
Tijucas/Cubatão/Madre	50	28	32	19	129
Cubatão/Itapocu	56	27	20	22	125
Iguaçu	36	41	16	30	123
Canoas/Pelotas	22	38	24	24	108

Fonte: Santa Catarina (1999).

Tabela 4. Ordem de prioridade das bacias e subbacias para atendimento pelo Projeto Microbacias 1, com o respectivo número de microbacias hidrográficas trabalhadas.

Bacia ou subbacia	Número de microbacias	
	Total	Projeto
1. Chapecó/Irani/Antas/Peperi-Guaçu	412	184
2. Araranguá/Mampituba/Urussanga	81	36
3. Itajaí	349	112
4. Jacutinga/Peixe	200	60
5. Tubarão/D'una	172	40
6. Tijucas/Cubatão/Madre	137	28
7. Cubatão/Itapocu	61	12
8. Iguaçu	110	20
9. Canoas/Pelotas	161	28
Total	1.683	520

Fonte: Santa Catarina (1999).

Embora o público prioritário tenha sido composto por pequenos agricultores que desenvolviam as atividades em regime de agricultura familiar, não houve restrição alguma para que os demais agricultores residentes nas microbacias participassem das atividades.

Os fatores que definiram quem poderia ser beneficiado com o Projeto Microbacias 1 foram a situação e as necessidades encontradas em cada propriedade. As principais ações implementadas pelo Projeto foram:

- a) Pesquisa agrícola voltada à cobertura e estrutura do solo.
- b) Monitoramento do uso dos solos promovendo o planejamento de utilização.
- c) Assistência técnica e extensão rural, visando apoio técnico para execução do planejado.
- d) Obras de controle a erosão, ao longo das estradas.
- e) Desenvolvimento florestal, por meio da implantação de áreas florestais tanto comerciais quanto conservacionistas.
- f) Capacitação por meio de cursos e treinamentos.
- g) Apoio financeiro para investimentos em conservação do solo na propriedade (Prosolo).

Implantação e condução

A implantação do Projeto Microbacias 1, em todos os níveis, precedeu a sua execução, uma vez que, antes das atividades serem executadas na comunidade ou na propriedade, havia a necessidade do envolvimento e do apoio de diversos segmentos ligados ao meio rural. Para execução desse trabalho, o Projeto Microbacias 1 dispunha de estrutura estadual (Secretaria-Executiva), a qual era assessorada por um gerente regional (Fig. 2).

No estado

Nos 143 municípios que participaram do Projeto Microbacias 1, a ordem de início dos trabalhos foi definida pela equipe técnica da Secretaria de Estado do Desenvolvimento Rural e Agricultura, e empresas vinculadas, tendo como base a realidade agrícola municipal e os levantamentos disponíveis sobre a situação de cada um. Isso possibilitou a identificação dos municípios com maior urgência na execução dos trabalhos, sendo que os primeiros 70 tiveram seus trabalhos iniciados em 1991 e os 73 restantes em 1992.

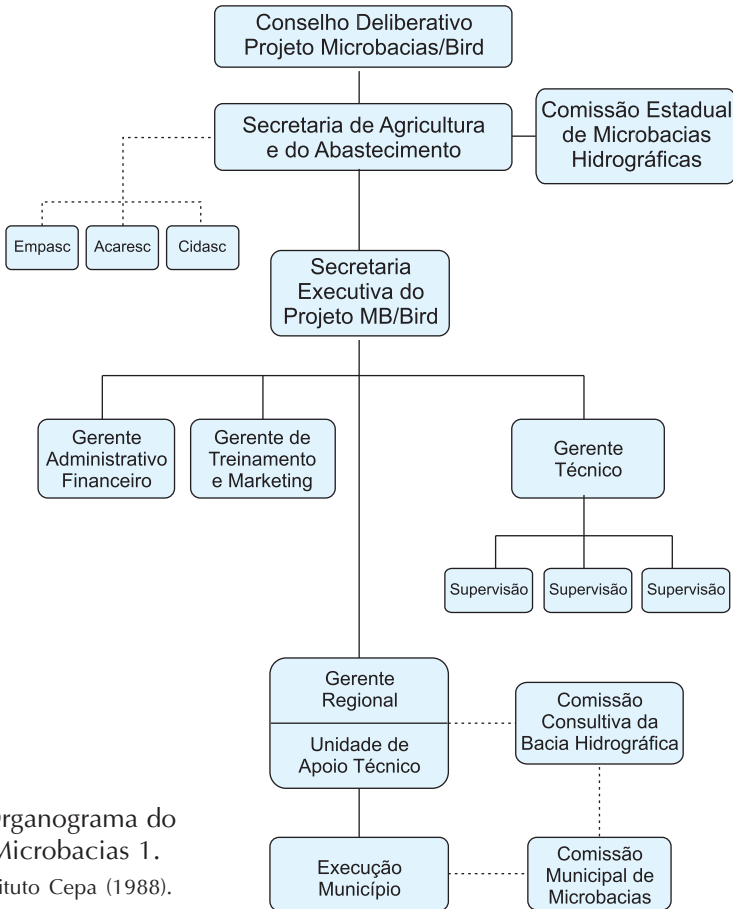


Fig. 2. Organograma do Projeto Microbacias 1.

Fonte: Instituto Cepa (1988).

Em Santa Catarina, a implantação obedeceu ao sistema de regionalização administrativa da Epagri Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina, havendo em cada uma das regiões – ou agrupamento de duas regiões – um profissional de nível superior do seu quadro para ocupar a coordenação dos trabalhos, na função de Gerente Regional do Projeto Microbacias (GRM).

Nos municípios

Definida a ordem de início dos trabalhos nos municípios, seguiu-se a seguinte estratégia:

- Reunião do GRM com a equipe local da Epagri e técnicos designados pelas Prefeituras¹, tendo como objetivo promover a discussão sobre a realidade municipal, sua inclusão como beneficiário do Projeto Microbacias 1, benefícios e compromissos da equipe municipal, além de planejar quais seriam as ações desenvolvidas a partir desse momento.
- Visita ao prefeito, informando sobre a inclusão do município no Projeto Microbacias 1 e esclarecendo sobre seus objetivos, sobre os benefícios aos agricultores, a participação da prefeitura como parceira e sobre os possíveis impactos sociais e, principalmente, ambientais a partir da implementação do Projeto Microbacias 1.
- Por intermédio do seu prefeito, ao aceitar a proposta de trabalho, o município assinava com a Secretaria de Estado do Desenvolvimento Rural e Agricultura um convênio guarda-chuva de participação no Projeto Microbacias 1, permitindo que os agricultores residentes na(s) microbacia(s) trabalhada(s), recebessem o apoio financeiro quando previsto no plano da microbacia.
- Com base em cartas topográficas, e confirmado o interesse do município, o GRM e a equipe local procedia a setorização do município em microbacias. Além da localização das comunidades rurais, a rede hídrica também foi considerada como fator determinante, bem como, o número de famílias existentes, o qual deveria estar próximo de 156 em cada microbacia.
- Com base nessas informações e no diagnóstico rápido participativo aplicado em cada uma das comunidades das microbacias setORIZADAS, efetuava-se a priorização para efeito de execução do Projeto Microbacias 1, uma vez que nem todas as microbacias do município seriam trabalhadas. No diagnóstico, os aspectos levantados foram a área total e a declividade média da microbacia, situação do manejo do solo, uso e proteção das águas, saneamento básico e manejo dos dejetos humanos, rebanho animal e manejo de seus dejetos, manejo das culturas, uso de agrotóxicos, reflorestamento conservacionista e comercial, e da organização dos agricultores. O processo para se obter informações consistia na visita a um produtor considerado líder local, o qual prestava

¹ Nos municípios onde a Epagri não dispunha de equipe, o técnico disponibilizado pela prefeitura era o único executor do trabalho; em outros, apoiava a equipe local da Epagri.

informações sobre sua propriedade e dos vizinhos, isto é, em cada visita a equipe técnica obtinha informações sobre cinco ou seis propriedades próximas.

- As informações eram agrupadas por comunidades e, a partir do seu somatório, obtinha-se a realidade de cada uma das microbacias. Em seguida, eram atribuídas pontuações específicas para cada item pesquisado, utilizando-se os mesmos critérios da priorização das bacias, e a partir da sua totalização se obtinha a pontuação final da microbacia. Assim, as microbacias do município eram ordenadas, considerando-se que as que recebiam pontuação final maior apresentariam maiores problemas ambientais.
- A etapa seguinte consistia na apresentação ao conselho ou Comissão Municipal de Agricultura (CMA)². Em reunião específica, o primeiro momento era destinado à apresentação dos objetivos, metas e encaminhamentos do Projeto Microbacias 1. Em seguida, se buscava informações junto aos agricultores e apresentados os resultados obtidos.
- Considerando os dados apresentados e o conhecimento dos seus membros sobre a realidade das comunidades, o Conselho Municipal de Agricultura deliberava sobre a ordem de prioridade de todas as microbacias setorizadas no município. Com esse procedimento – no caso de não haver interesse na execução do trabalho na microbacia com maior índice –, a equipe local estava autorizada a seguir para a próxima, sem nova consulta ao conselho.

Nas microbacias

Definida pelo Conselho Municipal a seqüência das microbacias a serem trabalhadas, sempre em acordo com a GRM, as equipes locais implementavam a seguinte estratégia:

- Visita aos líderes das comunidades das microbacias priorizadas, prestando informações sobre o Projeto Microbacias 1 e buscando destes apoio para difusão das informações e mobilização dos demais moradores para as reuniões que seriam realizadas a partir da data definida entre essas lideranças e a equipe.

² Órgão oficial constituído nos municípios, com representação dos agricultores e de todos os segmentos ligados diretamente ao setor agrícola, sendo que 50 % mais 1 % devem ser agricultores ou representantes de suas entidades.

- Realização de reuniões em cada uma das comunidades que faziam parte da microbacia priorizada, para expor o como e o porquê da seleção e detalhar o Projeto Microbacias 1 (apresentação dos objetivos, propostas, metas e métodos de trabalho). No final de cada uma das reuniões, os agricultores que demonstrassem interesse em participar assinavam um documento chamado “Lista de Adesão”. Para os agricultores que permaneciam com dúvidas ou que não estavam presentes à reunião, a lista permanecia com as lideranças comunitárias para posterior adesão.
- Havendo manifestação positiva de mais de 70 % dos moradores da microbacia, o Projeto Microbacias 1 era considerado como aceito, sendo informado à Secretaria-Executiva Estadual, para que procedesse aos encaminhamentos necessários. As listas que comprovavam a adesão mínima, juntamente com a *Ata do Conselho Municipal de Agricultura*, a qual definia a priorização, se constituíam nos documentos de oficialização.

Execução

Priorizadas as microbacias, passava-se à execução do Projeto Microbacias 1:

- O primeiro passo após a oficialização da implantação foi a elaboração do Plano de Manejo da Microbacia³, documento que direcionava as ações de ordem macro a serem desenvolvidas, ou seja, um plano “guarda-chuva”. Esse plano se originou de informações obtidas junto aos agricultores (nos diagnósticos rápidos participativos), líderes rurais, Epagri, Secretaria Municipal da Agricultura, cooperativas, sindicatos e demais entidades ligadas ao meio rural, os quais forneceram subsídios sobre as necessidades existentes, visando reduzir os problemas ambientais nas comunidades e na microbacia. Nesse plano, além da identificação das ações, ficava definido quem seria(m) o(s) responsáveis pela execução, o tempo necessário e a previsão de recursos financeiros.
- Tendo em vista que cada propriedade rural apresentava uma realidade distinta e necessidades diferentes, para ter acesso ao apoio financeiro,

³ Embora o tempo de duração do apoio financeiro e o tempo de permanência da equipe técnica em cada microbacia fosse de 2 anos, esse plano poderia prever um período de execução maior, isto é, não havia a necessidade de coincidir a vigência do plano de manejo da microbacia com a duração do projeto.

cada produtor deveria ser obrigatoriamente visitado pela equipe técnica e ter elaborado o Planejamento Individual da Propriedade (PIP).

A elaboração do PIP era efetuada da seguinte forma:

- A equipe técnica visita a propriedade e entrevista a família, para levantar dados sobre o uso atual das áreas plantadas, rebanho, manejo do solo, reflorestamento, manejo de dejetos, saneamento ambiental, água, adoção de práticas conservacionistas e investimentos previstos.
- Elaboração de croqui com localização das glebas existentes, bem como seu uso; em cada gleba, também eram determinados os fatores fertilidade, pedregosidade, profundidade efetiva, drenagem e suscetibilidade à erosão (Fig. 3a).
- De posse das informações de campo, a equipe técnica analisava a situação e elaborava as recomendações técnicas necessárias para cada uma das glebas e um cronograma dos possíveis investimentos para os quatro anos seguintes, com indicação de quando e por quanto realizar, além dos recursos necessários.
- Essa proposta era apresentada para a família, promovendo-se uma discussão sobre o conteúdo e ajustando-se a proposta com as condições dos agricultores (uma vez que também contemplava o uso de recursos próprios) e definindo quais os meios e prazos para execução, isto é, ajustando o planejamento à possibilidade efetiva de execução. Essa proposta se constituía no *Planejamento Individual da Propriedade – PIP* (Fig. 3b).
- Definidas as ações que seriam realizadas em cada propriedade, o processo de execução era acompanhado e orientado pela equipe local, sendo que o agricultor recebia o apoio financeiro para algumas atividades, por meio de reembolso de uma parte do valor gasto (geralmente 50 %) após executada a ação planejada e comprovado o seu pagamento.

Metodologia de trabalho

Na execução das ações programadas no PIP, a metodologia aplicada foi a tradicionalmente utilizada pelo Serviço de Extensão Rural, uma vez que

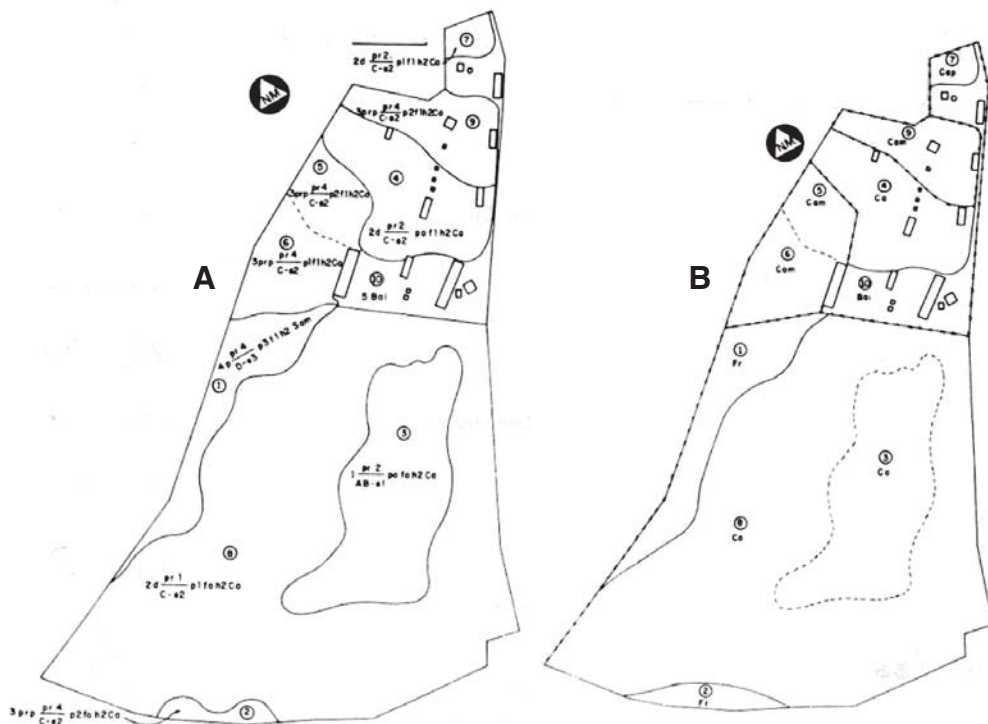


Fig. 3. Croqui da propriedade, considerando-se o uso atual (A), e o planejamento individual da propriedade – PIP (B).

Fonte: Pundeck (1994).

os profissionais disponibilizados pelas prefeituras também receberam capacitação na mesma linha de trabalho. Essa metodologia envolvia ações de atendimento individual (visitas, contatos e entrevistas) e grupais (reuniões, seminários, treinamentos, cursos, palestras, excursões, dias de campo e cursos profissionalizantes).

Comissões

Em todos os níveis de execução foram criadas comissões cujo papel principal foi o consultivo, com análises periódicas sobre o andamento do trabalho e seus resultados. Essas comissões eram formadas por agricultores e empresas ligadas ao setor agrícola, com representação paritária.

Principais resultados e impactos econômicos

- Contribuiu para o aumento da produtividade das principais culturas na área de abrangência do Projeto Microbacias 1, conforme estudo comparativo da avaliação *ex-ante* (1991) e *ex-post* (1998), como se pode observar na Tabela 5 (SANTA CATARINA, 1998).
- Proporcionou um acréscimo na produção de leite (litro/vaca/ano), passando de 1.078 L em 1991; para 1.473 L em 1998.
- Manteve a renda da propriedade rural, conforme Tabela 5, mesmo considerando a influência negativa de fatores externos às comunidades.

Tabela 5. Rendimento (kg/ha) das principais culturas na área de abrangência do Projeto Microbacias 1 no seu início (1991) e ao seu final (1998).

Cultura	Início (1991)	Final (1999)	Incremento (%)
Milho	2.549	3.750	47
Soja	1.489	2.726	83
Trigo	1.166	2.125	82
Cebola	5.719	10.548	84
Feijão	979	893	(-9)
Fumo	2.004	1.366	(-32)

Fonte: Instituto Cepa (1999).

• Os sistemas de manejo sob plantio direto (Fig. 4) e cultivo mínimo, ações de conservação do solo priorizadas pelo Projeto Microbacias 1, foram utilizados numa área de aproximadamente 500.000 ha dentro das microbacias e de 880.000 ha no total do estado ao final do período. Numa análise comparativa entre o plantio direto e o sistema convencional de manejo do solo em sistemas de lavouras de Santa Catarina, entre outros resultados, evidenciou-se a vantagem da utilização do primeiro por apresentar maior margem operacional líquida em todas as situações estudadas (Tabela 6).

• A melhoria e a adequação das estradas, feitas pelo componente de controle de erosão ao longo das estradas rurais, proporcionou para as prefeituras municipais uma economia de até 80 % nos custos de manutenção desses trechos. Em muitas microbacias, essa ação também



Fotos: Osmar Luiz Trombeta

Fig. 4. Plantadeira de tração animal para plantio direto, adquirida com apoio do Projeto Microbacias 1, e lavoura manejada sob plantio direto numa microbacia.

Tabela 6. Renda do agricultor (US\$) analisada no início (1991), no meio (1995) e no final (1998) do período de execução do Projeto Microbacias 1.

Cultura	1991	1995	1998
Renda bruta	25,029	24,399	25,613
Custo de produção	11,406	10,664	13,319

Fonte: Instituto Cepa (1999).

viabilizou a abertura de novas linhas de leite e oportunizou parcerias de integração entre produtores e agroindústrias de suínos e aves, proporcionando mais uma alternativa de renda aos produtores.

- Com a evolução dos sistemas de plantio direto e cultivo mínimo, desenvolveu-se no estado uma nova atividade industrial, visando a fabricação e a adaptação de máquinas para esses sistemas (Tabela 7). Essa indústria voltada ao manejo conservacionista do solo faturava, ao final do período de execução do projeto (1999), cerca de US\$ 4,0 milhões anuais e gerava mais de 200 empregos diretos.

- O monitoramento das águas executado na microbacia Lajeado São José (Chapecó, SC), no local de captação para abastecimento urbano, indicou diminuição do uso de sulfato de alumínio de 28 g/m³ em 1991–1992 para uma média de 15 g/m³ em 1996, reduzindo em torno de R\$ 1.800,00 no tratamento de aproximadamente 675.000 m³ de água por mês.

Tabela 7. Análise comparativa entre o plantio direto e o sistema convencional de manejo do solo em sistemas de lavouras, na área de atuação do Projeto Microbacias 1.

Cultura, tipo de mecanização e sistema de manejo	Margem operacional líquida (R\$/ha)	Variação (%)
Milho – Tração mecânica		
Plantio convencional	255,07	63
Plantio direto	416,23	
Soja – Tração mecânica		
Plantio convencional	179,38	67
Plantio direto	300,34	
Milho – Tração animal		
Plantio convencional	74,81	164
Plantio direto	197,46	
Feijão – Tração animal		
Plantio convencional	492,82	89
Plantio direto	933,57	
Cebola – Microtrator		
Plantio convencional	1.702,63	58
Plantio direto	2.694,79	

Fonte: Instituto Cepa (1999).

Principais resultados e impactos sociais

Os impactos sociais foram verificados, qualitativamente, pelo grau de satisfação demonstrado nos depoimentos das famílias rurais e pela percepção dos avaliadores, tendo o Projeto Microbacias 1 relevante participação na melhoria da qualidade de vida da população rural por meio de ações como (INSTITUTO CEPA, 1999):

- Proporcionou uma condição para o exercício da cooperação entre produtores, com a formação de grupos para aquisição de máquinas e por meio da organização de comissões de microbacias (Fig. 5).
- Melhorou o conforto das famílias e favoreceu as condições de higiene e de saúde, por meio de incentivo à construção de instalações sanitárias e de proteção de fontes, refletindo-se na melhoria na qualidade de água.



Fotos: Osmar Luiz Trombeta

Fig. 5. Organização dos produtores na forma de comissão de microbacia, para discussão das prioridades e planejamento das ações.

- A melhoria das estradas possibilitou a trafegabilidade em qualquer época do ano, permitindo o deslocamento das pessoas na busca de serviços urbanos, a participação e a integração das pessoas nas atividades religiosas e a regularidade nos serviços de transporte de passageiros e de estudantes.
- As tecnologias preconizadas, como o plantio direto e o cultivo mínimo, facilitaram as operações de preparo do solo e plantio, humanizando o trabalho dos agricultores.
- A utilização de formas corretas de armazenamento, de uso e de manejo de dejetos animais e de agrotóxicos, contribuíram para a melhoria da qualidade de vida da população rural, menor incidência de insetos e melhoria da paisagem das propriedades.
- A melhoria de renda dos agricultores permitiu a realização de investimentos na infra-estrutura das propriedades e possibilitou melhores condições de acesso à educação, à saúde e ao lazer.
- Socializou, junto às famílias, o conhecimento de ações tanto para a produção agropecuária como para as questões ambientais.

Principais resultados e impactos ambientais

- Na percepção dos agricultores, o processo de erosão nas terras – com diferentes atividades de culturas e de criações – era inexistente ou imperceptível em 26,8 % das propriedades em 1991 e passou para 59,2% em 1998.
- Dados de monitoramento hídrico feito na Microbacia do Lajeado São José (Chapecó, SC) durante todo o período de execução do Projeto Microbacias 1, demonstraram uma redução de perda total de sedimentos em 21 %, confirmando a redução do processo erosivo nas propriedades rurais. Na mesma microbacia, o acompanhamento das análises indicaram uma redução de 68,2 % na concentração total de coliformes fecais (NMP/100 mL) na água.
- Incentivou as ações para definir e implantar a legislação sobre o Ordenamento e Licenciamento Ambiental da Piscicultura em Santa Catarina.
- Contribuiu para reduzir a poluição das águas, melhorando as condições do saneamento ambiental, sendo que na vigência do Projeto Microbacias 1, houve aumento de 29 pontos percentuais no número de propriedades que construíram fossa séptica e diminuiu em 19 e 10 pontos percentuais a utilização de fossa negra e deságüe de efluentes em cursos d'água, respectivamente.
- Promoveu forte mudança para que fosse dado um destino adequado aos dejetos de animais (principalmente de suínos), com a construção de 8.400 esterqueiras na área do Projeto Microbacias 1, possibilitando o correto manejo de aproximadamente 1 milhão de metros cúbicos de dejetos com a distribuição dos dejetos na lavoura, com equipamento adquirido com apoio do projeto (Fig. 6).
- O percentual de propriedades que amontoavam o esterco a céu aberto, com possibilidade de escoamento para dentro dos mananciais, reduziu de 48,8 % em 1991, para 23,4 % em 1998.
- Incentivou ações e atitudes visando o correto manejo (tríplice lavagem) e destino das embalagens de agrotóxicos, sendo que no período o percentual de produtores que passou a utilizar depósitos de lixo tóxico aumentou de 10,4 % para 22,8 %; também ocorreu uma queda do percentual de agricultores que abastecia e limpava os pulverizadores em rios e riachos.

Foto: propriedade do Escritório Municipal da Epagri de Ibiracare



Foto: Escritório Municipal da Epagri de Salto Veloso

Fig. 6. Manejo adequado dos dejetos animais, com a distribuição dos dejetos nas lavouras, após fermentação em bioesterqueira.

- O mapeamento e planejamento de uso do solo estabeleceram uma caracterização dos aspectos físicos, bioclimáticos e socioeconômicos das microbacias, disponibilizando as informações para o planejamento do espaço rural considerando sua aptidão.
- Estimulou a constituição do Conselho Intermunicipal para a implantação do Parque Estadual da Serra do Tabuleiro, com atuação fundamental para a efetiva implantação dessa mais importante unidade de conservação do Estado, e de mais rica biodiversidade.
- Incentivou a criação da Comissão Interinstitucional de Educação Ambiental, que elaborou e executou um Programa de Educação Ambiental, além de formar um grupo de 40 monitores, oriundos de 9 municípios com áreas integrantes do parque, que passaram a atuar como orientadores e instrutores de cursos na área ambiental.

Projeto Microbacias 2

Objetivo

O Projeto de Recuperação Ambiental e de Apoio às Famílias Rurais – (Prapem/Microbacias 2), doravante denominado de Microbacias 2, tem por objetivo contribuir para a melhoria da qualidade de vida da população rural de Santa Catarina, apoiando o manejo adequado dos recursos naturais e o aumento da renda, estimulando maior participação no planejamento, na gestão e na execução das ações e a melhoria da infra-estrutura e dos serviços.

Premissas

Quando definida a execução do Microbacias 2, ficou ajustado que a unidade física de planejamento, implantação e execução das ações de forma individual, grupal ou coletiva (estas duas preferencialmente) seria a microbacia ou eventualmente parte dela (área de trabalho), pois nessa área se encontram bem definidas as relações de semelhança nas atividades desenvolvidas bem como na organização social.

Outro elemento básico na definição do Microbacias 2 foi a organização dos beneficiários numa forma que possibilitasse a todos os moradores a efetiva participação em todos os seus níveis, o que foi conseguido por meio da constituição de Associações de Desenvolvimento das Microbacias (ADM).

Além do aspecto organizacional, os agricultores representados – por uma entidade legalmente constituída – teriam a possibilidade de gerenciar recursos e estabelecer parcerias, aspecto que seria inviável individualmente.

Abrangência

O Microbacias 2 teve início em 2002, e será desenvolvido durante 6 anos em todo o estado, englobando 936 microbacias hidrográficas, o que representa 55 % das existentes em Santa Catarina, beneficiando diretamente 105 mil famílias rurais.

Público

Como o projeto apresenta não apenas caráter técnico, mas também social e econômico, ficou definido que o público prioritário será aquele com menor renda no meio rural, quais sejam:

- **Agricultores familiares I** – Famílias cujo valor agregado à produção é de até um salário mínimo mensal, por pessoa ocupada).
- **Agricultores familiares II** – Famílias cujo valor agregado à produção varia entre 1 e 2 salários mínimos mensais, por pessoa ocupada).
- Populações indígenas.
- Empregados na atividade agrícola.

Implantação

A implantação do Microbacias 2 ocorreu seguindo critérios definidos em comum acordo entre o Estado de Santa Catarina e o Banco Mundial (Bird), que é o agente de apoio financeiro (SANTA CATARINA, 2002).

Para a condução dos trabalhos, o projeto apresenta-se estruturado em nível estadual, regional, municipal e local conforme mostra a Fig. 7.

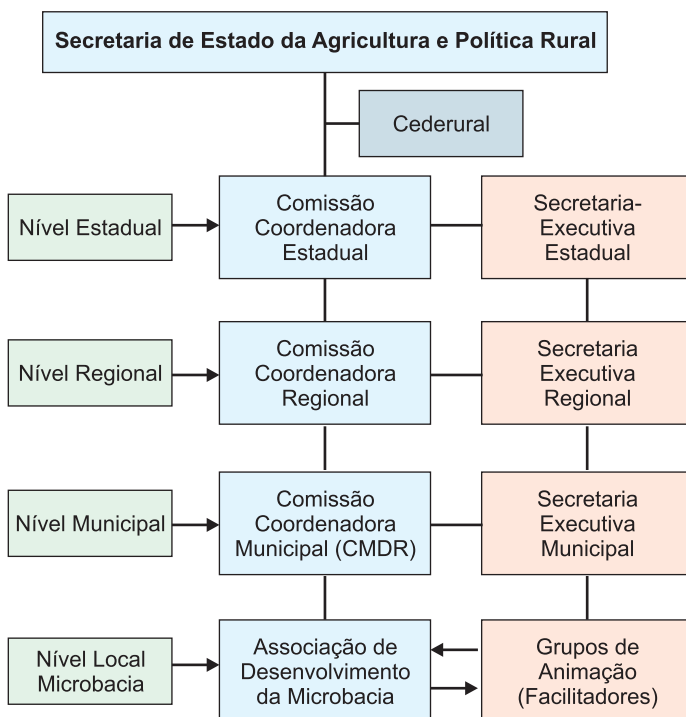


Fig. 7. Organograma funcional do Projeto Microbacias 2 (SANTA CATARINA, 2004).

No estado

Em cada município, os critérios para inclusão de microbacias foram definidos levando-se em conta a realidade socioeconômica e ambiental de cada um deles, sendo atribuído peso de 0,6 e 0,4, respectivamente, para cada aspecto.

Os aspectos socioeconômicos analisados foram:

- Renda por pessoa ocupada.
- Quantidade de jovens.
- Existência de indígenas.
- Quantidade de residências consideradas em estado ruim na microbacia.

Já os aspectos ambientais foram:

- Concentração de suínos por quilômetro quadrado.
- Intensidade do uso de agrotóxicos.
- Porcentagem da área utilizada com sistema de cultivo convencional.
- Porcentagem de propriedades sem sistema adequado de saneamento.
- Localização da microbacia em relação à área de captação de água para consumo urbano.

Somando-se os dois critérios, obteve-se a ordem de prioridade de implantação do Microbacias 2, nos 293 municípios.

Municípios nível 1 – Entre os municípios, 98 apresentaram maior pontuação, quando somado os dois parâmetros. Assim, foram considerados como prioritários para o Microbacias 2 e aptos a terem 2/3 das microbacias trabalhadas.

Municípios nível 2 – Os municípios classificados entre as posições 99 e 196 atingiram pontuação intermediária, tornando-se aptos a terem 1/2 das microbacias trabalhadas.

Municípios nível 3 – Aqueles classificados entre 197 e 293 – com menor pontuação – aptos a terem trabalhadas 1/3 das microbacias existentes.

Com base nesses critérios, em média serão trabalhadas três microbacias por município.

Nos municípios

A implantação do Microbacias 2 nos municípios passou pelo processo de envolvimento das lideranças e das famílias do meio rural. Na implantação desse projeto, foram dados os seguintes passos:

- Em visita ao prefeito, o secretário-executivo regional do projeto apresentava a proposta do Microbacias 2, esclarecendo os objetivos do projeto e os benefícios que o agricultor e o município podem ter e, principalmente, obter do Poder Público Municipal, o apoio indispensável como parceiro para implantação e condução dos trabalhos. Nessas visitas, eram esclarecidos, também, os benefícios do convênio de cooperação assinado com a Secretaria de Estado da Agricultura e Política Rural e o município, permitindo que os agricultores residentes nas microbacias trabalhadas recebam o apoio financeiro a ser definido quando do planejamento.
- Assinatura de convênio de cooperação entre o município e a Secretaria de Estado da Agricultura e Política Rural, documento este que permite a efetiva implantação do Microbacias 2.
- Reunião do secretário-executivo regional do Microbacias 2 com a equipe local da Epagri, definidos como animadores, tendo como objetivo promover a discussão sobre a inclusão do município como beneficiário do Microbacias 2, benefícios e compromissos que poderão advir da sua implantação e elaborar, também, o planejamento das ações a serem desenvolvidas a partir daquele momento.
- O secretário-executivo regional e a equipe local da Epagri realizam o processo de setorização do município, isto é, tendo como base as cartas topográficas, identificam-se os limites do município e das microbacias, define-se a localização das comunidades rurais, bem como procede-se o levantamento do total de famílias existentes (estimativa). Assim, são definidas as microbacias – ou os segmentos destas –, que se constituirão nas áreas de trabalho, sendo que cada uma delas deve abranger comunidades cuja soma seja de aproximadamente 120 famílias. Deve-se ressaltar que é respeitada a rede hídrica, por ser elemento caracterizador de uma microbacia.
- Como nem todas as microbacias do município serão trabalhadas, deve-se priorizá-las. Esse passo é dado com a aplicação de questionários (diagnóstico rápido participativo) em cada uma das comunidades que formam as microbacias, para se obter informações sobre a situação local, fornecidas pelos próprios moradores. Os temas objeto dos questionários são o uso e o manejo do solo e da água, a situação do saneamento básico, o destino dos dejetos humanos e animais, o manejo das culturas, o

reflorestamento e a organização comunitária. As informações são obtidas por meio de um questionário apresentado pela equipe durante visita técnica a produtores que informarão sobre sua propriedade e sobre os vizinhos.

- Os questionários são trazidos para o Escritório Municipal onde a equipe da Epagri e o secretário-executivo Regional do Microbacias 2 procedem a tabulação. Feito o somatório das comunidades de cada microbacia, tem-se a realidade de cada uma delas. Os resultados são enquadrados em tabela específica de pontos, sendo atribuída uma pontuação geral. Quanto maiores as dificuldades socioeconômicas e ambientais da microbacia, maior será a pontuação. O passo seguinte é a multiplicação da pontuação obtida por um fator de importância (0,6 e 0,4 para o socioeconômico e ambiental, respectivamente) e assim tem-se a pontuação final e a ordenação das microbacias (da maior para a menor pontuação).

- Apresentação dos resultados ao Conselho Municipal de Agricultura (CMA) ou Conselho Municipal de Desenvolvimento Rural (CMDR), que são órgãos oficiais de representação dos produtores rurais, constituído por lei em todos os municípios, com representatividade dos agricultores e dos segmentos ligados diretamente ao setor agrícola. Outra alternativa seria a realização de um seminário municipal, onde são convidadas todas as lideranças da sede do município, os agricultores representantes das comunidades e os representantes das entidades ligadas ao meio rural. O primeiro momento desse evento deve ser utilizado para resgatar as ações desenvolvidas no Projeto Microbacias 1 e o que se pretende com o Microbacias 2. Em seguida, é efetuada a apresentação do Microbacias 2, seus objetivos, encaminhamentos, ações e metas. No terceiro momento, é exposta a estratégia utilizada para se obter informações que darão subsídios para a priorização das microbacias, e por fim, apresentados os levantamentos e os resultados obtidos. Deve-se salientar que os resultados dos levantamentos apresentados se constituem na base de informação para a tomada de decisão. O conselho não obrigatoriamente deve aceitar a ordem apresentada, uma vez que é constituído por pessoas do setor e o conhecimento delas deve ser levado em consideração. Alguns detalhes de ordem prática podem modificar os índices obtidos e, se aceitos pelos presentes, podem mudar os resultados. O conselho analisa, promove discussões e delibera sobre

a ordem de implantação do Microbacias 2 no município. Nesse seminário municipal, para se evitar novas convocações de reprogramação, fica definida a ordem de priorização de todas as microbacias ou setores do município (mesmo procedimento utilizado no Projeto Microbacias 1). Assim, não havendo interesse de pelo menos 70 % das famílias em aceitar o Microbacias 2, automaticamente a equipe executora (Equipe da Epagri) possui a concordância da comissão municipal em seguir para a próxima microbacia.

Nas comunidades

Nas comunidades, com o envolvimento das famílias dos produtores rurais de cada microbacia, são realizadas as seguintes atividades:

- Visitas às lideranças das comunidades que constituem a(s) microbacia(s) priorizada(s), tendo como objetivo expor o Projeto Microbacias 2 e agendar data e local para a realização de uma reunião com toda a comunidade. Definida essa data, as mesmas lideranças se responsabilizam pela distribuição dos convites, por escrito, e por avisos nos encontros comunitários que ocorrem nos finais de semana.
- Na data agendada, a equipe da Epagri vai à comunidade, para apresentar a todas as famílias a proposta de trabalho a ser desenvolvido. A agenda do seminário é composta por: a) histórico do Projeto Microbacias 1 (resumo dos objetivos e resultados alcançados); b) apresentação da proposta do Microbacias 2 (objetivos e público-alvo); c) exposição dos procedimentos para que o produtor possa ser beneficiado com os incentivos financeiros; e d) espaço aberto para perguntas e esclarecimentos. Nesse seminário, não se busca a tomada de decisão dos presentes sobre a aceitação da implantação do Microbacias 2. É negociado um período de 7 dias para que a comunidade possa se reunir, discutir e analisar a proposta, sem a presença da equipe técnica. Assim, entende-se que a decisão será muito mais consciente. No final desse primeiro seminário, deixa-se agendada uma data para a próxima reunião, quando todos os presentes já são convidados a comparecer e para que busquem trazer consigo os ausentes, pois, assim, todos terão a oportunidade de participar do processo decisório. Além da confirmação da data, é solicitado aos presentes análise do interesse em participar do Microbacias 2, como cada

família desejaria que estivesse a sua propriedade e sua comunidade no futuro, e o que seria necessário fazer para que esses desejos fossem atingidos. Também pensassem em nomes de pessoas da comunidade que possam representá-los junto ao Microbacias 2 e em defesa dos interesses comunitários.

- A segunda reunião feita na comunidade tem por finalidade obter a definição sobre o interesse dos moradores na implantação do Microbacias 2. O público participante são as famílias que residem nas comunidades envolvidas, que participaram ou não da primeira reunião. A agenda desse encontro consiste em: a) discussão sobre dúvidas existentes em relação ao Microbacias 2, esclarecidas pela equipe técnica; b) obtenção da resposta se há ou não interesse em que o Microbacias 2 seja implantado; c) sendo a resposta positiva, o grande grupo é dividido em grupos menores, com no máximo seis integrantes, para que sejam realizados alguns trabalhos; d) é entregue a cada grupo, uma relação de três perguntas (1. *“Como você gostaria que sua família estivesse daqui a 10 anos?”*; 2. *“Como você gostaria que sua propriedade estivesse daqui a 10 anos?”*; e 3. *“Como você gostaria que sua comunidade estivesse daqui a 10 anos?”*). O objetivo dessa dinâmica é fazer com que os integrantes do grupo em aproximadamente 15 minutos, façam uma reflexão de como eles desejam o futuro para si e para aqueles que os cercam, possibilitando terem uma visão de quais são os pontos convergentes e divergentes. O passo seguinte é deixar que os integrantes dos grupos discutam e anotem as respostas à seguinte pergunta: *“em sua opinião (individual e do grupo), o que deveria ser feito (por ele, individualmente), pela família e por toda a comunidade, na sua propriedade e na comunidade, para que as aspirações do futuro sejam alcançadas?”* Sem limite quanto à quantidade, as respostas são anotadas em tarjetas por um relator escolhido pelo grupo, sendo uma idéia em cada tarjeta, as quais são fixadas em local visível por todos. As conclusões dos grupos são distribuídas nas três grandes vertentes que se constituem nos objetivos do Microbacias 2. Ambiental, econômica e social. Como o importante é a representação de todas as idéias apresentadas, nessa oportunidade, ocorre a seleção das indicações, isto é, havendo repetição de sugestões, fica registrada apenas uma. Ao encerrar essa etapa, todas as idéias dos grupos estarão registradas e expostas ao conhecimento dos participantes. Em seguida,

são distribuídos cartões de cores diferenciadas (vermelha, amarela e verde, valendo respectivamente 1, 2 e 3 pontos) para que cada um indique quais são (opinião individual), as três ações prioritárias que deveriam ser implementadas, salientando-se que uma pessoa pode depositar apenas um cartão em cada ação. No final, têm-se as indicações das ações de cada uma das comunidades, com a respectiva priorização. O resultado é registrado pela equipe técnica, para posteriores encaminhamentos. Encerrada essa etapa, cada um dos presentes recebe uma tarjeta, onde anota o nome de três pessoas, que no seu entendimento podem bem representar o interesse da comunidade. Essas tarjetas são recolhidas e as indicações tabuladas na presença de representantes da comunidade, havendo assim a definição dos(as) agricultores(as) que farão parte do Grupo de Animação da Microbacia (GAM). A quantidade de representantes de cada comunidade varia, mas a recomendação é que seja igual ou superior a três em todas as situações. Como última parte da reunião, disponibilizado o *Termo de Adesão*, documento que serve como referência para a oficialização do Microbacias 2. Esse documento é assinado por um representante de cada família, que manifesta sua opção em aderir ou não ao Microbacias 2. No final de todas as reuniões, o número de famílias que assinarem – manifestando-se positivamente deve atingir 70 %. Caso esse número seja inferior, a equipe técnica deve passar a trabalhar na microbacia seguinte, obedecendo a ordem definida pelo Conselho Municipal. As famílias que não estão presentes no momento ou que estão em dúvidas quanto à adesão, podem fazê-lo no futuro, desde que o percentual mínimo exigido seja obtido naquele momento. É importante salientar que essa segunda reunião ocorre a partir da constatação que a comunidade entendeu o Microbacias 2 e está em condições de decidir, pois se houver dúvidas, são feitas tantas reuniões quantas necessárias.

Grupo de animação

Em cada microbacia é constituído o Grupo de Animação da Microbacia (GAM), sendo um grupo de pessoas indicadas pela comunidade responsável pela sensibilização e mobilização das famílias na elaboração e na implantação participativa do plano de desenvolvimento da microbacia, trabalho este desenvolvido sem remuneração. Qualquer pessoa residente numa comunidade rural pertencente à microbacia trabalhada pode ser escolhida, considerando-se de importância a participação das mulheres, jovens e idosos no grupo.

Para que o GAM possa exercer seu papel, seus membros são reunidos periodicamente e recebem capacitação em temas como: *Papel do GAM, Papel da Associação de Desenvolvimento da Microbacia (ADM), Papel do Conselho Municipal de Agricultura, Programa Nacional de Agricultura Familiar (Pronaf)*, desenvolvimento local sustentável, o processo do construtivismo, e informações complementares sobre o Microbacias 2. Assim, entende-se que as pessoas que constituem o GAM estejam com condições de acompanhar e de apoiar a implantação e a execução dos trabalhos nas comunidade que representam.

Considerando que um dos objetivos do Microbacias 2 é o incentivo à autogestão, trabalha-se a constituição da ADM e a elaboração do seu Plano de Desenvolvimento, cuja finalidade é a de representar os interesses e as aspirações dos moradores da microbacia. Para sua concretização, o GAM tem papel fundamental. Em data definida pelo próprio grupo, os integrantes se reúnem para concretizar as primeiras ações, que consistem na elaboração de propostas para a criação da ADM, tais como seu estatuto, formação da diretoria e elaboração do plano de desenvolvimento da microbacia.

Associação de desenvolvimento

Para a elaboração do Estatuto da ADM, há o assessoramento das equipes do Microbacias 2 e da Epagri, na disponibilização de material e conteúdos básicos exigidos pela legislação.

Com relação à constituição da diretoria, esta pode ser composta pelos integrantes do GAM, pois se entende que, ao serem indicados de forma direta pelas comunidades, são as pessoas que representam o pensamento dos moradores. Portanto, essas pessoas têm condições de conduzir o processo de organização. Entretanto, não há impedimento de que outras pessoas residentes nas comunidades – e que não estejam fazendo parte do GAM – proponham outras nominatas para a diretoria e conselho fiscal. Na composição da diretoria e do conselho fiscal, obrigatoriamente deve haver pelo menos um representante de cada comunidade. Assim, todas as comunidades, independentemente do seu tamanho, estarão representadas.

Elaboradas as propostas, o grupo define a forma de apresentá-las às comunidades, para análise e discussão. Pode ser por meio de uma única assembléia realizada numa comunidade mais central, ou em cada uma das

comunidades, tendo assim várias assembléias. Definida qual a melhor maneira, cabe ao grupo elaborar o edital de convocação específico e mobilizar as famílias para comparecerem ao evento, pois se iniciam os trabalhos quanto ao futuro desejado. Independentemente do número de eventos, estes são presididos por um representante da comunidade, cumprindo os itens constantes do edital que são:

- Apresentação, discussão e aprovação dos estatutos da associação.
- Apresentação de chapas e eleição da primeira diretoria.
- Assuntos gerais.

Essa(s) assembléia(s) tem(êm) fim específico de formalização da associação.

Aprovado na(s) assembléia(s) o Estatuto e eleita a diretoria, passa-se a executar os encaminhamentos administrativos, pois só com tais procedimentos a ADM adquire personalidade jurídica para representar as famílias rurais e proceder à assinatura de convênios e de contratos de interesse.

Plano de Desenvolvimento da Microbacia (PDMH)

O Plano de Desenvolvimento da Microbacia (PDMH) é elaborado a partir das sugestões obtidas diretamente das famílias, nas reuniões de comunidades, mas também pode incluir sugestões dos integrantes do GAM e aquelas originadas das discussões com a equipe técnica, desde que haja concordância do grupo.

É importante destacar que nesse plano devem constar não apenas as prioridades e ações com vinculação direta ao Microbacias 2, mas todas que objetivam o desenvolvimento global da microbacia, pois trata-se do plano de desenvolvimento da microbacia e não do projeto Microbacias 2. Da mesma forma, o período de vigência não deve coincidir obrigatoriamente com o período previsto para o Microbacias 2, pois algumas ações planejadas para longo prazo podem ultrapassar o período de sua execução. Por meio das ADMs, os agricultores têm a possibilidade de buscar novas parcerias para implantação de projetos que venham a atender as demandas programadas nos planos de desenvolvimento e que não são apoiados pelo Microbacias 2.

A apresentação do plano às comunidades passa a ser atribuição da diretoria da ADM. Durante as reuniões, o plano é discutido, analisado e, caso surjam novas sugestões, são relacionadas para posterior encaminhamento.

Encerradas as reuniões, a Diretoria da ADM se reúne para analisar as novas propostas que, quando estiverem em conformidade com as aspirações e objetivos das comunidades, são aprovadas pela diretoria e incorporadas ao Plano de Desenvolvimento da Microbacia (PDMH).

Caso as sugestões alterem o plano, depois de aprovadas pela diretoria, devem ser novamente analisadas pelas comunidades. A partir daí, passa a existir, oficialmente, o PDMH. É importante salientar que esse plano passa a ser o “guarda-chuva” dos trabalhos a serem executados, expressando os desejos e aspirações das comunidades envolvidas.

Periodicamente, a diretoria da ADM deve reunir-se para analisar a execução dos trabalhos previstos no plano e, sempre que necessário ou de interesse dos moradores, devem-se apresentar propostas aprovadas pelas comunidades em reuniões ou assembléias.

Plano de Desenvolvimento da Propriedade

Concretizada a organização da associação e tendo o PDMH como referencial, a equipe técnica inicia a etapa de visita às propriedades dos associados, para elaborar o Plano de Desenvolvimento da Propriedade (PDP). A finalidade do PDP é de, após discussão detalhada entre a equipe técnica a família e o conhecimento da realidade da propriedade, elaborar um planejamento para os próximos anos, abordando o que é necessário ser executado nas áreas social, ambiental e econômica para atingir a melhoria da qualidade de vida da família, sempre em consonância com as prioridades definidas no PDMH. Além de se definir o que deve ser feito, deve-se definir, também, data da realização de ações, a responsabilidade pela execução e pelo apoio, bem como a definição dos custos e origem dos recursos.

O planejamento definido com ações de curto, médio e longo prazos é a visão real, considerando-se as condições do momento. Periodicamente está prevista a análise de cada um dos planos individuais, uma vez que com o decorrer do tempo, é possível que ocorram novas alternativas ou encaminhamentos para as atividades planejadas. Esse plano não deve ter vinculação específica com o Microbacias 2, isto é, todas as ações importantes para o desenvolvimento da

propriedade devem ser planejadas. Quanto ao apoio financeiro proposto pelo Microbacias 2, o produtor só terá acesso desde que tenha o PDP elaborado e os investimentos definidos nesse plano.

Cabe à ADM indicar os beneficiários, analisar e aprovar as propostas de incentivo financeiro, verificando se está de acordo com as prioridades do plano da microbacia e se os beneficiários estão enquadrados como público prioritário.

Investimentos

Na operacionalização dos investimentos, o agricultor associado encaminha a proposta de investimento à Secretaria da Agricultura de Santa Catarina, via equipe técnica, a proposta de apoio, definindo qual seu objetivo e estimando o valor necessário. Depois que o valor estiver assegurado pela Secretaria Estadual de Agricultura e Política Rural, é autorizada sua execução.

Uma vez consumado o investimento, a comprovação é feita por meio de documentação fiscal e laudo comprobatório, assinado pelo técnico responsável e por um representante da ADM. Com esse procedimento, o produtor recebe apoio financeiro, na forma de reembolso, diretamente em sua conta corrente ou por ordem bancária ou ainda diretamente do fornecedor. Deve-se observar que o montante de recursos não é definido pelo produtor, mas pelo Plano da Propriedade.

Comissões

Em todos os níveis de execução, existe a formação de comissões, cujo papel principal é o de coordenar o Microbacias 2, analisar periodicamente o andamento dos trabalhos – e seus resultados –, bem como tomar as medidas de correção necessárias para que os objetivos propostos sejam alcançados. Sua constituição é paritária entre agricultores (presidentes de ADMs) e representantes de instituições executoras do Microbacias 2.

Equipe técnica

Como o estado e os municípios não dispõem de profissionais para atender à demanda de implementação global do Microbacias 2, é facultada a cada duas associações a contratação de um profissional (facilitador) para que, em

caráter exclusivo, possa planejar e executar, em conjunto com as ADMs, as ações previstas no PDMH. Para tanto, são firmados convênios entre as ADMs, o estado e a cooperativa de trabalho à qual o profissional é vinculado, pois não há contratação direta do facilitador, mas dos serviços da cooperativa.

Durante a vigência do convênio, o profissional fica cedido para a ADM para, sob a coordenação desta, executar os trabalhos, mas o vínculo trabalhista é com a cooperativa. Gradativamente, a ADM assume a responsabilidade pelo pagamento dos salários como forma de contrapartida, mas sempre com apoio do Microbacias 2, chegando ao máximo de 45 %. Todo o custo de manutenção do profissional é de responsabilidade do Microbacias 2 e não da ADM.

Metodologia

Para a execução das ações programadas no Plano de Desenvolvimento da Propriedade, a metodologia aplicada é a tradicionalmente utilizada pelo serviço oficial de extensão rural do estado, uma vez que os profissionais disponibilizados pelas cooperativas recebem a mesma capacitação dos extensionistas nas estratégias e métodos de trabalho. Essa metodologia envolve ações de atendimento individual (visitas, contatos e entrevistas) e grupais (reuniões, seminários, treinamentos, cursos, palestras, excursões, dias de campo e cursos profissionalizantes).

Considerações finais

Ao analisarmos as metas propostas do Projeto Microbacias 1, constatou-se que, ao final, a maioria dessas metas foi alcançada, apesar das dificuldades encontradas quando da sua condução inicial. Seu principal objetivo, que era buscar junto aos agricultores de Santa Catarina a necessidade de rever o sistema de manejo de solo utilizado – para reverter o processo de degradação do solo e da água – pode ser considerado como atingido.

A satisfação geral dos agricultores, detectada em depoimentos contidos nas avaliações específicas, demonstra claramente a percepção positiva desses agricultores sobre as ações desenvolvidas pelo Microbacias 1. Além da redução de custos operacionais nas atividades agrícolas, a racionalização e

o melhor uso da mão-de-obra, a flexibilização do tempo, a redução nos volumes de fertilizantes químicos, a melhoria das condições de solo, a maior retenção das águas – entre outros – trouxeram menor risco às adversidades climáticas, possibilitando maior estabilidade na produção.

Além do cumprimento das metas, a execução do Microbacias 1 possibilitou maior conhecimento pelas autoridades estaduais sobre a realidade do meio rural catarinense. Assim, novas demandas foram criadas, novos programas implantados e o governo e empresas vinculadas passaram a executar estratégias de trabalho que visam o desenvolvimento sustentável, o planejamento participativo, a busca de maior participação dos pequenos agricultores no processo de decisão e a contínua preocupação com os recursos naturais.

Conseqüência importante foi, também, a de que, com base na realidade encontrada e nas demandas surgidas a partir do Microbacias 1, Santa Catarina pode implantar o Projeto Microbacias 2. Elaborado com uma visão mais sistêmica, esse projeto permitirá a continuidade dos trabalhos executados na área dos recursos naturais, bem como ampliar suas ações, visando atender as necessidades globais da família do pequeno agricultor, tais como:

- Melhoria da produção existente ou a busca de novas alternativas de renda.
- Melhoria da residência e do saneamento básico.
- Viabilização de pequenos investimentos na aquisição de máquinas e equipamentos necessários para o desenvolvimento de suas atividades.

O componente de Pesquisa e Estudos do Microbacias 2 está viabilizando, por meio das organizações governamentais e não-governamentais, a realização de trabalhos para atendimento das demandas levantadas pelas ADMs, com envolvimento direto das comunidades rurais, buscando a construção do conhecimento com os agricultores.

Contudo, espera-se especialmente que, durante o Microbacias 2, os pequenos agricultores, com o apoio das equipes de trabalho, possam buscar a autogestão e, ao encerrar-se o projeto, unidos em volta de suas associações, eles possam definir seus próprios objetivos e buscar as alternativas de como atingi-los.

Referências

INSTITUTO CEPA (SC). **Projeto de recuperação, conservação e manejo dos recursos naturais em microbacias hidrográficas**. Florianópolis, 1988. 5 v.

_____. Projeto de recuperação, conservação e manejo dos recursos naturais em microbacias hidrográficas. **Análise comparativa do plantio direto frente ao sistema convencional de manejo de solo em sistemas de produção de lavouras em Santa Catarina**. Florianópolis, 1999. 37 p.

PUNDEK, M. Levantamento e planejamento conservacionista de propriedades rurais em microbacias. In: SANTA CATARINA. Secretaria de Estado da Agricultura e Abastecimento. **Manual de uso, manejo e conservação do solo e da água**: projeto de recuperação, conservação e manejo dos recursos naturais em microbacias hidrográficas. 2. ed. rev. atual. e ampl. Florianópolis: Epagri, 1994. p. 357-384p.

SANTA CATARINA. Secretaria de Estado da Agricultura e Abastecimento. **Manual de uso, manejo e conservação do solo e da água**: projeto de recuperação, conservação e manejo dos recursos naturais em microbacias hidrográficas. Florianópolis: EPAGRI, 1994. 384 p.

_____. Secretaria de Estado do Desenvolvimento Urbano e Meio Ambiente. **Bacias hidrográficas de Santa Catarina**: diagnóstico geral. Florianópolis, 1997. 163 p.

_____. Secretaria de Estado da Agricultura e Abastecimento. **Principais Indicadores de Desempenho do Projeto Microbacias**. Florianópolis, 1998. 18 p.

_____. Secretaria de Estado da Agricultura e Abastecimento. **Projeto Microbacias**: Cartilha Orientadora. Florianópolis, 1998. 14 p.

_____. Secretaria de Estado da Agricultura e Abastecimento. **Relatório de Desempenho do Projeto Microbacias**. Florianópolis, 1999. 19 p.

_____. Secretaria de Estado da Agricultura e Abastecimento Projeto Microbacias 2. **Cartilha Orientadora**. Florianópolis, 2002. 21 p.

_____. Secretaria de Estado da Agricultura e Abastecimento. **Projeto Microbacias 2**: Manual Operativo. Florianópolis, 2004. 190 p.

UBERTI, A.; BACIC, I.; PANICHI, J.; LAUS, J.; MOSER, J.; PUNDECK, M.; CARRIÃO, S. **Metodologia para classificação da aptidão de uso das terras do Estado de Santa Catarina**. Florianópolis: Empasc: Acaresc, 1991. 19 p.

Anexo 1. Quadro comparativo entre as características dos projetos Microbacias 1 e 2.

Tema	Microbacias 1	Microbacias 2
Objetivo	Recuperação, conservação e manejo adequado dos recursos naturais, do solo e da água	Contribuir para a melhoria da qualidade de vida da população rural de Santa Catarina, recuperar e preservar os recursos naturais, aumentar a renda e estimular a participação e a organização do pequeno agricultor
Beneficiários	81 mil famílias rurais 520 microbacias hidrográficas	105 mil famílias 936 microbacias hidrográficas
Público beneficiado	Todos os produtores residentes na microbacia	Prioritariamente agricultores periféricos, transição I, trabalhadores rurais e populações indígenas
Prazo de execução	7 anos (1991 – 1997) prorrogado para 1999	6 anos (2002/2008)
Comissões	Em todos os níveis (municipal/regional/estadual)	Em todos os níveis (municipal/regional/estadual)
Recursos	71,6 milhões de dólares	107,5 milhões de dólares
Componentes	Extensão rural e assistência técnica Pesquisa agropecuária e planejamento conservacionista Desenvolvimento florestal Estradas municipais Treinamento e marketing Administração do projeto e Conservação do solo (Prosolo)	Organização e Desenvolvimento Institucional Inversões Rurais Gestão ambiental Administração, monitoramento e avaliação

Continua

Anexo 1. Continuação.

Tema	Microbacias 1	Microbacias 2
Fluxo de execução	Secretaria da Agricultura e do Abastecimento Secretaria-Executiva do Projeto Microbacias Gerente regional Executor municipal Família do agricultor	Secretaria da Agricultura e Política Rural Secretaria-Executiva Estadual Secretaria-Executiva Regional Secretaria-Executiva Municipal Diretoria ADM Facilitador
Municípios participantes	Municípios com maiores dificuldade de conservação do solo e da água Seleção feita pela equipe técnica da Secretaria de Estado do Desenvolvimento Rural e Agricultura e empresas vinculadas	Família do Agricultor Todos os municípios do estado Homologação feita pelo Conselho Estadual de Desenvolvimento Rural (Cederural)

Fonte: elaborado pelo autor.

Anexo 2. Quadro comparativo da sistemática de operacionalização dos projetos Microbacias 1 e 2.

Tema	Microbacias 1	Microbacias 2
Critérios para seleção das bacias	<p>Importância da bacia</p> <p>Erosão</p> <p>Intervenção da população rural</p> <p>Poluição</p>	As nove bacias do estado estão contempladas
Critérios para seleção dos municípios	<p>Importância econômica atual e potencial no contexto regional</p> <p>Susceptibilidade à erosão hídrica e à erosão hídrica dos solos</p> <p>Importância como fonte de abastecimento de água para o meio urbano</p> <p>Intervenção da população</p> <p>Cobertura florestal</p> <p>Poluição ambiental</p> <p>Rebanho animal</p>	<p>Critério socioeconômico: (peso 0,6):</p> <ul style="list-style-type: none"> % de produtores periféricos do município % de agricultores transição 1 no município % de agricultores transição 2 no município % de indígenas no município % da população rural no município <p>Critério ambiental (peso 0,4):</p> <ul style="list-style-type: none"> Concentração de suínos por quilômetro quadrado Consumo médio anual/ha de agrotóxicos % da área total do município cultivada no sistema convencional de cultivo % de residências rurais que não possuem saneamento básico % de cobertura florestal primária e secundária do município

Continua

Tema

Microbacias 1

Microbacias 2

Priorização dos municípios

Ordenados conforme a intensidade dos maiores em recursos naturais, utilizando os critérios descritos acima

Os municípios foram priorizados na ordem de maior para menor intensidade dos critérios acima
Nível 1 – Os 98 municípios com maiores problemas ambientais e socioeconômicos. Com direito a serem trabalhados 2/3 do total das microbacias do município

Nível 2 – Os 98 municípios considerados intermediários em relação aos problemas ambientais e socioeconômicos. Com direito a serem trabalhados 50 % do total das microbacias do município

Nível 3 – Os 97 municípios com menores problemas ambientais e socioeconômicos Com direito a ser trabalhado apenas 1/3 do total das microbacias do município

Seleção das microbacias nos municípios

Foram utilizados os mesmos critérios usados no estado

Foram utilizados os mesmos critérios usados no estado, mais:

Captação de água abastecimento humano localizada na microbacia
 % das propriedades da microbacia que não aproveitam os dejetos animais
 % de jovens (de 14 a 25 anos) existentes na microbacia em relação à população da microbacia

Continua

Anexo 2. Continuação

Tema	Microbacias 1	Microbacias 2
Estratégia de implantação	<p>Regional Promover o projeto junto às entidades no âmbito regional</p> <p>Município Apresentação do projeto e sensibilização das equipes de trabalho municipais Visita ao prefeito municipal para expor a proposta de trabalho O município assina convênio "guarda chuva" Setorização do município utilizando cartas topográficas Levantamento de informações junto às comunidades Priorização das microbacias do município tendo por base os levantamentos das comunidades Apresentação ao Conselho Municipal de Agricultura para ajustes e aprovação Reunião de apresentação do projeto às lideranças municipais</p>	<p>Regional Promover o projeto em âmbito regional Constituir a Comissão Coordenadora Regional (CCR) Sensibilizar e capacitar a CCR Elaborar o plano operativo regional</p> <p>Município Apresentação do projeto e sensibilização das equipes de trabalho municipais Promoção do projeto junto às lideranças locais Formalização dos convênios "guarda-chuva" nos municípios Setorização das microbacias usando cartas topográficas Levantamento da realidade das microbacias Priorização das microbacias do município tendo como referência os levantamentos Apresentação da priorização ao Conselho Municipal Desenvolvimento Rural (CMDR) para ajustes e aprovação Constituição, sensibilização e capacitação da Comissão Coordenadora Municipal (CCM)</p>

Continua

Tema

Microbacias 1

Microbacias

Visita aos líderes das comunidades para apresentação do projeto
 Realização de reuniões em cada uma das comunidades das microbacia priorizadas
 Obtenção de adesão de no mínimo 70 % das famílias para implantação do projeto
 Elaboração do Plano de Manejo da Microbacia
 Elaboração do planejamento individual da propriedade (PIP)
 Visita a propriedade para discutir o conteúdo do PIP, ajustando as propostas com as condições dos agricultores
 Elaboração de propostas
 Execução dos investimentos
 Acompanhamento e avaliação da execução dos trabalhos

Microbacias 2

Microbacia

Contatos com lideranças comunitárias expondo o projeto e buscando o compromisso destas para mobilizarem as demais famílias das comunidades
 Reuniões para apresentação do projeto a todas as famílias nas microbacias selecionadas
 Reuniões de retorno para sensibilizar e promover discussão com as famílias das comunidades para participarem ou não do projeto
 Obtenção da adesão de no mínimo 70 % das famílias
 Elaborar o diagnóstico da microbacia
 Escolher, sensibilizar e capacitar os integrantes dos grupos de animação das microbacias (GAM)
 Elaborar o Plano de Desenvolvimento da Microbacia (PDMH) com as comunidades
 Constituir e capacitar a Associação de Desenvolvimento da Microbacia (ADM)
 Apresentar e legitimar o PDMH junto às comunidades
 Contratar e capacitar o facilitador

 Continua

Anexo 2. Continuação

Tema	Microbacias 1	Microbacias 2
Execução	Extensionistas da Epagri, técnicos conveniados com prefeituras e insituições parceiras	<p>Elaborar os Planos de Desenvolvimento das Propriedades (PDP) das famílias indicadas pela diretoria da ADM</p> <p>Retorno às propriedades para discussão do PDP e definir prioridades e cronograma de execução</p> <p>Elaborar as propostas comunitárias, grupais e individuais aprovadas pela ADM</p> <p>Capacitar os agricultores e famílias em autogestão, planejamento e nas atividades desenvolvidas conforme as necessidades constantes do PDMH</p> <p>Execução do PDMH e projetos específicos</p> <p>Acompanhar e avaliar a execução dos trabalhos</p>
Execução	Extensionistas da Epagri, técnicos conveniados com prefeituras e insituições parceiras	Extensionistas da Epagri e técnicos facilitadores contratados e administrados pelas ADMs via cooperativa de trabalho. Em alguns casos, há parceria com as prefeituras

Obs: Produtores Periféricos: agricultor que possui valor agregado por pessoa ocupada até um salário mínimo mensal.
 Produtores Transição 1: agricultor que possui valor agregado por pessoa ocupada entre 1 e 2 salários mínimos mensais.
 Produtores Transição 2: agricultor que possui valor agregado por pessoa ocupada entre 2 e 3 salários mínimos mensais.
 Fonte: elaborado pelo autor.



Capítulo 8

Gestão Ambiental
nas Cadeias
Produtivas Animais

Julio Cesar Pascale Palhares



Introdução

A busca da sustentabilidade pelos vários setores da agropecuária é uma prática cada vez mais freqüente entre as cadeias produtivas nacionais. Contudo, os fatos demonstram que um dos grandes limitantes para se atingir essa tão almejada sustentabilidade é a conciliação dos interesses econômicos com as vertentes socioambientais.

Considerando-se as cadeias produtivas de proteína animal, o impasse é o mesmo. Atualmente, estas são uma das responsáveis pelos saldos positivos da Balança Comercial Brasileira e têm gerado altas lucratividades para as agroindústrias. Contudo, paralelo a essas vantagens econômicas, discutem-se algumas desvantagens no âmbito socioambiental, sendo que uma das principais vantagens diz respeito ao intenso processo de concentração da produção e ao impacto dos resíduos nos recursos hídricos.

Destaca-se que essa concentração tem causado a exclusão de pequenos e médios produtores e escasseado – em quantidade e qualidade – os recursos naturais, limitando sua utilização pelos outros usuários. É fato que essa concentração tem benefícios econômicos relacionados, principalmente, à logística de transporte de produtos e insumos e à conciliação das zonas produtoras de grãos, basicamente milho e soja, com as produtoras animais.

Por diversas vezes, as ciências ambientais já demonstraram, que os ambientes apresentam capacidades diferenciadas de utilização e quando estas não são respeitadas, tem-se como resultados impactos ambientais negativos e conseqüente degradação da qualidade ambiental, com prejuízos à saúde pública. Cabe às sociedades, definir tecnicamente qual o limite de uso do ambiente no qual esta se insere e compatibilizar esse limite com suas aspirações econômicas e sociais.

De acordo com Neumann e Loch (2002), o rural se caracteriza justamente por apresentar características ecológicas espaciais muito distintas, sendo que determinada solução pode apresentar resultados completamente diversos quando essas características variam, o que torna impossível propor soluções ambientais padronizadas. Saraceno (1997), conclui que a noção de rural deveria ser estritamente territorial ou espacial, não podendo ser identificada como um setor de atividades.

As soluções para os impasses do desenvolvimento e da sustentabilidade não devem ser conduzidas de forma ideológica, mas baseadas nos conceitos técnico-científicos. Uma vez que tais soluções existem, devem estar inseridas

em programas de gestão ambiental com uma visão sistêmica das cadeias, onde o princípio da responsabilidade pela resolução dos problemas ambientais esteja internalizado por todos os atores. Esses atores compreendem os produtores rurais, os fabricantes de insumos e equipamentos, as agroindústrias e cooperativas, os distribuidores e comerciantes, os consumidores e os órgãos públicos. Portanto, a sustentabilidade é o fim, sendo que a gestão ambiental é o meio para que esta seja atingida.

Apesar das cadeias produtivas animais estarem muito bem tecnificadas, existe um padrão produtivo de excelência em termos de genética, arraçamento, manejo, equipamentos e instalações, ou seja, no meio rural, as variáveis são muitas, sendo essas de caráter ambiental, econômico e social.

Em seu território, o Brasil possui diferentes condições climáticas, vários tipos de solo, diferenciadas condições hídricas, o nível de instrução dos produtores rurais parte de um grau de analfabetismo até o nível superior, e encontram-se zonas onde a estrutura agrária é familiar e outras onde predominam as grandes propriedades; a capacidade de investimento na propriedade também é muito diferenciada, entre outros. Com isso, todos esses fatores devem ser considerados no delineamento de um Sistema de Gestão Ambiental (SGA) para essas cadeias, não se devendo incorrer no erro de que exista um sistema ideal, mas que estes devem ser elaborados, respeitando-se as particularidades de cada região.

Outro erro freqüente é que geralmente os sistemas de gestão ambiental são delineados para uma agroindústria ou uma fábrica produtora de insumos. Esquece-se que estas são altamente demandantes de matéria-prima advinda do campo e que num verdadeiro sistema de gestão, os fornecedores devem ser conscientizados e auxiliados para que produzam de forma ambientalmente correta. A solução dos problemas ambientais da agropecuária não será alcançada por um ator, individualmente, mas por todos os atores a partir de um compromisso permanente com o desenvolvimento sustentável.

Considerações para gestão ambiental

Devido às várias realidades, estruturas, interesses e formas de pensar – intrínsecas à produção –, antes de se propor diretrizes para a gestão ambiental e, mais do que propor, fazer com que essas diretrizes tornem-se realidade na

mitigação de problemas ambientais das cadeias produtivas animais. Algumas considerações devem ser feitas sobre pontos cruciais para o entendimento do presente e planejamento do futuro.

Teorias limitantes

Analisando-se a realidade produtiva, técnica e social que envolve as cadeias produtivas, pode-se observar que existem alguns limitantes à implantação da efetiva gestão ambiental. Enquanto esses limitantes não forem solucionados, dificilmente se conseguirá implementar um sistema de gestão.

A seguir, esses limitantes são expostos como proposições teóricas, cabendo ao leitor concordar ou não, mas caso concorde, tornar-se-á co-responsável em tentar fazer dessas teorias, fatos históricos que um dia impediram a gestão ambiental das cadeias produtivas animais. As teorias limitantes são:

Teoria dos “pará-quedistas” – Como atualmente ações e trabalhos ambientais podem proporcionar grande vitrine profissional e boa fonte de recursos financeiros – não nos esquecendo dos votos nos anos eleitorais – observa-se que existem muitas pessoas colocando-se como especialistas em meio ambiente e portadores de soluções milagrosas para os problemas ambientais. Se realmente fossem especialistas, saberiam que não há a solução e que os problemas ambientais são multifatoriais. Portanto, esses “pára-quedistas” podem atrapalhar o desenvolvimento de trabalhos realmente sérios, pois aproveitam-se da falta de conhecimento da população para vender seus milagres.

Teoria do meio ambiente, futebol e política – Antigamente, nos achávamos especialistas em futebol e política, poderíamos montar uma seleção campeã ou resolver o problema inflacionário do País. Hoje, ainda continuamos a pensar assim, com o diferencial de que também nos achamos especialistas em ambiente. Quem não tem a solução para os problemas amazônicos? Ambiente é uma ciência, e como tal, deve ser estudada durante anos para que soluções duradouras sejam propostas. Esse “consciente ambiental” tem seu lado benéfico, que é o da preocupação de todos pelos problemas ambientais, mas também um lado maléfico, de todos ousarem propor soluções, sendo que na

maior parte das vezes, estas são inviáveis, mas acabem ganhando o respeito de boa parte da população, dificultando o trabalho dos reais especialistas.

Teoria da caça às bruxas – O País já possui problemas ambientais históricos e, com o desenvolvimento agropecuário, novos problemas foram somados aos antigos. Com isso, observa-se que vários segmentos da sociedade vivem um processo de mútua acusação pela degradação dos recursos naturais. Nas zonas rurais, um exemplo bem comum é a acusação entre população urbana e rural. A primeira culpa a segunda pela degradação dos recursos hídricos, devido ao uso de agrotóxicos e/ou despejo de dejetos animais nos rios, enquanto a rural diz que esses recursos estão degradados devido à falta de tratamento dos esgotos urbanos. Ambas estão certas, ao afirmarem que todos esses eventos poluem as águas, mas erradas em querer achar culpados, não assumir suas próprias culpas. Enquanto esse processo de acusação perdurar, muito pouco irá mudar, tornando as soluções para os problemas ambientais mais complexas e onerosas. Que os culpados fiquem no passado e que se comece a trabalhar no presente para o bem do meio ambiente.

Teoria dos tecnicistas – Durante muitos anos, a atuação na resolução dos problemas ambientais era atribuição de engenheiros, principalmente civis. Por serem profissionais das ciências exatas e terem como foco principal a construção de obras, a resolução dos problemas se limitou à implantação de sistemas de tratamento de resíduos. Mas dentro de um sistema de gestão ambiental, o tratamento é somente um elo do sistema, geralmente o último, ou seja, a gestão não pode se limitar a sistemas de tratamento, devendo ir muito mais além. Com a inserção de novos profissionais no mercado ambiental, essa visão tecnicista deve ser mudada, internalizando-se uma visão sistêmica.

Teoria do afrouxamento legal – Percebe-se que muitos defendem o afrouxamento das leis ambientais como motivador e viabilizador do desenvolvimento econômico. Infelizmente, estes não percebem que o afrouxamento irá significar nossa perda de competitividade, pois uma das vantagens produtivas do País é sua disponibilidade de recursos naturais, que caso sejam limitantes, a produção também o será. As leis são um ótimo instrumento para se proceder à conservação desses recursos. Claro, que em alguns casos, essas leis podem ser melhoradas,

sempre pautando-se pelos preceitos da sustentabilidade. Portanto, deve-se ter como referencial o aprimoramento das leis e não seu afrouxamento.

A importância do *benchmarking*

A história e seus modelos constituem-se numa ótima forma de aprendizagem para detecção do que deu errado, o que deu certo e quais os caminhos a se tomar em busca da gestão ambiental. Os modelos de sucesso devem ser considerados como fornecedores de subsídios técnicos e práticos, e balizadores na implantação de outros modelos de gestão.

Na área empresarial, esse tipo de abordagem é denominado de *benchmarking*, ou seja, uma técnica de estudo das melhores práticas, seja dentro da própria organização, num competidor ou numa indústria diferente, para permitir à organização adotá-las ou aprimorá-las. Essas melhores práticas podem estar acontecendo na propriedade rural, bacia hidrográfica, cadeia produtiva, região produtiva, etc.

Contudo, deve se ter muito cuidado de como essas experiências serão utilizadas devido à variabilidade observada no meio rural. Onde a simples transposição de um modelo validado de uma localidade para outra não deve ser tida como garantia de sucesso.

Nas cadeias agropecuárias, muitos casos corroboram para esse tipo de erro, seja pela importação de tecnologias e processos de outros países e/ou transferência de modelos de uma região nacional para outra, sem se ter respeito às variáveis culturais, econômicas, produtivas e ambientais da região receptora.

Não há como se delinear uma gestão de igual conteúdo para as regiões Sul e Centro-Oeste do País, pois na primeira a estrutura agrária está baseada na mão-de-obra familiar e na segunda predominam as grandes propriedades com mão-de-obra contratada.

Considerando-se essas características e outras importantes no delineamento do modelo, a partir de uma experiência de sucesso sulista, pode-se elaborar um planejamento para a Região Centro-Oeste desde que suas peculiaridades estejam contempladas no novo modelo. Um exemplo de característica a ser considerada seria as diferentes visões ambientais que imperam nas duas regiões.

A consciência ambiental está muito mais presente no Sul, devido a todo um histórico de desenvolvimento e degradação do ambiente. Essa consciência está internalizada desde o pequeno produtor até o grande empresário, pois ambos estão sendo limitados ambientalmente em suas atividades. Destaca-se que isso não significa que os problemas ambientais estejam resolvidos, pois os interesses difusos são muito presentes nas discussões e não há comprometimento de todos os atores das cadeias para o solucionamento das questões. Sem dúvida, essa região tem muito a cooperar com a gestão ambiental.

No Centro-Oeste, observa-se que a visão que ainda predomina é a desenvolvimentista, baseada no pilar econômico. Os antigos discursos de geração de renda e emprego como justificativa para a vinda de complexos industriais e concentração da produção ainda são muito presentes, mas a história já mostrou que esse tipo de desenvolvimento vai contra os conceitos de sustentabilidade e manutenção da qualidade ambiental. Nessa região, as soluções para os problemas ambientais certamente são muito mais fáceis de serem alcançadas do que na Região Sul, onde predominam ações corretivas e não preventivas.

Como o Centro-Oeste está se desenvolvendo, ainda pode optar por que tipo de desenvolvimento ele quer para garantir seu futuro, determinando qual o horizonte desse futuro. Para isso, ele deve aprender com a experiência sulista, criando seus próprios modelos de gestão. Mesmo antes de um diagnóstico, já se tem conhecimento de casos de sucesso em propriedades rurais e agroindústrias. Assim, antes da tomada de decisões e iniciativas, deve-se analisar essas experiências, detectando, principalmente seus erros, para que os modelos a serem propostos apresentem maior eficiência e eficácia.

Princípio da co-responsabilidade

Uma discussão muito presente no universo produtivo animal é sobre a responsabilidade da agroindústria pelo impacto ambiental originário da geração da matéria-prima que esta utiliza. Existem três situações bem definidas nas cadeias agroindustriais:

- Na primeira, a agroindústria gera sua própria matéria-prima e, nesse caso, nota-se que essa empresa se preocupa e se responsabiliza pelas questões ambientais envolvidas nesta geração.
- Numa segunda situação, a agroindústria adquire a totalidade da matéria-prima de produtores rurais e, normalmente, nessa situação

observa-se que esta não se considera responsável pelos impactos ambientais advindos dessa produção.

- Um terceiro ordenamento – sendo o que predomina nas cadeias produtivas de suínos e aves – é uma fusão dos citados acima, ou seja, a agroindústria tanto produz matéria-prima, como adquire esta de produtores num sistema denominado de integração.

Historicamente, nesses sistemas de integração, o passivo ambiental da produção sempre foi de responsabilidade do produtor. Contudo, se a agroindústria deve prezar pelo desenvolvimento sustentável da comunidade, esta não é responsável pela potencial degradação dos recursos naturais que suas matérias-primas podem causar?

Deveria existir uma co-responsabilidade entre produtores e agroindústria, para viabilização ambiental da produção?

Se essa viabilização não ocorrer, isso irá prejudicar a saúde da comunidade e do ambiente, sendo que os funcionários também estão inseridos nessa comunidade e nesse ambiente, o que seria contrário a qualquer política ambiental de uma agroindústria.

Atualmente, o produtor não está conseguindo responsabilizar-se sozinho pelo ambiente que o cerca, diante dos diversos problemas ambientais comuns nas zonas de produção animal. É oportuno destacar que essa co-responsabilidade não deve ser somente de produtores e de agroindústrias, mas também de governos, fabricantes de insumos, consumidores e sociedade, mas a maior parte dessa responsabilidade cabe a esses dois agentes das cadeias.

Os objetivos de um Sistema de Gestão Ambiental (SGA) incluem comprometer-se para:

- Reduzir os resíduos e o esgotamento de recursos.
- Reduzir ou eliminar a liberação de poluentes no meio ambiente.
- Projetar produtos de modo a minimizar seus impactos ambientais nas fases de produção, uso e disposição.
- Controlar o impacto ambiental das fontes de matérias-primas.
- Minimizar qualquer impacto ambiental adverso significativo de novos empreendimentos.
- Promover a consciência ambiental entre os empregados e a comunidade.

O objetivo referente às fontes de matérias-primas pode ser um dos pilares para resolução dos problemas ambientais da produção animal. De acordo com Lindner (1995), um aspecto a ressaltar da coleção legal referente à produção de suínos confinados é que a responsabilização e penalidades são dirigidas exclusivamente aos produtores; não há referências, por exemplo, a uma co-responsabilidade das cooperativas e indústrias “integradoras”.

Consideradas as reconhecidas dificuldades estruturais dos órgãos de meio ambiente para efetuar uma rotina freqüente de fiscalização e controle em nível individual de propriedade, as mudanças deveriam ser apoiadas pela revisão do aparato legal já existente com base na aplicabilidade da definição de poluidor prevista no inciso IV, do artigo 3º, da *Lei da Política Nacional de Meio Ambiente* (Lei nº 6.938): “(...) poluidor, a pessoa física ou jurídica, de direito público ou privado, responsável, direta ou indiretamente, por atividades causadoras de degradação ambiental(...)”, o que para o caso das indústrias e cooperativas “integradoras”, tornaria razoável a interpretação de que elas são diretamente responsáveis pela eventual poluição causada por suas instalações industriais e indiretamente pelo despejo de dejetos suínos por seus produtores “integrados”, o que introduziria compulsoriamente nas suas estratégias a busca da resolução do problema.

Em algumas cadeias industriais, como a de pilhas e baterias, existe a responsabilidade das indústrias produtoras em recolher estes resíduos, dispondo-os e/ou tratando-os da melhor forma. Esse mesmo princípio poderia ser aplicado para produção animal, mas de uma forma inversa, ou seja, as questões técnico-ambientais, de redução dos impactos ambientais e tratamento dos resíduos e dejetos poderiam, também, ser absorvidas pela integradora, destacando que nesse processo essa integradora seria auditada por um órgão independente, para garantir a eficiência e a eficácia do processo. Essa responsabilidade abrangeria até mesmo um programa de redistribuição da produção ou realocação de instalações, após estudos sólidos que comprovassem tais necessidades.

Com isso, as unidades produtoras seriam inseridas no programa de gestão das agroindústrias e a gestão ambiental do meio rural seria potencializada. Não se trata aqui de defender um paternalismo da agroindústria para com o produtor, mas de estabelecer uma parceria entre os dois elos, sendo que nesta se contemplaria o aporte técnico e legal e nos casos, realmente necessários, o auxílio financeiro, por parte da agroindústria, para resolução dos problemas.

Essa responsabilidade da agroindústria para com a geração da matéria-prima pode ser cobrada, pois é responsável pela estrutura produtiva vigente, altamente concentradora da produção, responsabilidade esta que pode ser dividida com os poderes públicos, em todas suas esferas, pois estes também pactuaram com este sistema.

A concentração tem diversos benefícios como a melhoria da logística de transporte de matérias-primas e produtos, mas tem como principal malefício a degradação ambiental devido à concentração de cargas poluidoras, sendo que esse passivo deve ser dividido com todos que participam da produção.

O oeste Catarinense é um exemplo desse processo de concentração pois, como conseqüência, apresenta alto índice de poluição hídrica, o que começa a se tornar um limitante ao desenvolvimento de várias atividades econômicas. Há, também, os problemas referentes à poluição atmosférica e do solo (PALHARES et al., 2002).

Técnicas de manejo ambientalmente mais corretas, estipuladas pelas integradoras, poderiam abranger a utilização de rações com maior capacidade de absorção dos nutrientes pelos animais, o que diminuiria o teor destes nas fezes e urina; otimização da utilização dos recursos naturais nas propriedades. Isso abrangeria o que o SGA denomina como “utilizar racionalmente os recursos naturais”, principalmente, o uso da água para higienização e o armazenamento das águas pluviais que poderiam ser utilizadas nesse processo de limpeza e do solo como receptor de adubos orgânicos; elaboração e/ou redimensionamento de sistemas de tratamento para resíduos e dejetos, pautando-se por sistemas que gerem subprodutos capazes de diminuir os custos do tratamento (geração de compostos orgânicos, biogás, dejetos desidratados, etc.); desenvolvimento de programas de conscientização para preservação da saúde dos indivíduos, protegendo-os contra os riscos da produção, entre outras atividades que contribuiriam para a melhoria ambiental da produção e conscientização da comunidade.

Destaca-se que essa co-responsabilidade deve ocorrer em dois caminhos. O primeiro está relacionado aos problemas de cunho emergencial. Já é um fato, em áreas de concentração de unidades animais, a degradação da qualidade das águas e solos e a limitação de expansão dessas e de outras atividades econômicas devido à escassez de recursos naturais em quantidade e/ou qualidade.

Nesses casos, deve-se implementar ações pontuais, para se frear o processo degradatório para posteriormente ocorrer a recuperação dos ambientes. Apesar dessas ações serem pontuais, elas devem ser analisadas e viabilizadas num contexto sistêmico. Esses problemas emergenciais demandam um envolvimento da agroindústria com o integrado, pois são originados nas unidades de produção.

O segundo caminho, no qual a co-responsabilidade deve ser de todos os atores das cadeias produtivas, está relacionado ao que deve ser iniciado no momento para que essas cadeias se perpetuem como grandes geradoras de divisas e inclusão social, mas sem possuir um passivo ambiental. Assim, a visão deve ser a longo prazo, pois a necessidade de mudança das estruturas produtivas já é uma conclusão, cabendo aos diversos co-responsáveis decidir quais, como e qual o limite de tempo para essas mudanças serem implementadas. Essas mudanças devem visar a integralidade dos problemas e a viabilização da produção animal nas atuais e novas áreas passíveis de produção.

A resolução dos problemas ambientais causados pela produção de proteína animal não será alcançada por ações independentes e emergenciais caracterizadas por cunho pontual e de curto prazo. O envolvimento de todos os agentes que compõem as cadeias produtivas, estando eles realmente comprometidos com a resolução dos problemas, proporcionará ações estruturais e preventivas.

Impactos ambientais causados pela produção de animais

A avaliação dos impactos ambientais causados por uma atividade animal é um ponto fundamental e inicial na implantação de um sistema de gestão ambiental de uma propriedade ou bacia hidrográfica. Sem essa avaliação, qualquer sistema de gestão será ineficaz, pois foi baseado em algo não conhecido, e não há como resolver um problema ambiental sem conhecê-lo.

Mas, qual definição de impacto ambiental deve ser tomada como referência, para que essa avaliação seja feita? Como o referencial legal é sempre um norteador para as ações ambientais, tomar-se-á este para definirmos impacto ambiental e conseqüentemente quantificá-lo e qualificá-lo nas produções vigentes.

De acordo com a *Resolução Conama 1* (BRASIL, 1986),

Impacto ambiental é qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas que, direta ou indiretamente, afetam:

- I. A saúde, a segurança e o bem-estar da população.
- II. As atividades sociais e econômicas.
- III. A biota.
- IV. As condições estéticas e sanitárias do meio ambiente.
- V. A qualidade dos recursos ambientais.

Por essa definição, nota-se que a avaliação do impacto ambiental de uma atividade produtiva é algo bem mais amplo que a simples análise dos recursos naturais utilizados pela atividade, como muitos pensam. Esta engloba o social e o econômico, que juntamente com o ambiental, constituem-se nos três pilares do desenvolvimento sustentável. Portanto, a avaliação deve ser feita nesses três níveis, para assegurar a eficiência do processo de gestão ambiental.

A ciência já possui um histórico de estudos que estabelecem a relação da produção animal com o meio ambiente. Estes devem ser tomados como referenciais para implantação da gestão. Contudo, também é fato que muitos destes estudos resumem-se a condições muito pontuais e carentes de uma visão sistêmica, como deve ter qualquer programa de gestão.

Para o caso brasileiro, o estabelecimento dessas relações ainda é algo relativamente novo para o universo científico e, apesar de se dispor de vários dados, muitos ainda precisam ser gerados, principalmente, aqueles relacionados a planejamentos territoriais das produções.

A Tabela 1 apresenta uma série de dados que podem ser utilizados como norteadores teóricos para a avaliação de impactos ambientais das produções. Nela, pode-se observar como as produções animais se relacionam com os vários recursos naturais, características produtivas e do entorno impactando estes. Para o estabelecimento dessas relações, tomou-se como base a definição de impacto ambiental constante em lei, pois engloba todas os elementos participantes do ambiente. Destaca-se que, conforme se façam tomadas de decisões referentes ao estabelecimento de novas formas produtivas e ocupação do espaço, essa matriz de impactos sofrerá alterações, para positividade ou negatividade.

Tabela 1. Impactos ambientais causados pela produção animal.

Impacto	Como impacta	Conseqüências do impacto	Ações migratórias	Impacto social	Impacto econômico
Águas superficiais e subterrâneas	Consumo abusivo Poluição/ contaminação por elementos	Escassez hídrica e aumento da competitividade pelo recurso	Correções nos sistemas hidráulicos, nas instalações e no uso do recurso para higienização	Alto, nas condições de saúde da população, nos usos múltiplos da água e no conhecimento da fauna aquática	Alto, no gasto com o tratamento público/privado das águas para abastecimento, nos gastos com saúde pública e no tratamento de efluentes
	Poluição/ contaminação por microrganismos	Depreciação das condições físicas e químicas das águas	Correto tratamento dos efluentes e disposição dos resíduos no solo como fertilizantes	Médio, na geração de empregos na área de turismo rural	Médio, na utilização de regiões de produção para o turismo rural
	Alterações na biodiversidade planctônica e piscícola das águas superficiais	Águas caracterizadas como veículos de doenças humanas e animais	Mudança nos hábitos de manejo hídrico e de resíduos		
		Perda da biodiversidade aquática	Utilização de tecnologias nutricionais a fim de diminuir a excreção de elementos impactantes		
Solo	Poluição/ contaminação por elementos	Perda da capacidade agrícola dos solos (salinização, desertificação, etc.)	Utilização dos resíduos animais como fertilizante de forma correta, pautando-se pelo princípio do balanço de nutrientes e de capacidade de suporte dos solos	Alto, na disponibilidade de terras para o cultivo e fixação do homem no campo	Alto, na inviabilização dos solos para o plantio de culturas e geração de renda e divisas
	Poluição/ contaminação por microrganismos	Depreciação do recurso natural como suporte para flora	Utilização de tecnologias nutricionais a fim de diminuir a excreção de elementos impactantes		
	Alterações na biodiversidade do solo				

Continua

Tabela 1. Continuação

Impacto	Como impacta	Consequências do impacto	Ações migratórias	Impacto social	Impacto econômico
Ar	Emissão de odores, dióxido e monóxido de carbono, metano, gás sulfídrico, amônia, entre outros e partículas de poeira	Nos animais, queda dos índices zootécnicos; estresse, aumento da mortalidade e exposição dos animais a outras doenças	Correto manejo dos resíduos, no interior e exterior das instalações Aproveitamento dos resíduos como fertilizantes de forma menos impactante (incorporação destes no solo) Correto manejo dos sistemas de tratamento para que estes não sejam fontes de emissão Utilização de tecnologias nutricionais a fim de diminuir a excreção de elementos	Alto, no conforto ambiental da população rural Médio, na geração de empregos na área de turismo rural	Alto, na rentabilidade das produções e gastos com saúde do indivíduo Médio, na utilização de regiões de produção para o turismo rural
Clima	Emissão de gases estufa (dióxido e monóxido de carbono, metano, óxido nítrico)	Aquecimento global e suas consequências	Correto manejo dos resíduos, no interior e exterior das instalações Aproveitamento dos resíduos como fertilizantes de forma menos impactante (incorporação destes no solo) Correto manejo dos sistemas de tratamento para que estes não sejam fontes de emissão Utilização de tecnologias nutricionais a fim de diminuir a excreção de elementos	Alto, as mudanças climáticas causam alterações na qualidade de vida Médio, na geração de empregos na área de turismo rural	Alto, diminuição de áreas propícias para produção animal e vegetal e aumento do custo de produção destas e gastos públicos/privados decorrentes de alterações climáticas

Continua

Tabela 1. Continuação

Impacto	Como impacta	Consequências do impacto	Ações migratórias	Impacto social	Impacto econômico
Biodiversidade	Proporcionando condições ambientais adversas à biota devido à poluição e contaminação por resíduos animais	Degradação e/ou perda da flora e da fauna	Realização de estudos de impacto ambiental na flora e fauna antes da implantação dos empreendimentos recuperção da flora nativa em áreas específicas da propriedade	Alto, desconhecimento das características da biodiversidade nacional Médio, desconhecimento das relações da cultura humana com a biodiversidade	Alto, impossibilidade de geração de novos produtos, medicamentos, etc.
Condições sanitárias do rebanho	Devido à depreciação qualitativa e quantitativa dos recursos naturais	Diminuição dos índices zootécnicos	Todas citadas acima relacionadas à conservação dos recursos naturais	Alto, na redução de empregos Médio, na perpetuação do País como um produtor de credibilidade	Alto, nos gastos com biossegurança, no aumento dos custos de produção e na possibilidade de perdas de rendas e divisas
Custo de produção da criação	Aumento do consumo de insumos ambientais (água, solo, energia, etc.)	Reduzida disponibilidade ou insumo indisponível	Todas citadas acima relacionadas à conservação dos recursos naturais	Alto, dificuldade para fixação do homem no campo e maior competição por insumos	Alto, no aumento do custo de produção, na menor competitividade da atividade e maior valoração dos insumos ambientais

Continua

Tabela 1. Continuação

Impacto	Como impacta	Consequências do impacto	Ações migratórias	Impacto social	Impacto econômico
Condições de saúde da população	Devido à depreciação qualitativa e quantitativa dos recursos naturais	Diminuição da qualidade de vida das populações	Todas citadas acima relacionadas à conservação dos recursos naturais	Alto, na disponibilidade igualitária de recursos naturais em quantidade e qualidade para toda população	Alto, nos gastos público/privado com saúde humana.
Segurança dos alimentos	Oferta de proteína animal de baixa qualidade devido à contaminação por substâncias, microrganismos e resíduos inerentes à criação	Nos animais, diminuição dos índices zootécnicos, com possibilidade de condenação de carcaças e produtos Nos humanos, aumento dos riscos de contaminação humana e aparecimento de epidemias	Utilização de ingredientes de alta qualidade no arraaçamento dos animais Correto manejo sanitário e dos resíduos das criações	Alto, na oferta de alimentos em quantidade e qualidade Médio, na credibilidade dos produtos de origem animal	Alto, na renatabilidade do produtor e exportações do País.
Paisagem	Aparência dos recursos naturais	Cor e cheiro das águas Desertificação dos solos; emissão de odores, elementos e poeira; retirada de vegetação nativa; deslocamento da fauna	Inserção do manejo da paisagem nas atividades produtivas de animais	Alto, no conforto ambiental da população rural e na geração de empregos na área de turismo rural	Alto, na utilização de regiões de produção para o turismo rural e possibilidade de diversificação de renda para o produtor rural

Fonte: elaboração do autor.

Legislação ambiental como auxiliadora da gestão

A União deve viabilizar uma legislação federal para o manejo ambiental da produção animal. Isso possibilitará a equidade entre os estados e o delineamento de sistemas de gestão mais precisos.

Algumas diretrizes técnicas deveriam ser parte integrante de qualquer legislação ambiental relacionada ao licenciamento de atividades de produção animal. A seguir, são citadas algumas dessas diretrizes.

1. Capacitação dos suinocultores em manejo ambiental de granjas: seria um condicionante para se obter a licença e o produtor teria conhecimento do *Guia de Boas Práticas de Produção em Meio Ambiente*.
2. Plano de Manejo de Resíduos (assinado por um responsável técnico) devendo conter: documentação da origem e quantidade dos resíduos gerados; descrição do tipo de condução, armazenagem, tratamento; espacialização da propriedade (mapas da topografia, posicionamentos de fontes, poços e rios, divisas, áreas de aplicação de resíduos e áreas de preservação permanente).
3. Plano de uso de nutrientes como fertilizante (assinado por um responsável técnico e com periodicidade anual) devendo conter: fertilização referenciada no Balanço de Nutrientes; documentação da utilização como fertilizante (áreas de aplicação, tipo de resíduo e forma de distribuição, cronologia da aplicação, concentração de nutrientes dos resíduos e nos solos); apresentação do planejamento para as culturas vegetais a serem cultivadas no ano.
4. Exigência de certificado de treinamento para os responsáveis pela aplicação dos resíduos no solo.
5. Estabelecer diretrizes para diminuir a emissão de nutrientes via manejo nutricional e um guia sobre arraçamento ambientalmente correto.
6. Para relevos onde a incorporação dos resíduos ao solo é viável, esta deve ser a forma utilizada.
7. Incentivar o cultivo de culturas de inverno para aumentar o aproveitamento dos resíduos.
8. Todas as instalações devem ter hidrômetros instalados.

9. A separação das águas de drenagem dos efluentes deve ser obrigatória.
10. Todas as instalações onde ocorre o armazenamento e tratamento dos resíduos devem ter acesso restrito e controlado a humanos e animais.
11. Estabelecer normas para evitar e/ou disciplinar a emissão de elementos, poeiras e odores prejudiciais à saúde humana e ambiental.
12. Proibir a aplicação de resíduos no solo nos finais de semana e feriados.
13. Comprador ou vendedor de resíduos animais deve apresentar documentação contendo todas as informações referentes a esse comércio.
14. Incentivar a construção de estações de tratamento centralizadas a fim de minimizar os problemas de falta de área para disposição de resíduos e investimentos em estações próprias.

Uma experiência pioneira em termos de regularização ambiental de produções animais está ocorrendo na Região do Alto Uruguai Catarinense, envolvendo 16 municípios.

Desde 2001, vêm-se elaborando um Termo de Ajustamento de Conduta (TAC) para suinocultura, pois a grande maioria dos suinocultores da região não possuíam a licença ambiental exigida e tinham suas propriedades caracterizadas como potenciais focos de poluição.

Assim, o TAC foi elaborado, num esforço conjunto da Promotoria de Meio Ambiente do estado e municípios, agroindústrias, instituições de pesquisa e extensão rural, órgãos fiscalizadores estaduais, associação de suinocultores, organizações não-governamentais, universidades e comunidade.

O novo desafio é a implementação do TAC no campo, com o cumprimento no tempo de todas as ações técnicas delineadas para cada propriedade e a validação do processo, ou seja, a verificação de que a regularização ambiental de todas as propriedades refletiu na melhoria das condições quantitativas e qualitativas dos recursos naturais das microbacias hidrográficas.

Essa experiência pode ser exportada para outras regiões caracterizadas pela alta concentração de animais e baixo índice de licenciamento ambiental das produções animais. É oportuno destacar que o TAC só é válido para regiões ou Unidades da Federação que já possuam leis referentes ao licenciamento ambiental de atividades animais.

Boas Práticas de Produção (BPP)

As questões aqui abordadas conduzem à reflexão de como se poderia iniciar a resolução dos problemas de gestão ambiental das cadeias produtivas animais. Um dos métodos mais eficazes, com comprovações práticas em vários países do mundo, seria a partir do estabelecimento de Boas Práticas de Produção em Meio Ambiente (BPP/MA), voltadas à realidade brasileira.

As BPP/MA serviriam como um guia para a adequação dos sistemas produtivos já implementados, bem como para aqueles que virão a ser implantados, sendo possível de serem utilizadas pelas agroindústrias e produtores. Ressalta-se que, o estabelecimento de BPPs não deve se restringir ao manejo ambiental, devendo ser estabelecidas também boas práticas sobre questões de manejo, nutrição, melhoramento animal, sanidade, comportamento animal, ambiência e pré-abate.

É apresentado um exemplo resumido de proposta de BPPs que poderia ser considerado na produção animal. Nele, é destacado que os tópicos listados não contemplam toda a questão ambiental envolvida na produção, sendo que para a elaboração de uma BPP/MA seria necessária a participação de todos os atores envolvidos com a cadeia produtiva em questão:

- Na implantação das boas práticas de produção em meio ambiente (BPP/MA), é necessário efetuar uma avaliação ambiental, considerando a disponibilidade dos recursos naturais da propriedade e da bacia hidrográfica. Além disso, deve ser delineado um plano de gestão e monitoramento ambiental, caracterizando a severidade e probabilidade dos riscos ambientais para tomada de decisão.
- Avaliar os riscos ambientais para aproveitamento dos resíduos como fertilizante, levando-se em consideração o uso anterior e a aplicação de adubos na terra, as características do solo, o tipo de cultura a ser implantada e o impacto do cultivo em áreas adjacentes (inclusive de terceiros).
- Os resíduos devem ser armazenados e tratados em instalações apropriadas e perfeitamente dimensionadas para atender aos princípios legais e anular os riscos de poluição e contaminação ambiental.
- Coletar e dispor o lixo orgânico, inorgânico e veterinário de forma correta, providenciando recipientes próprios com tampa de segurança para armazenar as embalagens vazias de medicamentos, etc.

- A mão-de-obra deve utilizar vestimentas e equipamentos adequados ao manejo de resíduos segundo as normas de segurança, inclusive equipamentos de proteção individual (EPI). As pessoas que manejam os sistemas de armazenamento e tratamento de resíduos devem passar por exames de saúde, anualmente.
- A maquinária utilizada no manejo dos resíduos deve ser mantida em boas condições, considerando-se, principalmente, sua manutenção e calibração.

A Embrapa Suínos e Aves elaborou duas normas de boas práticas para essas cadeias produtivas, podendo ser tomadas como exemplos para outras cadeias animais.

Gestão ambiental das produções

Pode-se concluir que a promoção da gestão ambiental das cadeias produtivas de animais não é algo que se possa ter sem uma profunda mudança na estrutura produtiva vigente, bem como deve-se prezar por um real comprometimento de todos os atores envolvidos com essas produções.

A visão sistêmica também deve fazer parte de todo o processo, onde produtores, agroindústria, fabricantes, distribuidores e consumidores sejam considerados em todas as ações, sendo que estas não se limitem a ações estritamente ambientais, mas também sociais e econômicas. Assim, se promoverá a verdadeira gestão ambiental.

O próprio conceito de gestão ambiental afirma que esta deve assegurar o bom funcionamento do sistema, seu melhor rendimento, mas também sua perenidade e seu desenvolvimento.

Assim, deve-se ultrapassar a fase em que a gestão ambiental é implementada de forma segmentada, tendo como universo uma propriedade rural ou uma empresa, para uma fase em que os sistemas de gestão continuem a ser implementados nesses elos, mas com um conhecimento profundo da relação entre todos os elos pertencentes à cadeia produtiva em questão.

Esse tipo de abordagem do passado pode trazer benefícios imediatos para a sociedade, mas é onerosa e fortemente baseada na tecnologia de equipamentos. Contudo, em médio e em curto prazo, esses benefícios se dissipam e muitas vezes a situação de degradação é reiniciada.

Um bom sistema de gestão deve ser baseado no ser humano, pois é quem irá manejar as produções e seus resíduos, e não ter os resíduos como o princípio desse sistema como se observa em várias ações de insucesso. Portanto, o ser humano é o início e o fim do sistema.

Com essa visão, torna-se clara a importância da educação ambiental em qualquer sistema de gestão, pois somente esta poderá proporcionar a transformação do ser humano e suas relações com os recursos naturais.

O ato de educar é algo que ocorre em médio e em longo prazo, mas quando acontece de forma efetiva, produz resultados de menor custo para o elo produtivo e para a cadeia produtiva, e se perpetua no tempo, devido às mudanças culturais ocorridas.

Pesquisas feitas pela Embrapa Suínos e Aves e observações de campo demonstram, claramente, que quanto maior for o nível de escolaridade dos produtores rurais, melhor é a condição ambiental de sua propriedade. Assim, a relação educação/qualidade ambiental é direta, devendo cada vez mais ser fomentada por meio de ações educativas e de extensão rural.

Nas cadeias produtivas pecuárias, a gestão ambiental pode ser praticada de duas formas:

Na propriedade – Responsabilidade do indivíduo, produtor, que implementa um conjunto de medidas e procedimentos bem definidos e adequadamente aplicados para reduzir e controlar os impactos introduzidos por um empreendimento sobre o ambiente.

Na bacia hidrográfica – Responsabilidade da comunidade, devendo ser descentralizada e participativa, constituindo-se num método que incentiva os usuários, os produtores, a iniciativa privada, a sociedade civil, os órgãos públicos e outros agentes interessados na possibilidade de participar no processo de tomada de decisão.

Para ambas as formas, é imprescindível o conhecimento de alguns pontos. Sem eles, qualquer sistema de gestão será falho e não trará resultados em longo prazo. É importante destacar que esses conhecimentos não se restringem ao momento de implementação do sistema, mas devem acompanhá-lo durante todo o desenvolvimento da atividade produtiva. Os conhecimentos necessários são:

Conhecimento dos recursos naturais e de como esses recursos se relacionam com a produção animal – Graças a pesquisas feitas, esses conhecimentos já estão disponíveis, podendo ser alguns estudos para o

estabelecimento de relações em situações específicas. A melhor forma de se obter esses conhecimentos é pela leitura e busca contínua de bibliografia técnico-científica.

Conhecimento dos conceitos fundamentais das ciências ambientais –

O entendimento dessa conceituação é importante para que haja desde o entendimento da literatura até o estabelecimento de canais de comunicação com profissionais da área com experiências onde erros e acertos podem ser aprendidos. Não se deve implementar um sistema de gestão sem antes conhecer o idioma ambiental, pois este é no mínimo necessário para o entendimento da legislação ambiental.

Conhecimento quantitativo e qualitativo dos resíduos gerados pelas criações animais –

Os resíduos constituem-se na parte concreta do problema, aquela passível de visualização e integral caracterização. A parte abstrata seria a relação homem/produção/ambiente mais difícil de visualizar e de caracterizar. Portanto, conhecer essa parte concreta é fundamental para busca do equilíbrio ambiental. Esse conhecimento está disponível na literatura, mas deve ser gerado para cada situação de intervenção por meio de uma avaliação de impactos ambientais.

Conhecimento da legislação ambiental relacionada às atividades zootécnicas –

Há várias legislações que incidem na produção animal. Estas englobam desde o nível federal, como o *Código Florestal*, a Política Nacional de Recursos Hídricos, e a *Lei de Classificação dos Corpos de Água*, passando pelos estados que irão definir as regras para o licenciamento das atividades e chegando aos municípios, que estabelecerão as áreas urbanas e rurais do espaço. Conhecer todas essas leis é um ponto inicial para se implementar a atividade, bem como para mantê-la.

Conhecimento de outras atividades passíveis de interação –

Nenhuma atividade animal será sustentável em si, ou seja, nenhuma conseguirá reutilizar/reciclar seus resíduos dentro da própria atividade. Assim, conhecer outras atividades que possam interagir com a atividade em questão, para facilitar a gestão, é uma forma de reduzir o custo das intervenções e em alguns casos até gerar uma forma de renda. Exemplos de interação são a consorciação de suinoculturas com pisciculturas, a adubação de culturas vegetais com dejetos de animais, a geração de energia a partir de biomassa de dejetos, entre outros.

Conhecimento das várias soluções de tratamento de resíduos animais

– Não há uma forma melhor de se tratar os resíduos animais. A melhor forma é aquela mais adaptada às condições de instrução, econômicas e ambientais da propriedade ou bacia hidrográfica. Para se detectar a melhor ou melhores formas, deve-se conhecer muito bem a realidade produtiva e a situação tecnológica do momento.

Conhecimento da economia de produção e ambiental

– A economia de produção é algo bem conhecido de qualquer profissional agropecuário, mas a economia ambiental é uma ciência nova e que tem muito conhecimento a ser gerado. Atualmente, cabe ao profissional da gestão ambiental estabelecer as relações da economia de produção com a manutenção quantitativa e qualitativa dos recursos naturais, pois sem esses recursos não existirá produção. Então, saber que uma água de qualidade incidirá no desempenho zootécnico do rebanho e que caso esta não tenha a qualidade necessária, deverá se dispor de recursos financeiros para adequá-la, torna-se necessário para viabilização econômica e manutenção da competitividade da atividade ou região.

Conhecimento do ser humano – Como dito anteriormente, o ser humano deve ser o início e o fim de um sistema de gestão, pois é ele quem causa o impacto ambiental, e não os animais; e é ele o beneficiário do sistema de gestão desenvolvido com eficiência. Com isso, toda ação deve ter intrínseca, em si, o conhecimento de como o produtor ou comunidade da bacia hidrográfica se relaciona com o ambiente. Para se atingir tal conhecimento, são fundamentais noções de sociologia, psicologia, pedagogia e administração. Todas as ações devem estar inseridas num programa de educação ambiental, o qual será parte integrante da gestão.

Conhecimento de metodologias de monitoramento

– Após a implementação do sistema de gestão, é preciso que esse sistema seja constantemente avaliado, para que os erros sejam detectados e as correções sejam feitas. O monitoramento também é importante, pois possibilita atualizações de conhecimentos e tecnologias que irão promover a melhoria dos sistema de gestão. Existem várias metodologias de monitoramento de sistemas, cabendo ao profissional detectar qual a melhor para sua realidade. O monitoramento também é uma exigência legal e parte de processos de certificação ambiental.

Com tais conhecimentos, o sistema de gestão ambiental poderá ser implementado, tendo grande possibilidade de mitigar os problemas ambientais e garantir a perpetuação da atividade produtiva em longo prazo.

Referências

- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional de Meio Ambiente. **Resolução Conama 01 de 23 de janeiro de 1986**. Dispõe sobre a Política Nacional de Meio Ambiente. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br>>. Acesso em: 25 jan. 2000.
- LINDNER, E. A. Legislação ambiental vigente: In: _____. **Aspectos práticos do manejo de dejetos suínos**. Florianópolis: EPAGRI: EMBRAPA-CNPSA, 1995. p. 100-110.
- NEUMANN, P. S.; LOCH, C. Legislação Ambiental, Desenvolvimento Rural e Práticas Agrícolas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 32, n. 2, p. 243-249, 2002.
- PALHARES, J. C. P. et al. **Impacto ambiental da concentração de suínos na microbacia hidrográfica do Rio Fragosos**. Concórdia: EMBRAPA-CNPSA, 2002. 8 p. (EMBRAPA-CNPSA. Comunicado Técnico, 307).
- SARACENO, E. **Conceito de ruralidade**: problema de definição em escala européia. Campinas: Unicamp, 1997. Disponível em: <<http://www.ecunicamp.br/indexie.html>>. Acesso em: 22 set. 2000.

A stylized graphic of four leaves arranged in a cross-like pattern. The top-left leaf is dark grey, the top-right is medium grey, the bottom-left is light grey, and the bottom-right is dark grey.

Capítulo 9

Gestão Ambiental
nas Cadeias
Produtivas Vegetais

Luciano Gebler



Introdução

O processo de Avaliação de Impacto Ambiental (AIA) é baseado nos aspectos sociais, econômicos e agroecológicos de tudo que envolve a produção vegetal. Na maioria das vezes, em âmbito regional, é uma ciência precisa, conceitualmente documentada, que deve ser fixada num período e em áreas delimitadas, sendo regida inclusive por normativas oficiais (CONAMA, 1986, 1997).

Muitas vezes, isso a deixa demasiadamente ampla, por não se saber exatamente o que averiguar, levando-se em conta as exigências técnicas e legais para a execução do processo e as penalidades intrínsecas a ele, impedindo a comparação de resultados entre situações geograficamente próximas, mas em condições levemente diferentes.

A vantagem da aplicação antecipada de um projeto de gestão ambiental, anterior à avaliação final dos impactos, é disponibilizar ao gestor certa liberalidade de limites, sempre acompanhado de um processo de monitoramento e avaliação parcial contínuo.

Isso torna possível a correção imediata de eventuais desvios durante o período delimitado de trabalho, principalmente na parte do plano de gestão focada nas áreas de maior probabilidade da ocorrência de impactos. Ao final desse período, poderá ser executada, ou não, uma AIA completa.

Como uma AIA exige um ponto de corte estático no tempo e no espaço – e suas correções são feitas somente ao final do procedimento de análise – num empreendimento dinâmico de longo prazo, muitas vezes, tornam-se extensas e caras. Por exemplo, a cada nova técnica ou ferramenta introduzida num sistema produtivo, corre-se o risco de ter-se que reavaliar as matrizes de avaliação de impacto, alterando, atrasando ou mesmo inviabilizando o processo de avaliação. Nesses casos, a utilização de um Sistema de Gestão Ambiental (SGA) ou de planos de gestão como instrumento de avaliação pode trazer vantagem ao usuário.

Ao se implantar um plano de gestão ambiental, com um roteiro programático mínimo comum a todos os casos, sendo esse plano devidamente testado e sensibilizado, permitir-se-ia comparações entre as diferentes situações locais e um roteiro-padrão de parâmetros, ou entre o planejado e o executado, ou entre outros indicadores. Isso possibilita ao usuário, suficiente

liberdade e individualidade para adequar um SGA a cada condição ambiental específica, sem perder a comparação entre seus congêneres, podendo também servir de base para certificação ambiental, quando necessário.

A legislação ambiental e a produção vegetal

No Brasil, há uma correlação bastante próxima entre lei agrária e lei ambiental, e a produção vegetal. Isso se dá pela própria condição do sistema produtivo, que é desenvolvido sobre uma área física e com utilização de recursos naturais que são regidos, direta ou indiretamente, por um conjunto de leis, decretos, normas reguladoras federais, estaduais e municipais, que delimitam ações e obras no meio agrícola.

Conforme visto anteriormente, ninguém pode alegar o desconhecimento dessas leis como justificativa para seu descumprimento. Assim, o profissional ou interessado na produção vegetal deve conhecer pelo menos o conjunto da legislação que – direta ou indiretamente – afete a atividade, não esquecendo-se de que mesmo ações executadas em tempos passados podem vir a ser cobradas pelo conjunto das leis atuais, exigindo correções necessárias ao sistema. Portanto, recomenda-se que as legislações referentes ao *Código Florestal Brasileiro*, *Código das Águas*, *Codex Alimentar Nacional e Internacional*, à *Lei de Crimes Ambientais* (BRASIL, 1998), às resoluções do Conselho Nacional de Meio Ambiente (Conama) e às portarias da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Anvisa), referentes à potabilidade de água e segurança dos alimentos sejam de amplo conhecimento do planejador do sistema.

No contexto da produção agrícola, a água tem importância fundamental, pois em volume, é o principal constituinte das frutas, verduras e cereais, e ao mesmo tempo, o principal solvente dos produtos e microrganismos que podem afetar a qualidade e a segurança da produção. Logo, o planejamento do uso e do monitoramento desse insumo deve ser feito com grande cuidado.

Nesse conjunto, um dos pontos a serem observados é referente à distância mínima que qualquer empreendimento rural (área de produção agrícola, construção, florestamento, estrada, etc.), deve respeitar em relação a um corpo de água existente (rio, riacho, lago, nascente, reservatório, pântano, etc.), e de algumas situações geográficas especiais, pois são considerados Áreas de Proteção Ambiental (APAs).

Convém lembrar que, nessas áreas, é vedada qualquer utilização para fins econômicos, dos elementos que as compõem. Também devem ser levadas em conta as áreas de conservação ambiental na propriedade, que dependendo da região ecológica do Brasil, variam de 20 % a 80 % da área total da propriedade, sendo possível a exploração comercial sustentável, mediante a aplicação e a execução de um plano de manejo sustentável, registrado junto ao órgão ambiental competente. Alguns desses dados são resumidos na Tabela 1.

Recomenda-se, também, que seja observado o exposto no texto da resolução 357/2005 do Conama, que dispõe sobre os padrões de qualidade de água exigidos nos diferentes tipos de corpos hídricos brasileiros, onde consta na relação dos usos, sua utilização na agricultura como irrigação, e, especificamente o caso de verduras e frutas que não passem por processamento de pós-colheita, o cuidado com a qualidade das águas utilizadas no tratamento fitossanitário.

No caso de processamento em pós-colheita, deve ser observada, também, a Resolução 518/2004, da Anvisa, que reflete na potabilidade da água utilizada. Convém deixar claro que, no Brasil, os parâmetros exigidos são mais restritivos que aqueles recomendados pela Organização Mundial da Saúde (OMS), utilizados como parâmetros de controle nas avaliações dos sistemas agrícolas na Europa e nos Estados Unidos – e por alguns protocolos de certificação –, como a EurepGAP, HACCP, dentre outros, estando em conformidade com eles.

Na Tabela 2, procurou-se reunir alguns itens de alguns padrões oficiais de qualidade e potabilidade de água exigidos em diversas partes do Brasil¹ e do mundo, para se ter uma comparação direta da variação do grau de exigência na qualidade e na potabilidade da água utilizada pelo mundo.

É importante salientar ainda, a diferença entre qualidade e potabilidade da água, para se evitar erros no processo de monitoramento. Qualidade de águas diz respeito às características físico-químicas e biológicas de determinado corpo d'água, definido em normativa técnica ou legal, que o classifica em maior ou menor grau de possibilidade de uso, mesmo que ele não esteja sendo utilizado para a condição determinada.

Potabilidade pressupõe que o uso desse manancial é prioritariamente destinado, direta ou indiretamente, ao consumo humano, sendo os padrões mais rígidos, para evitar doenças e intoxicações advindas dessa água.

¹ Algumas legislações estaduais ou municipais podem ser ainda mais restritivas que a legislação federal sobre o assunto.

Tabela 1. Exigências legais quanto às faixas de Área de Preservação Permanente (APP), estabelecidas às margens de corpos d'água e em áreas de condição especial, no Brasil.

Faixas de preservação permanente	
Largura do corpo d'água ¹	Largura da área de preservação
Até 10 m	30 m
> de 10 até 50 m	50 m
> de 50 a 200 m	100 m
> de 200 a 600 m	200 m
Acima de 600 m	500 m
Nascentes ou olhos d'água	50 m
Lagoas, lagos ou reservatórios de água naturais ou artificiais	Áreas urbanas: - 30 m Áreas rurais: a) Naturais Área superficial até 20 ha - 50 m Área superficial > 20 ha - 100 m b) Artificiais Área superficial até 20 ha - 15 m Área superficial > 20 ha - 100 m
Topos de morros e chapadas	100 m
Declividade acima de 45° (100 % de declividade)	Toda área nessa condição é considerada como APP
*Observar:	Poços artesianos: legislação específica federal e estadual Áreas de conservação

Fonte: *Código Florestal Brasileiro*, 1965 (BRASIL, 1965); MP nº 2.166-65/01 (BRASIL, 2001); Resol. 302 do Conama (CONAMA, 2002).

Apesar da exigência do nível de qualidade ou de potabilidade desses parâmetros – estipulados de forma técnica ou legal – ser igual para todos os seres humanos, ele pode variar de local para local no mundo, devido a fatores diversos como o comprometimento da qualidade de água do país ou região, o nível tecnológico disponível para seu tratamento, o nível cultural e econômico da população local e a possibilidade dessa população aceitar consumir e pagar o custo de determinado nível de tratamento da água, dentre outros (Tabela 2).

Tabela 2. Exemplo de limites internacionais e nacionais para alguns parâmetros de qualidade e potabilidade de água.

Indicadores/Parâmetros	OMS ^a	OMS ^b	Conama ^c	Anvisa ^d
pH	6,5 a 8,5	< 8,0	6,0 a 9,0	6,0 a 9,5
Turbidez UT ou NTU	5,0	5,0	até 100,0	5,0
DBO5 (20 °C) mg/L O2	-	-	até 5,0	-
Sólidos dissolvidos totais mg/L	1000	1000	500	1000
Fósforo total mg/L	-	-	até 0,030 (lêntico); até 0,050 (intermed.)	-
Nitrato mg/L	10,0	50,0	10,0	10,0
Nitrito mg/L	3,0	3,0	1,0	1,0
N amoniacal mg/L	-	-	3,7 (pH 7,5) 2,0 (7,5 < pH 8,0) 1,0 (8,0 < pH 8,5) 0,5 (pH > 8,5)	-
Oxigênio dissolvido mg/L	-	-	+ de 5,0	-
Coliformes totais Núm/100 mL H ₂ O	-	0	-	0
Coliformes fecais Núm/100 mL H ₂ O	0	0	-	0
Escherichia coli	-	-	até 800 ¹	0
Coliformes termotolerantes	-	-	até 1000 ²	0
Giardia spp. e oocistos de <i>Cryptosporidium</i> sp	-	-	-	0
Metal cromo total mg/L	???	???	0,05	0,05
Metal cromo III mg/L	0,05	0,05	-	-
Metal cobre dissolvido mg/L	2,0	2,0	0,009	2,0
Metal zinco mg/L	3,0	3,0	-	5,0
Metal cádmio mg/L	0,003	0,003	0,001	0,005
Metal chumbo total mg/L	0,01	0,01	0,01	0,01

^a Recomendação da OMS para potabilidade de águas (WORLD HEALTH ORGANIZATION, 2004).

^b Recomendação da OMS para qualidade de águas (WORLD HEALTH ORGANIZATION, 2004).

^c Resolução 357 do Conama, de 17/03/2005 para qualidade de águas classe 2 (CONAMA, 2005).

^d Portaria Anvisa nº 518, de 25/03/2004 para probabilidade de água (ANVISA, 2004).

¹ Levando-se em consideração a Resolução 274 do Conama, de novembro de 2004.

² Valor máximo presente em 80 % de seis análises bimensais ao longo do ano.

Para a definição dos parâmetros de um processo de monitoramento de qualidade de água no plano de gestão ambiental, recomenda-se obedecer àqueles estabelecidos na legislação brasileira, em todos os níveis exigidos. Caso o produto seja destinado à exportação, deve-se criar um grupo de parâmetros mistos entre o exigido na legislação brasileira e aqueles exigidos pelas entidades certificadoras dos países de destino, desde que sejam mais restritivos, evitando problemas de ordem legal e comercial ao sistema.

Considerando outras influências que o aspecto legal possa exercer sobre o plano de gestão, é importante lembrar que serão usados produtos tóxicos, que podem vir a gerar resíduos, principalmente quando há falta ou má aplicação do conjunto de Boas Práticas Agrícolas (BPAs) e da *Lei dos Agrotóxicos*, durante seu manuseio. Nesse caso, eles podem contaminar diretamente o meio ambiente, causando impactos negativos e passivos ambientais consideráveis.

Logo, as leis que envolvam o uso, aplicação, armazenamento e descarte de agrotóxicos e resíduos devem ser estudadas para evitar procedimentos incorretos, e, finalmente, no momento da comercialização, atender também aos limites impostos no *Codex Alimentar Nacional e Internacional* quanto aos Limites Máximos de Resíduos permitidos (LMRs), evitando problemas também de rejeição sanitária e comercial do produto agrícola. Por fim, deve-se lembrar que a legislação é mutável com o tempo, devendo-se ter cuidado de buscar as fontes mais atualizadas ao consultá-la.

Poluição pontual versus Poluição não-pontual por agroquímicos

O termo poluição, aplicado ao ambiente agrícola, introduz a noção de que durante o processo em análise, está havendo algum tipo de acúmulo ou resíduo não aproveitado inteiramente pela biota local, suplantando a capacidade que o meio ambiente teria de eliminar ou processar, resultando num conseqüente desequilíbrio nas cadeias biológicas e produzindo estresse ambiental.

Já os termos pontual e não-pontual (ou difuso), envolvem a forma que esse resíduo é depositado no ambiente, seja num só ponto ou dispersado numa área, envolvendo questões de concentração ou desconcentração do material.

Esses processos são comumente vinculados à utilização de insumos agroquímicos na produção agrícola, notadamente os agrotóxicos, as caldas minerais, os fertilizantes, tanto os químicos quanto os orgânicos, dentre outros de menor importância. Ainda assim, outros processos físicos, químicos, biológicos ou sociais podem ser a fonte principal da degradação ambiental local.

O fator-chave que pode desencadear, aumentar, reduzir ou estancar o dano causado é determinado pelo planejamento e manejo da área, pois são eles que conduzirão todas as ações que influenciarão no processo de degradação do ambiente em estudo, bem como a forma de sua resposta à agressão imposta e do tempo que levará para retornar à condição inicial (resiliência).

Assim, se houver um bom conhecimento prévio do que ocorre com tais produtos após sua aplicação, o risco de dano poderá ser diminuído por meio de planejamento prévio de ações mitigadoras ou preventivas, contribuindo para a redução dos impactos negativos que porventura venham a ocorrer, ou mesmo incrementando o grau de impacto ambiental positivo que o sistema possa proporcionar em relação à condição anterior (USEPA, 1997).

Os agroquímicos e seus resíduos se movimentam no meio ambiente por processos físicos, tais como escoamento superficial, lixiviação, translocação pelas plantas e volatilização, dentre outros, sendo então fixados, utilizados ou degradados pelos processos químicos e biológicos.

Com o conhecimento de qual compartimento ambiental o produto pode ser encontrado, torna-se possível determinar quais as principais formas de degradação que esse produto estará exposto, possibilitando uma previsão de seu deslocamento, aproveitamento ou concentração, e o tempo para seu desaparecimento daquele ecossistema. Logo, o conhecimento dessas rotas traz vantagem técnica ao planejador ambiental, para a boa elaboração de um SGA.

Quando o processo de eliminação do resíduo se dá unicamente por meios naturais, se diz que houve ação da atenuação natural. Caso haja necessidade da intervenção humana, ocorre um processo de mitigação ou atenuação controlada. Dentro dessa visão, é importante esclarecer as diferenças entre poluição e contaminação.

Segundo Carvalho (1981), normalmente, poluição é parte de um processo onde algum resíduo esteja numa condição que naturalmente não é a dele, podendo causar alteração ou dano ao ambiente.

Contaminação envolve o entendimento que algum agente poluidor (resíduo) ultrapassou determinados níveis de segurança estabelecidos em parâmetros próprios, havendo o dano ao ambiente. Tradicionalmente, o risco de um agroquímico causar dano ao ambiente é maior quando ele é aplicado – intencionalmente ou não – de forma pontual. Entretanto, o maior volume de produtos usados numa área de produção agrícola, é de forma não-pontual ou difusa, por meio de pulverizações de produtos fitossanitários, adubações de cobertura, dentre outros.

Quando o agroquímico utilizado é recomendado corretamente para a cultura, sendo obedecida a dose de aplicação recomendada, as exigências das condições ambientais e o manejo ocorrerem de forma planejada, grande parte do risco de contaminação que possa existir é eliminado pela atenuação natural, pois para autorizar o uso de um agroquímico, dependendo do produto analisado, há o envolvimento dos Ministérios da Agricultura, Saúde e Meio Ambiente, que obrigam a execução de uma série de testes, visando à segurança da produção agrícola, da saúde do trabalhador e consumidor, e do meio ambiente.

Já nos casos de contaminação pontual, onde as condições e produtos não foram planejados para o destino dado, passará a existir o risco de, ao longo de um determinado tempo, vir a se formar um excesso na concentração do produto ali depositado, possibilitando falhas na biodegradação do produto, necessitando-se recorrer ao planejamento e à execução de medidas de mitigação e controle adequadas.

Alguns pontos que podem servir de exemplos desse tipo de poluição e que devem ser vinculados à produção vegetal, são os pontos de carregamento dos antigos depósitos subterrâneos de embalagens de agrotóxico, as fossas das instalações sanitárias rurais mal dimensionadas, os reservatórios de combustíveis, além dos locais de amontoa, compostagem e estoque de fertilizante orgânico.

Mesmo contando que todas as exigências de uso e condições de aplicação sejam favoráveis, é conveniente que se utilize o máximo de precauções antes, durante e depois do uso de agroquímicos, pois a ocorrência de acidentes pode levar à contaminação pontual de uma área, sendo bastante dispendiosa sua remediação.

Já quando a contaminação por agroquímico é de forma difusa, geralmente se aplica a atenuação natural, como método de remediação. Essa opção é válida pelas dimensões de áreas envolvidas, pela concentração e pelo tipo de contaminante.

A maioria das condições que levam a essa contaminação envolve situações como manejo inadequado dos produtos, desrespeito às exigências de carências ou condições físicas do local muito alteradas, como solos rasos ou erodidos, rachaduras profundas no solo, solos com alta perda do horizonte A, a inexistência de faixas de proteção entre a área agrícola e corpos d'água, dentre outras.

Gestão ambiental e análise de risco na atividade agrícola

O conceito de gestão ambiental é ainda difuso, mesmo entre especialistas da área, mas deve significar a orientação e a adoção de ações de curto, médio e longo prazos, devidamente registradas, que conduzam a área em estudo o mais próximo possível da sustentabilidade social, econômica e ambiental, monitorando e avaliando permanentemente, e, ao longo do tempo, efetuando as correções quando necessárias, evitando assim altos custos de mitigação, geração de passivo ambiental ou incremento do impacto ambiental negativo (SANTOS, 2004).

Delimitação da área de estudo

Na fase inicial de planejamento do plano de gestão ambiental, o executor deve adquirir e registrar o máximo de informações sobre a área a ser estudada, pois sobre essa base física serão identificados os riscos e os impactos ambientais que já estão presentes, os que irão surgir decorrente de novas ações. Em seguida, esse executor deve iniciar o dimensionamento das ações corretivas.

Essa é outra vantagem da aplicação direta de um plano de gestão em relação à aplicação de uma avaliação de impactos, pois nele o estudo pode ser simplificado e ficar restrito à área física da propriedade, enquanto na AIA, o estudo obrigatoriamente deve levar, também, em conta os efeitos conexos nas regiões e comunidades vizinhas.

É importante salientar que a unidade ideal de mapeamento para a execução de um plano de gestão ambiental é a microbacia hidrográfica, onde há o controle de fatores como entradas e saídas de água, de possíveis contaminantes, da erosão, dinâmica populacional, dentre outros, levando a um apurado grau de controle.

Pensando-se numa situação em que o usuário comum – proprietário ou responsável técnico pela propriedade – tenha de executar o planejamento, nem sempre a utilização da microbacia como unidade de trabalho será possível, pois só haverá controle sobre a área da propriedade rural.

Nesse caso, esse usuário deve observar as entradas e saídas de materiais segundo os limites de sua propriedade, como se fosse uma microbacia. Logo, o plano deve contemplar, no mínimo, a área total da propriedade, mesmo que ele esteja sendo desenvolvido para um talhão somente e, quando possível, expandir os limites até envolver a microbacia.

Atualmente, dentro das tecnologias disponíveis no mercado, o planejador poderá optar por um leque variado de métodos topográficos, mas o desejável é que haja, no mínimo, uma planta plani-altimétrica em escala apropriada (entre 1:500 e 1:20.000, dependendo da dimensão da propriedade), constando área total e/ou por talhões, com as respectivas dimensões horizontais e alturas, com erro topográfico-padrão ou inferior.

Se a planta topográfica for geo-referenciada, apesar de inicialmente representar um custo mais elevado, apresenta uma série de vantagens ao longo do tempo, pois facilitará o cadastro inicial da área e, à medida que as alterações necessárias forem sendo implementadas, as correções no projeto poderão ser facilmente feitas via computador e localizadas a campo com um aparelho GPS, sem necessidade de novo levantamento topográfico.

Em caso de necessidade – e de forma emergencial – seja por falta de condição técnica ou econômica para a implementação do plano naquele momento, pode-se lançar mão de um croqui detalhado, a ser substituído por mapa topográfico, assim que for possível. Nesse caso, recomenda-se a elaboração do mapa já como uma das ações de mitigação previstas no plano, registrando-se o prazo de conclusão no documento, para conferência durante a avaliação do plano.

No mapa, devem estar representados os acidentes geográficos de destaque como cursos d'água, reservatórios (naturais ou construídos), áreas de alta declividade, áreas de preservação permanente e de conservação, áreas urbanizadas e estradas de rodagem internas e de acesso ao local mapeado, bem como a situação dos pontos cardeais. Também devem constar os pontos que apresentem maiores possibilidades de provocar alterações ambientais, como áreas com drenos, pontos de recarga de agrotóxicos, locais de depósitos de agroquímicos ou suas embalagens, oficinas, sanitários e fossas, dentre outros.

Nesse mapa, é possível reunir outras informações básicas para análise ambiental, como tipo, característica e forma de utilização do solo, vegetação,

água, composição da cultura/espécie/variedade por talhão, número de plantas por fila/canteiro/hectare, dentre outras.

Ferramental de apoio ao plano de gestão ambiental

Após a conclusão dos mapas, é necessário averiguar quais pontos que podem ou não gerar riscos ao meio ambiente.

É importante ter-se em mente que risco é um conceito estatístico, segundo o qual é avaliada a probabilidade de algo vir a causar dano à determinada situação, coisa ou pessoa. Isso pode ser utilizado como um instrumento básico, utilizado tanto para averiguação do existente, quanto para previsão de ações, podendo inclusive variar o nível de risco e o prazo em que deve ser aplicado como análise.

O *check list* de diversos sistemas de certificação ambiental – existentes no mercado atual – podem ser uma das ferramentas que auxiliarão a montagem do plano. Também é importante lembrar que, quando comparada à maioria desses protocolos, a própria legislação ambiental brasileira é (em grande parte dos aspectos que visam à segurança ambiental), muito mais restritiva, e a área de produção adequada a ela, pouco ou nada mais teria de complementar.

Além do que foi sugerido anteriormente, os demais pontos que devem ser levados em conta ao serem mapeados e executados no planejamento, são:

- Requisitos quanto ao uso de agrotóxicos e os limites máximos de resíduos (LMRs) permitidos nos países importadores.
- Higiene do meio ambiente.
- Segurança e Saúde do Trabalho na prevenção de acidentes com agrotóxicos de acordo com a Fundacentro/MT (ou Cipa/TR).
- Conservação e manejo de solo, água e proteção ambiental.
- Manuseio de agrotóxicos e sistema de reciclagem de embalagens.
- Conservação do ecossistema ao redor do pomar e agricultura sustentável, organizando a atividade do sistema produtivo de acordo com a região, respeitando suas funções ecológicas de forma a promover o desenvolvimento sustentável.
- Controle da qualidade da água para irrigação e pulverização.

- Aspectos físicos exigidos na legislação ambiental.
- Sistema de manutenção e aferição dos equipamentos para a aplicação de agroquímicos.
- Boas Práticas Agrícolas (BPAs).
- Treinamento e capacitação continuada, em diversos níveis e dependendo da necessidade, ao responsável técnico, gerente(s) e demais funcionários.

A diversidade de ferramental de apoio que se dispõe para apoiar a formatação do plano é ampla, como, por exemplo, os cadernos de campo da Produção Integrada no Brasil, diversos manuais e formulários de protocolos comerciais internacionais como ISO, HACCP, EurepGAP, manuais e formulários de Análise de Perigos e Pontos Críticos de Controle (APPCC) e BPAs, material didático proveniente da pesquisa ou órgãos públicos e análises laboratoriais usadas como apoio à produção (solo, água e resíduos).

Estão surgindo também opções de futuro como a utilização de matrizes de impacto e aplicação de modelos matemáticos, que devem ser ainda testados e acreditados para as condições brasileiras. Além dessas ferramentas, a correta execução do plano de gestão dependerá de um programa de monitoramento ambiental estabelecido, conforme discutido em capítulos anteriores, e que será responsável, também, pelo banco de dados local, que servirá de base para as futuras avaliações de impacto do sistema produtivo.

Essa diversidade de ferramentas e processos é útil, pois como as condições ambientais divergem de local para local, a execução de um documento desse nível de complexidade não permite a existência de uma receita única para todos os casos.

Compilação das informações e elaboração do relatório de gestão

De posse do mapa, a locação dos pontos de risco, a criação e implementação do plano de monitoramento, todas as informações devem ser reunidas em um documento elaborado em forma de relatório, que deve ficar à disposição do público interessado (auditores, técnicos e assistentes, empregados, dentre outros).

Esse relatório deve registrar o levantamento das características de cada área analisada individualmente e como elas podem interagir entre si e com os arredores. Além disso, deve analisar os riscos ambientais encontrados – sejam pontuais ou não pontuais, por área ou em toda a propriedade – tentando classificá-los conforme suas características (SUTTER, 1996a, b).

Podem ser utilizadas tabelas de risco pré-existent e apresentadas em publicações diversas, ou ainda, criar uma forma de classificação própria, caso não haja tal parâmetro identificado em legislação ou protocolo de certificação anterior (USEPA, 1997, 1998, 2002a, b). De qualquer forma, essas tabelas devem apresentar os conceitos usados de forma detalhada, para evitar erros de interpretação. Nesse caso, um dos exemplos é o uso da expressão “avaliação de impacto”.

Um impacto ambiental pode ser positivo, quando a condição atual do local em análise é ambientalmente melhor do que a condição anterior, ou negativo, quando há a degradação dessa qualidade, sempre utilizando-se indicadores que tentem esclarecer e aferir.

Esse relatório pode ser apresentado e comparado periodicamente de diversas formas, seja escrito como texto simples, seja por sobreposição de mapas, comparando o mapa-base do plano de gestão, indicando as melhoras que foram implementadas; seja por *checklist*, compilados e aferidos pelos resultados planejados *versus* o executado; seja por meio de diagramas e gráficos como o apresentado na Fig. 1, dentre outros.

Um dado que deve constar nesse relatório é a forma de mitigação, ou reparação, da problemática ou dano ambiental, se ele existir ou vier a existir, por ações do projeto, sempre deixando registrado o prazo planejado para a correção.

Esse processo mitigatório deve ser muito bem explicado e descrito caso a caso e passo a passo, como o exemplo a seguir, apresentado na Tabela 3.

A avaliação do impacto ambiental na produção vegetal

Após o planejamento, elaboração – e estando o plano de gestão ambiental de determinada área em execução – é possível passar à etapa seguinte, avaliando o processo. Essa avaliação será então a AIA definitiva da

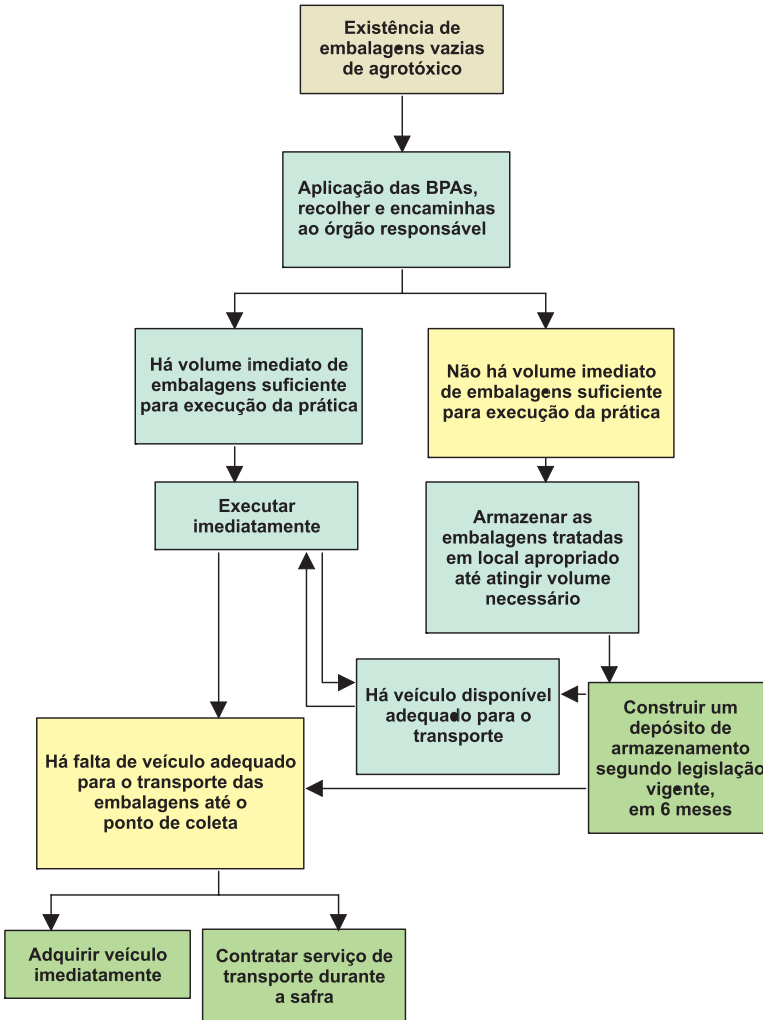


Fig. 1. Organograma representando uma árvore de resolução de problemas.

Fonte: elaboração do autor.

área, pois à medida que o plano vai sendo executado, passa a ser viável estabelecer o cálculo de benefícios proporcionados ou os prejuízos que a área vai interpondo ao ambiente pelo corte espaço-temporal baseado no cumprimento do próprio plano de gestão.

Essa é uma forma tecnicamente viável, ambiental e socialmente justa, tanto com o meio ambiente como com o usuário do sistema, já que tudo foi

Tabela 3. Exemplo de matriz de mitigação de problemas em planos de gestão ambiental.

Problema inicial	Ação inicial	Problema resultante	Ação mitigadora
1. Existência de embalagens vazias de agrotóxicos	a) Efetuar recolhimento das embalagens logo após a execução da tríplice lavagem e entregá-las imediatamente ao ponto regional de recepção, não as armazenando na propriedade	O volume gerado por sessão de tratamento é extremamente reduzido, não permitindo racionalização de custo que permita a ação	
	b) Efetuar recolhimento das embalagens logo após a execução da tríplice lavagem e armazená-las em local apropriado, até alcançar um volume suficiente para sua entrega ao ponto regional de coleta	b1) Há necessidade de um depósito de embalagens vazias na propriedade dentro dos padrões legais exigidos	Construir o depósito em 6 meses (ou adequar o depósito até o início da próxima safra, ou ainda, o depósito já existe)
		b2) Há falta de caminhão que faça o transporte desse resíduo na propriedade	Contratar o serviço adequado durante a safra (ou comprar veículo e efetuar a adaptação até outubro)

Fonte: elaboração do autor.

planejado por ele, dentro de uma visão temporal, de curto, médio e longo prazo, visando a maior sustentabilidade da área, com menor agressão possível ao ambiente.

O foco da análise passa a ser então a comparação, a velocidade e a qualidade do que foi planejado para determinado período e o que foi executado, podendo-se pontuar os sucessos e insucessos da empreitada. Assim, a auditoria do sistema pode se concentrar na avaliação por meio dessa confrontação, se aspectos quantitativos de conservação ambiental na produção vegetal vêm sendo cumpridos ou não, sem entrar em conflito com a especificidade do local em relação ao ambiente, afastando-se da armadilha dos aspectos subjetivos vinculados somente à qualidade ambiental.

Considerações finais

Da mesma forma que se diz existirem tantos tipos, formas e metodologias de avaliação de impacto quanto as que até agora foram executadas, pode-se afirmar que os planos ou sistemas de gestão seguem aproximadamente a mesma norma, pois a diversidade entre os ambientes e situações é preponderante.

Assim, um SGA para uma área de produção agrícola pode tanto ser um documento simples e de fácil execução como um documento bastante complexo e de difícil implantação, porque as condições ambientais podem diferir enormemente de lugar para lugar e, mesmo dentro de uma única propriedade, apresentar grandes diferenças entre os talhões analisados.

Logo, quando da construção desse plano, é extremamente importante estar consciente de que o completo controle das variáveis ambientais é atualmente impossível, e seu custo não é possível de mensurar, apesar dos avanços na área de economia ambiental.

O que se deseja com esse documento é iniciar o planejador ou técnico responsável pela geração de um plano ou sistema de gestão ambiental numa área produtiva, nas linhas-mestras que devem orientar, ainda que de forma bastante liberal, a montagem desse plano, evitando erros básicos, que posteriormente podem influir negativamente no documento, inclusive questionando sua seriedade.

Além disso, em situações onde for exigido tal documento para licenciamento ambiental oficial da atividade, o sistema possibilita também o diálogo com o ente jurídico, abrindo a discussão do termo possível entre o ideal e o exequível, atendendo a legislação ambiental e as exigências da sociedade sem inviabilizar o sistema produtivo, o sistema econômico e, principalmente, o sistema social de determinada região.

Difícilmente haverá um plano de gestão igual a outro, sendo que cada um será delimitado por um conjunto de exigências legais ou comerciais, que orientarão o seu início. Contudo, ao longo do tempo, ele deve se tornar um instrumento extremamente importante, pois será um grande banco de dados com informações úteis para todas as áreas envolvidas no processo produtivo, possibilitando inclusive a orientação e o gerenciamento da área e permitindo, finalmente, a implantação de um sistema de avaliação de impactos ambientais, permitindo ainda, uma eventual agregação de valor ao sistema produtivo, pelo incremento, exposição e valorização da commodity ambiental.

Referências

ANVISA. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Portaria nº 518, de 25 de março de 2004. Estabelece os procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade, e dá outras providências. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Poder Executivo, Brasília, 26 mar., Seção 1, p. 268, 2004.

BRASIL. Lei nº 4.771, de 15 de setembro de 1965. Institui o novo Código Florestal. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 16 set. 1965, p. 9529.

_____. Lei nº 9.605, de 12 fev. 1998. Dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente, e dá outras providências. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 13 fev. 1998.

_____. Medida Provisória nº 2.166-65, de 28 de junho de 2001. Altera os arts. 1º, 4º, 14, 16 e 44, e acresce dispositivos à Lei nº 4.771, de 15 de setembro de 1965, que institui o Código Florestal, bem como altera o art. 10 da Lei nº 9.393, de 19 de dezembro de 1996, que dispõe sobre o Imposto sobre a Propriedade Territorial Rural - ITR, e dá outras providências. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 29 jun. 2001.

CARVALHO, B. **Glossário de saneamento e ecologia**. Rio de Janeiro: ABES, 1981. p. 149.

CONAMA. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução nº 004, de 18 set. 1985. Dispõe sobre definições e conceitos sobre reservas ecológicas. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 20 jan. 1986.

_____. Resolução nº 1, de 23 jan. 1986. Dispõe sobre critérios básicos e diretrizes gerais para o Relatório de Impacto Ambiental – RIMA. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 17 fev. 1986, Seção 1, p. 2548-2549.

_____. Resolução nº 237, de 19 dez. 1997. Regulamenta os aspectos de licenciamento ambiental estabelecidos na Política Nacional do meio ambiente. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 22 dez. 1997, Seção 1, p. 30841.

_____. Dispõe sobre os parâmetros, definições e limites de Áreas de Preservação Permanente de reservatórios artificiais e o regime de uso do entorno. Resolução nº 302, de 20 mar. 2002. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 13 maio 2002.

_____. Resolução nº 357 de 17 mar. 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**, Poder Executivo, Brasília, DF, 18 mar. 2005, Seção 1, p. 58-63.

SANTOS, R. F. dos. **Planejamento ambiental, teoria e prática**. São Paulo: Oficina de Textos, 2004. 184 p.

SUTTER, G. W. I. **Guide for developing conceptual models for ecological risk assessment**. Oak Ridge, Tennessee: Oak Ridge National Laboratory, 1996a. 14 p.

_____. **Risk characterization for ecological risk assessment of contaminated sites.** Oak Ridge, Tennessee: Lockheed Martin Energy Systems, 1996b. 30 p.

USEPA. **Guidance on cumulative risk assessment.** Washington, DC: US Environmental Protection Agency, 1997b. 9 p.

_____. **Guidelines for Ecological Risk Assessment.** Washington, DC: US Environmental Protection Agency, 1998. 173 p.

_____. **Lessons learned on planning and scoping for environmental risk assessment.** Washington D. C.: US Environmental Protection Agency, 2002a. 72 p.

_____. **RCRA orientation manual.** Washington, DC: US Environmental Protection Agency, 2002b. 259 p.

_____. **Techniques for tacking, evaluating, and reporting the implementation of nonpoint source control measures.** Washington, DC: US Environmental Protection Agency, 1997a. 92 p.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Guidelines for drinking-water quality.** 3. ed. Genebra, 2004. v. 1, 515 p.



Capítulo 10

Avaliação de
Impactos Ambientais
na Agropecuária

Geraldo Stachetti Rodrigues
Isis Rodrigues



Introdução

A agropecuária brasileira atravessa um período de franca expansão da capacidade produtiva e na conquista de mercados, em seus mais diversos níveis de organização. Com certa independência quanto à escala produtiva e ao nível de capitalização, produtores cada vez melhor qualificados têm alcançado desde os mercados internacionais de *commodities* até nichos especiais, como a produção orgânica, a integrada, e atividades rurais diferenciadas como o agroturismo e os pesque-pagues.

Ainda que preservem interesses e características próprias, refletidos no debate sociopolítico quanto aos rumos do desenvolvimento rural do País, produtores familiares e empresários rurais integram-se a um verdadeiro movimento de redefinição das demandas dos consumidores. Essa dinâmica é geradora de uma nova conformação das cadeias produtivas rurais e de sua interação com os mercados.

Como um eixo orientador convergente, esse processo de desenvolvimento inclui a qualificação de formas de produção sustentáveis, independentemente da atividade produtiva, da filiação tecnológica, ou da condição socioeconômica do produtor. Para satisfazer a esse objetivo de desenvolvimento sustentável, são necessários instrumentos que permitam realizar a gestão ambiental de atividades e de estabelecimentos rurais.

Este capítulo aborda a dualidade entre aspectos tecnológicos e ambientais do manejo agropecuário e apresenta ferramentas de avaliação de impactos ambientais (AIAs) dirigidas à adoção de inovações tecnológicas agropecuárias e ao desempenho ambiental de atividades rurais. Esses sistemas de AIA aplicam-se à gestão ambiental territorial, exemplificada em estudos de caso sobre a agricultura ecológica, o agroturismo e pesque-pagues, em territórios selecionados.

Agricultura e avaliação de impactos ambientais

A conectividade característica do atual momento socioeconômico implica que os objetivos de desenvolvimento devem, necessariamente, envolver e coordenar ações que integrem os três setores (Poder Público, iniciativa privada e organizações da sociedade civil). Cada um desses setores

impõe requisitos, respectivamente, legais, de competitividade e de visibilidade, entre outros, determinantes da própria viabilidade das atividades que se quer sustentáveis.

O papel da agricultura na dinâmica dos processos produtivos que envolvem os três setores depende, essencialmente, de decisões e capacidades dos produtores quanto aos aspectos tecnológicos e ambientais do manejo agropecuário. A depender dessas inclinações tecnológicas e ambientais, as atividades rurais estarão mais proximamente associadas a objetivos de inserção nos mercados convencionais de *commodities*, ou dirigidas a nichos especiais, de produtos e serviços com diferenciada agregação de valor.

Uma evidente dualidade existe quanto a essas inclinações tecnológicas e ambientais. De um lado, tem-se um conjunto de práticas tecnológicas que associa-se a uma agricultura dita moderna e empresarial, como o manejo integrado de pragas, a agricultura de precisão (com seus componentes de manejo sítio-específico e rastreabilidade), os organismos transgênicos, a produção de alimentos seguros e os processos de certificação auditada e de denominação de origem controlada. De outro lado, listam-se as filiações ambientais ou ecológicas, como a produção orgânica, natural e biodinâmica, a agroecologia (com seus componentes de diversificação e sistemas agroflorestais), a conservação da biodiversidade e dos recursos genéticos, a segurança alimentar e os processos de certificação participativa e denominação de origem sustentável.

Contudo, a enunciada dualidade vincula-se, antes, às convicções e inclinações dos produtores quanto à filiação tecnológica e direcionamento de mercado, e não a problemas de compatibilidade entre os meios (o manejo, as práticas, as tecnologias que definem as formas de produção) e os fins (a manutenção e melhoria da capacidade produtiva e a sustentação no mercado) das atividades rurais. Isso quer dizer que tecnologias modernas e manejos alternativos podem e devem ser integrados e empregados para realizar o desenvolvimento sustentável.

Esse embate entre definições tecnológicas e de vinculação produtiva – que igualmente envolvem produtores familiares e empresariais – constitui o marco da estrutura de impactos ambientais e da conseqüente sustentabilidade da agricultura. Portanto, métodos de avaliação de impactos são instrumentos adequados para definição de tecnologias, formas de manejo e atividades que minimizem os efeitos negativos das atividades produtivas e que maximizem a eficiência produtiva e o uso racional dos recursos naturais.

As ações de organização e manejo da produção agropecuária, voltadas para o desenvolvimento rural sustentável na atualidade, que indicam a convergência entre meios e fins da adoção de inovações tecnológicas e de desempenho ambiental dos estabelecimentos rurais, e sistemas de AIA associados, podem ser assim enunciados:

Impacto ambiental de inovações tecnológicas – Ambitec-Agro (e produção animal e agroindústria).

Impacto social de inovações tecnológicas – Ambitec-Social.

Gestão ambiental – Apoia/NovoRural.

Inserção sustentável no mercado – Certificação participativa.

No próximo item, esses sistemas são brevemente apresentados enquanto ferramentas de avaliação e gestão ambiental agropecuária.

Ferramentas de AIA

A avaliação de impactos ambientais (AIA) é um conjunto de procedimentos desenvolvidos sob a égide científica da ecologia, com o intuito de permitir a previsão, a análise, e a mitigação dos efeitos ambientais de projetos, planos e políticas de desenvolvimento que impliquem em alteração da qualidade ambiental (RODRIGUES, 1998).

Operacionalmente, uma avaliação de impacto ambiental deve considerar a interação entre a fonte de impacto e o meio receptor dos efeitos, incluindo os atores sociais intervenientes. À disposição dos avaliadores de impacto ambiental existe um vasto arsenal metodológico, com mais de cem métodos descritos para os mais variados propósitos e situações (SURHEMA-GTZ, 1992; BISWAS; GEPING, 1987), inclusive para projetos de iminente inserção agrícola (CANTER, 1986).

No Brasil, o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (Ibama), órgão executivo (IBAMA, 1995) e a Resolução nº 01/86 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (Conama), órgão normativo, consultivo e deliberativo (CONAMA, 1986), definiram os principais instrumentos da política ambiental e os procedimentos para atendimento dos requisitos para AIA de projetos e empreendimentos, com breve descrição dos principais métodos normalmente empregados.

Cada método de avaliação de impactos apresenta vantagens e desvantagens, podendo-se assumir que sua escolha depende dos objetivos da avaliação. Em termos gerais, os métodos utilizados para a avaliação de impacto ambiental de projetos, programas, planos e atividades econômicas podem ser classificados em sete grandes tipos (e suas integrações), a saber: métodos *ad hoc*, listas de verificação, matrizes, sobreposição de mapas, redes de interação, diagramas de sistemas, e modelos de simulação (RODRIGUES, 1998).

Segundo o Ibama (1995), as listas de verificação servem para ordenar; as matrizes; e os diagramas servem para agregar; os modelos de simulação e a análise multicritérios visam quantificar; e a sobreposição de mapas, matrizes e diagramas servem para representar, graficamente, as informações geradas nos estudos. A seguir, é apresentada uma breve descrição dessas linhas metodológicas.

Métodos *ad hoc*

Essencialmente, os métodos *ad hoc* consistem na formação de grupos de trabalho multidisciplinares, com especialistas de notório saber, que fornecem suas impressões e experiências para a formulação de um relatório ou inventário de impactos potenciais do projeto em avaliação. Normalmente, são empregados em situações nas quais as informações preliminares são parcas e quando a experiência passada é insuficiente para uma sistemática organização das informações com métodos mais objetivos.

Um exemplo comum é o Método Delphi, que utiliza rodadas subseqüentes de questionários nos quais os especialistas expressam suas impressões sobre pontos levantados a priori, a partir das quais se desenha um cenário que é então compartilhado com todos os especialistas em sucessivas rodadas, até que se obtenha consenso em pontos específicos e um quadro de opções possíveis em pontos de dissenso (QUIRINO et al., 1999). Em verdade, consultas *ad hoc* compõem a maioria dos métodos de AIA, em pelo menos uma de suas fases.

Listas de verificação

Listas de verificação compõem um dos métodos primordiais de AIA, e encontram-se em franca utilização, assumindo muitas e variadas formas.

Normalmente, consistem de listagens de atributos ambientais que possam ser afetados pelo projeto em avaliação, acompanhada ou não de uma lista de atividades do projeto que possam causar algum impacto. As listas podem ser simples enumerações de atributos e atividades até complexos inventários que incorporem ponderações para definir escala e importância de cada atividade do projeto sobre o ambiente (BISSET, 1987).

Matrizes

As matrizes e as listas de verificação simples são os métodos de AIA mais utilizados (BISSET, 1983). As matrizes são essencialmente modificações de listas de verificação, ou seja, além da listagem vertical das tipologias de impacto – aumento do escoamento superficial, modificação do regime de nutrientes, etc. – organizadas sob os principais componentes (água, ar, etc.), contêm uma lista horizontal das ações do empreendimento, que vão desde o planejamento até as fases operacionais do projeto.

Esse esquema facilita a observação da relação entre as ações específicas do empreendimento e os tipos específicos de impacto (ERICKSON, 1994). As matrizes permitem incorporar a quantificação dos impactos – com a entrada de números que representam sua intensidade – sendo então denominadas matrizes escalares.

Sobreposição de mapas

A sobreposição de mapas é uma forma de relacionar informações sobre características ou processos ambientais georeferenciados. Inicialmente, o método consistia em simplesmente sobrepor imagens impressas em transparências, tomando o grau de recobrimento ou a intensificação de cor como demonstrativo do grau de impacto, de vulnerabilidade ou risco.

Com a atual facilidade de se utilizar computação gráfica em operações complexas, e empregando-se informações digitais obtidas por satélites, radares, ou fotografias aéreas digitalizadas em sistemas de informações geográficas (SIG), os procedimentos se tornaram mais simples, rápidos, e capazes de manipular grande quantidade de informações e nas mais variadas escalas.

Redes de interação

Redes de interação são fluxogramas que representam uma seqüência de operações ou de interações entre componentes de um sistema. Assim, compõem a primeira metodologia geral essencialmente sistêmica para AIAs. Embora os métodos anteriormente relacionados careçam de um enfoque sistêmico e auferam vantagens com esse enfoque, eles tendem a induzir a análise de parâmetros e a avaliação de ações de forma isolada e consecutiva.

Já as redes de interação partem da concepção de sistemas a priori, tendendo a favorecer a apreciação dos parâmetros e ações de forma conjunta e simultânea. Redes de interação são instrumentos valiosos para que a equipe interdisciplinar de AIA planeje as etapas do processo de avaliação, identifique as ações necessárias, os parâmetros e compartimentos ambientais suscetíveis e especialmente as interações entre esses compartimentos. Muitas vezes, as redes de interação constituem etapa de organização das listas de controle ou matrizes para avaliação de impactos.

Diagramas de sistemas

Embora permitam a identificação de impactos de vários níveis e de compartimentos ambientais suscetíveis, normalmente as redes de interação não oferecem nenhuma indicação de intensidade do impacto ambiental. A evolução dessa metodologia para uma aproximação mais quantitativa resultou no desenvolvimento dos diagramas de sistemas. A principal característica dos diagramas de sistemas aplicados a estudos ambientais é a consideração do fluxo de energia como fator unificador do sistema. Todos os processos operantes nos ecossistemas são resultado desse fluxo de energia, que é incorporada e transformada ao operar os processos ecológicos.

Modelos de simulação

Geralmente, modelos de simulação são derivados diretamente de diagramas de sistemas. Um aspecto importante para o emprego de modelos de simulação é a concentração da informação tão-somente naquilo que é essencial para a definição do comportamento do sistema, para evitar excesso de complexidade na elaboração dos modelos.

Atualmente, existe disponível na literatura, grande variedade de sistemas ou pacotes informatizados, contendo modelos agregados para o estudo do ambiente, e da agricultura e manejo agrícola em geral. Em especial, há modelos para avaliação de aspectos importantes das AIAs, como simulação da dinâmica de solutos em solos e águas, efeitos de práticas agrícolas e medidas de conservação do solo sobre a erosão, simulação climática e hidrológica, entre muitos outros.

Essa breve fundamentação metodológica tem o objetivo de familiarizar o leitor com os procedimentos gerais adotados em AIA. Se por um lado nota-se a amplitude de enfoques passíveis de aplicação para o desenvolvimento de avaliações, por outro percebe-se adequação especial de certas linhas metodológicas para casos específicos.

Sistemas de AIA vêm sendo desenvolvidos na Embrapa, para balizar a adoção de inovações tecnológicas agropecuárias (Sistema Ambitec-Agro) e para a gestão ambiental de atividades rurais (Sistema Apoia/NovoRural). Ambos os sistemas constituem ferramentas aplicáveis a processos de certificação ambiental, contribuindo para o desenvolvimento rural sustentável.

Ambitec-Agro, produção animal e agroindústria

A formulação do Sistema de AIA da Inovação Tecnológica Agropecuária (Ambitec-Agro) envolve a seleção de indicadores e sua organização em matrizes escalares para medida, ponderação e expressão de resultados.

O Sistema Ambitec-Agro tem uma estrutura hierárquica simples, que parte da escala local (unidade de área, unidade animal ou estabelecimento) do respectivo segmento agropecuário em avaliação (agropecuária, produção animal ou agroindústria) e estende-se até a escala de entorno do estabelecimento rural, a paisagem ou microbacia hidrográfica, e atenta para a qualidade dos ecossistemas e para a manutenção de sua capacidade de suporte (IRIAS et al., 2004a, 2004b; RODRIGUES et al., 2002, 2003a, 2003b).

O conjunto de planilhas eletrônicas (MS-Excel®) componentes do Sistema Ambitec-Agro¹ permite a consideração de diversos aspectos de contribuição de uma dada inovação tecnológica para melhoria ambiental, dependendo do segmento de atividade rural em avaliação.

¹ As planilhas do Sistema Ambitec-Agro podem ser obtidas em: <http://www.cnpma.embrapa.br/servicos/index.php3?sec=softw>.

No caso da agropecuária (expressão de impactos tecnológicos por unidade de área), são considerados os aspectos alcance, eficiência, conservação e recuperação ambiental; no segmento produção animal (expressão por unidade animal), consideram-se os aspectos alcance, eficiência, conservação, recuperação ambiental e qualidade do produto; e no segmento agroindústria (expressão por estabelecimento agroindustrial), os aspectos alcance, eficiência, conservação e qualidade do produto.

Cada um desses aspectos é composto por um conjunto de indicadores organizados em matrizes de ponderação automatizadas (Fig. 1), nas quais os componentes dos indicadores são valorados com coeficientes de alteração (± 3), conforme conhecimento pessoal do adotante/responsável do estabelecimento.

Tabela de coeficientes de alteração da variável						
Recuperação ambiental		Variável de recuperação ambiental				Averiguação de fatores de ponderação
		Solos degradados	Eossistemas degradados	Áreas de preservação permanente	Reserva Legal	
Fatores de ponderação k		0.2	0.2	0.2	0.4	1
Escala da ocorrência =	Não se aplica					
	Marcado com X					
	Pontual	1	3	3		
	Local	2		3	3	
	Entorno	5				
Coeficiente de impacto = (coeficientes de alteração * fatores de ponderação)		0.6	0.6	1.2	2.4	4.8

Fig. 1. Exemplo de matriz de ponderação dos componentes do indicador de Recuperação Ambiental do Sistema de Avaliação de Impacto Ambiental da Inovação Tecnológica Agropecuária – (Ambitec-Agro).

Fonte: elaboração do autor.

O procedimento de avaliação do Sistema Ambitec-Agro consiste em solicitar ao adotante/responsável que indique a direção (aumenta, diminui ou permanece inalterado) dos coeficientes de alteração dos componentes para cada indicador e sua escala de ocorrência (pontual, local ou no entorno), em razão específica da aplicação da tecnologia à atividade e nas condições de manejo particulares à sua situação.

Os resultados finais da avaliação de impacto são expressos graficamente na planilha AIA da Tecnologia, após ponderação por valores de importância para os indicadores (Fig. 2).

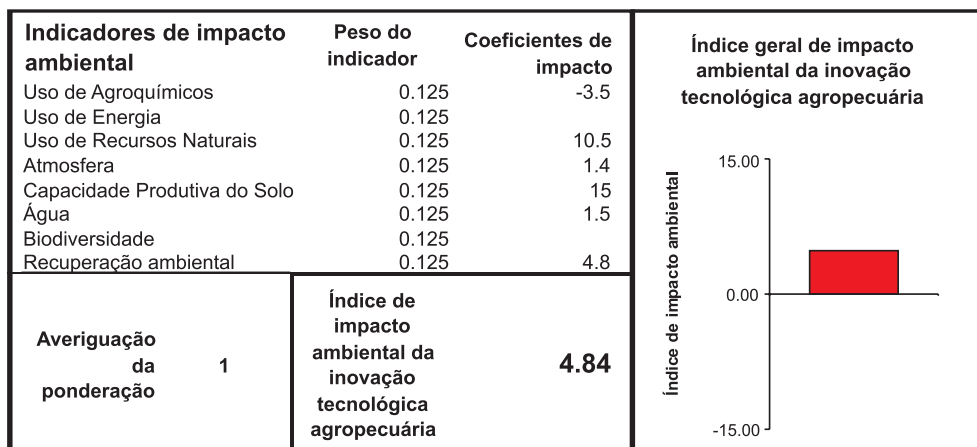


Fig. 2. Exemplo de expressão do Índice de Impacto Ambiental da Inovação Tecnológica Agropecuária, do Sistema Ambitec-Agro.

Fonte: elaboração do autor.

O Sistema Ambitec-Agro vem sendo utilizado anualmente no contexto institucional de P&D na Embrapa, para avaliação de impactos ambientais das inovações tecnológicas oferecidas por suas Unidades Descentralizadas. Por um lado, essas avaliações contribuem para apresentar à sociedade os resultados dos investimentos na pesquisa agropecuária; e por outro, para conscientizar pesquisadores e administradores da pesquisa e da transferência de tecnologia sobre a relevância das avaliações de impactos ambientais, como instrumentos para a adequação tecnológica e a sustentabilidade das atividades agropecuárias.

Ambitec-Social

A dimensão social é parte indissociável das metodologias desenvolvidas para avaliação de impactos ambientais (AIAs), com o objetivo de balizar a adoção de inovações tecnológicas agropecuárias no que tange às alterações na satisfação de necessidades básicas e ao comprometimento com a melhoria da qualidade de vida de pessoas vinculadas às atividades rurais transformadas pela inovação tecnológica. O Sistema Ambitec-Social baseia-se na construção do Sistema Ambitec-Agro apresentado, bem como numa experiência prévia de AIA aplicada a projetos de pesquisa no âmbito institucional (RODRIGUES et al., 2000).

O Ambitec-Social consiste de um conjunto de 14 indicadores, explicativos dos impactos sociais resultantes da adoção de uma dada inovação tecnológica, aplicada a uma atividade produtiva, no âmbito de um estabelecimento rural. Esses indicadores são agrupados em quatro aspectos de consideração, quais sejam:

- a) Emprego.
- b) Renda.
- c) Saúde.
- d) Gestão e administração (Fig. 3).

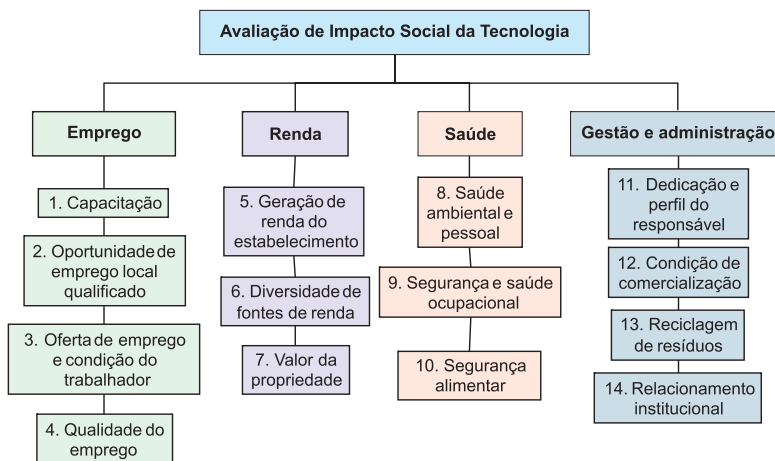


Fig. 3. Aspectos e indicadores para a Avaliação de Impacto Social da Inovação Tecnológica (Ambitec-Social).

Fonte: elaboração do autor.

O Sistema Ambitec-Social consiste num método integrado, suficiente para aplicação em campo na avaliação do impacto social de inovações tecnológicas agropecuárias. Esse sistema apresenta as seguintes vantagens:

- Proporciona uma medida da contribuição da tecnologia agropecuária para o desenvolvimento local sustentável.
- É de aplicação relativamente simples, desde que conduzida por avaliadores devidamente treinados.

- Permite ativa participação dos produtores/responsáveis.
- Serve para comunicação e armazenamento das informações sobre impactos sociais.
- A plataforma computacional é amplamente disponível, passível de distribuição e uso a baixo custo, e permite a emissão direta de relatórios em forma impressa e de fácil manuseio.

A apresentação gráfica dos resultados para as diferentes dimensões sociais – semelhantemente aos outros módulos do Sistema Ambitec-Agro – proporciona aos tomadores de decisão uma visão das contribuições positivas ou negativas, da tecnologia para o desenvolvimento local sustentável, facilitando a definição de medidas de promoção ou controle da atividade no âmbito da comunidade. As contribuições do Sistema Ambitec-Agro são:

- a) Melhorar a compreensão de pesquisadores, produtores rurais e gestores sobre as implicações ambientais do desenvolvimento e adoção de inovações tecnológicas agropecuárias.
- b) Introduzir as AIAs em nível operacional, seja nas atividades produtivas como nas de P&D, facilitando o entendimento das interações entre inovações tecnológicas e o meio ambiente.
- c) Melhorar a aceitação de métodos de AIA, de forma que sistemas teórica e metodologicamente mais consistentes sejam propostos e introduzidos.

Apoia/NovoRural

Para implementar a gestão ambiental de atividades e estabelecimentos rurais, foi desenvolvido um Sistema de AIA aplicável à grande variedade de atividades rurais, sejam estas agrícolas ou não agrícolas, e que considera as potencialidades e limitações do ambiente e comunidades locais. Esse sistema contribui para a adequação de atividades, tecnologias e formas de manejo, adotando-se os seguintes princípios:

- Ser aplicável a qualquer atividade rural produtiva, em todas as regiões e situações ambientais, na escala específica do estabelecimento rural.
- Contemplar indicadores específicos aos aspectos ecológicos, econômicos, socioculturais e de manejo implicados com o desenvolvimento local sustentável; com um número adequado e suficiente de indicadores.

- Facilitar a detecção de pontos críticos para correção de manejo.
- Expressar os resultados numa forma simples e direta para agricultores e empresários rurais, tomadores de decisão e o público em geral.
- Ser informatizado e fornecer uma medida final integrada do impacto ambiental da atividade, contribuindo para a certificação ambiental em atendimento à demanda dos proprietários e de suas organizações.

Apesar da ampla variedade de métodos de AIA disponível na literatura mundial, não se obteve um método totalmente satisfatório que atendesse a todos esses requisitos. Por isso, optou-se por compor o que se denominou o sistema de Avaliação Ponderada de Impacto Ambiental de Atividades do NovoRural, Apoiar/NovoRural (RODRIGUES; CAMPANHOLA, 2003), que consta de uma abordagem sistêmica via matrizes de ponderação construídas para indicadores de desempenho ambiental (em plataforma MS-Excel®) (Fig. 4).

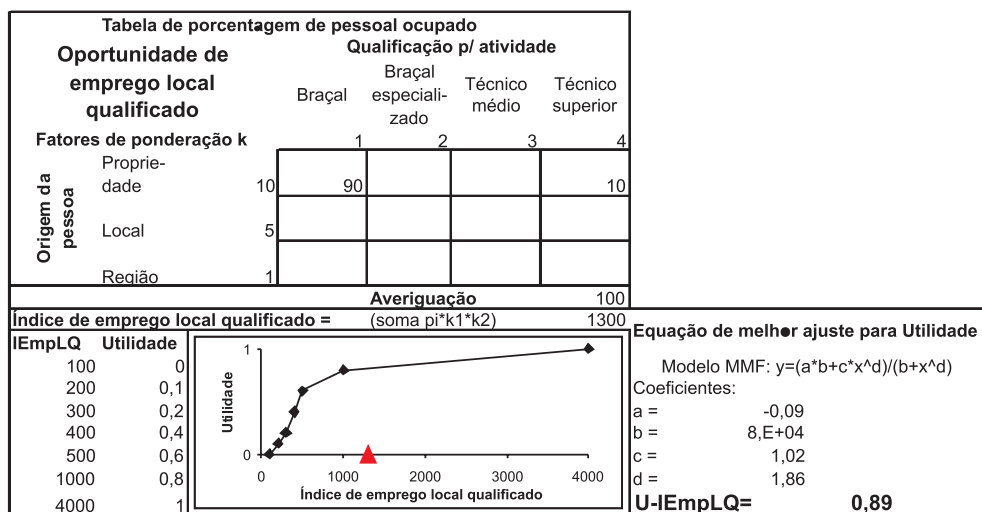


Fig. 4. Exemplo de matriz de ponderação para o indicador Oportunidade de emprego local qualificado, do Sistema Apoiar/NovoRural.

Fonte: elaboração do autor.

No exemplo dado, a matriz de ponderação consta de atributos do indicador (qualificação e origem da pessoa), fatores de ponderação (k), células para entrada de dados, linha de averiguação (que no caso deve ser igual a 100 %), expressão de cálculo do índice de impacto, tabela de correspondência

entre índice de impacto e desempenho ambiental em valores de Utilidade (0 a 1), expressão gráfica do desempenho da atividade avaliada, equação e coeficientes para conversão do índice do indicador para índice de impacto, em valores de Utilidade.

No caso apresentado na Fig. 4, verifica-se que 100 % dos empregos gerados pela atividade foram ocupados por trabalhadores provenientes da propriedade, sendo 90 % em ocupação braçal e 10 % em ocupação técnica superior, resultando num índice de emprego local qualificado igual a 1.300, que corresponde a um índice de impacto em valor de utilidade igual a 0,89.

O sistema consta de 62 indicadores, cada um construído numa matriz de ponderação específica, agrupados em planilhas correspondentes a cinco dimensões de impacto, quais sejam:

- a) Ecologia da Paisagem.
- b) Qualidade dos Compartimentos Ambientais (atmosfera, água e solo).
- c) Valores Socioculturais.
- d) Valores Econômicos.
- e) Gestão e Administração (RODRIGUES et al., 2003c).

A dimensão Ecologia da Paisagem refere-se à interface do estabelecimento rural com o ambiente natural, e os possíveis efeitos da atividade em avaliação, sobre o estado de conservação dos habitats.

A dimensão Qualidade Ambiental relaciona-se, nos compartimentos atmosfera, água e solo, a geração de resíduos e poluentes nas unidades produtivas do estabelecimento.

A dimensão Valores Econômicos refere-se aos atributos da renda e valorização do estabelecimento.

A dimensão Valores Socioculturais refere-se à qualidade de vida e inserção das pessoas nos processos produtivos. Finalmente, a dimensão Gestão e Administração relaciona-se à dedicação do responsável, reciclagem de resíduos e relacionamentos institucionais.

Os resultados da avaliação são apresentados numa planilha de AIA da atividade rural, expressos graficamente para cada dimensão considerada, permitindo averiguar o desempenho da atividade para cada indicador comparativamente à linha de base estabelecida (igual a 0,70).

Os resultados são então agregados pelo valor médio de utilidade para o conjunto de indicadores em cada dimensão e expressos num gráfico-síntese

de impacto ambiental da atividade nas cinco dimensões. Finalmente, o valor médio de utilidade para os 62 indicadores expressa o índice de impacto ambiental da atividade rural (Fig. 5).

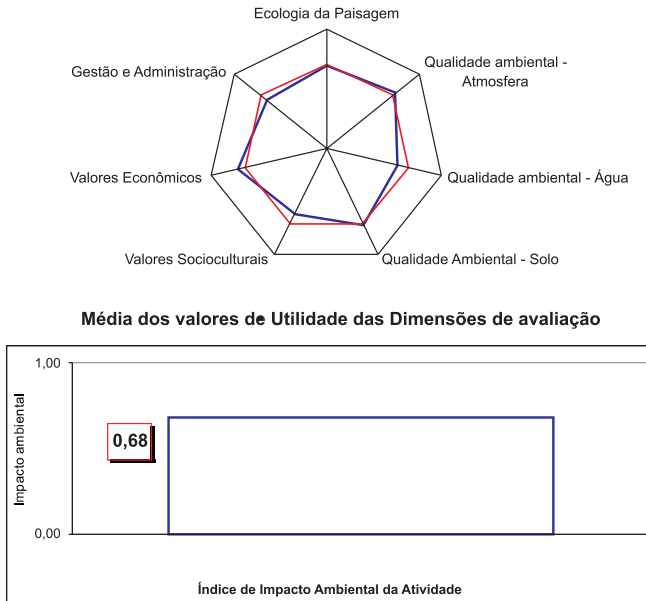


Fig. 5. Apresentação gráfica de uma avaliação de impacto ambiental segundo as dimensões de avaliação do Sistema Apoia/NovoRural, com o Índice de Impacto Ambiental da Atividade no âmbito de um estabelecimento rural.

Fonte: elaboração do autor.

A aplicação do Sistema Apoia/NovoRural consiste em:

1. Identificar os limites espaço-temporais da atividade a ser avaliada, no âmbito do estabelecimento rural, aplicar um questionário/vistoria em campo e coletar dados e amostras de solo e água para análise laboratorial.
2. Inserir os dados nas matrizes de ponderação do sistema, obtendo os índices de impacto referentes aos indicadores, que são convertidos automaticamente para valores de utilidade (escala de 0 a 1).
3. Agregar os índices de impacto por análise multi-atributo, nas cinco dimensões componentes. Assim, obtém-se um índice geral da contribuição da atividade para a sustentabilidade do estabelecimento rural.

4. Analisar os resultados gráficos apresentados nas planilhas, identificando os indicadores que mais restringem a sustentabilidade e averiguando possíveis desconformidades com a linha de base.
5. Indicar medidas corretivas, recomendações de adequação tecnológica e de manejo para abatimento dos impactos ambientais negativos (RODRIGUES et al., 2004a).

Os resultados de desempenho ambiental da atividade para cada indicador individual oferecem um diagnóstico para o produtor/administrador, apontando a situação de conformidade com padrões ambientais em cada aspecto do impacto da atividade nas condições do estabelecimento.

Os gráficos agregados dos resultados para as diferentes dimensões ambientais proporcionam aos tomadores de decisão uma visão das contribuições (positivas ou negativas), da atividade para o desenvolvimento local sustentável, facilitando a definição de medidas de promoção ou controle da atividade no âmbito do território.

Finalmente, o índice de impacto ambiental configura-se numa unidade-padrão de desempenho ambiental da atividade, servindo como uma medida objetiva para a qualificação e certificação de atividades agropecuárias.

O Sistema Apoia/NovoRural é uma ferramenta útil tanto para os produtores – individualmente ou em grupos organizados – como para os formuladores e gestores de políticas públicas, contribuindo para o desenvolvimento local sustentável.

Gestão ambiental participativa

Com base nas avaliações obtidas com a aplicação do Sistema Apoia/NovoRural nos estabelecimentos rurais em territórios selecionados, formula-se um questionário detalhado para verificação da congruência entre os resultados obtidos com o sistema e a realidade local, segundo o ponto de vista dos atores sociais envolvidos com a gestão da atividade em nível regional (RODRIGUES et al., 2004c).

Nessa etapa de trabalho, levantam-se as indicações desses atores sociais quanto aos problemas e vantagens comparativas da atividade no âmbito territorial, bem como as políticas disponíveis ou a serem propostas, para fomentar a organização dos produtores e o desenvolvimento da atividade.

De posse das avaliações procedidas nos estabelecimentos – do resultado das entrevistas junto aos gestores municipais e das suas indicações de medidas e políticas públicas de fomento para a atividade – promove-se uma oficina de trabalho na qual esses atores debatem a implementação participativa da gestão ambiental da atividade nos estabelecimentos e no território.

Para cada um dos estabelecimentos estudados, os resultados obtidos são gravados em CD-ROMs e registrados em relatórios técnicos detalhados e individuais, os quais são entregues aos proprietários, no momento da realização da oficina de trabalho (RODRIGUES et al., 2004a).

Com esse material, tornam-se disponíveis as publicações relativas ao estudo, o relatório individualizado, com as informações sobre os pontos favoráveis e sobre os aspectos que podem ser melhorados para o desempenho ambiental dos estabelecimentos. Nas oficinas de trabalho, são apresentados os resultados das etapas anteriores da pesquisa, incluindo um relato sobre as propostas de gestão ambiental dos estabelecimentos e as políticas de fomento para a atividade.

Os atores locais que tenham tido envolvimento nas etapas anteriores dos trabalhos participam dos painéis e, em seguida, integram os grupos de discussão que, com base em roteiros elaborados com os resultados preliminares, analisam o conjunto de informações e relatam suas propostas de gestão territorial.

Gestão ambiental territorial

Estudos de caso

A gestão ambiental territorial foi realizada empregando-se o Sistema Apoia/NovoRural para três atividades rurais, em territórios selecionados. Numa etapa inicial de validação, os estudos avaliaram o desempenho ambiental de estabelecimentos localizados na Região de Campinas, SP, dedicados às atividades de horticultura orgânica e convencional, pesque-pagues e agroturismo (RODRIGUES et al., 2003c).

Num segundo momento, realizam-se oficinas de trabalho coordenadas pela Embrapa Meio Ambiente, nas quais avaliou-se o agroturismo nas regiões de Itu, SP, e Venda Nova do Imigrante, ES, e a agricultura orgânica nas regiões de Francisco Beltrão, PR, e de Ibiúna, SP. Os principais resultados desses estudos são apresentados a seguir:

Desempenho ambiental e gestão participativa de atividades rurais em territórios selecionados

Gestão ambiental do agroturismo na Região de Itu, SP

A *Primeira Oficina de Gestão Ambiental Territorial* foi realizada no dia 3 de março de 2004, no Município de Itu, SP. Contando com a contribuição da Secretaria Municipal de Turismo, Lazer e Eventos da Prefeitura da Estância Turística de Itu, da Escola Técnica Estadual Martinho Di Ciero e da Associação de Turismo Rural do Médio Tietê (Astur), a *Oficina de Trabalho* trouxe para debate, os principais pontos para melhoria do desempenho ambiental do agroturismo regional.

A dimensão Ecologia da Paisagem indicou a necessidade de recomposição de habitats em áreas de preservação permanente e de reserva legal, visto que a atividade vem se instalando em áreas anteriormente intensivamente exploradas com a cultura do café. Na dimensão Gestão e Administração, o indicador Condição de Comercialização apresentou as maiores deficiências, em especial pela virtual ausência de propaganda e divulgação em nível territorial e de marcas próprias identificadoras da atividade.

Os indicadores que mais contribuíram para um desempenho ambiental da atividade no âmbito regional igual a 0,68 (muito próximo à linha de base de 0,70) (Fig. 6) foram relativos às dimensões Qualidade da Água e Valores Econômicos (RODRIGUES et al., 2004b).

As principais medidas de fomento propostas envolveram o fortalecimento e o compromisso da Astur para definição de prioridades de sinalização e propaganda conjunta, além de intervenção da Secretaria de Turismo junto ao Departamento de Agricultura (Daee) e produtores, para ampliação do programa de distribuição de mudas de essências nativas para recomposição de habitats.

Gestão ambiental do agroturismo na Região de Venda Nova do Imigrante, ES

O *Encontro sobre Gestão Ambiental do Agroturismo* na Região de Venda Nova do Imigrante, ES, realizado nos dias 13 e 14 de abril de 2004, nesse

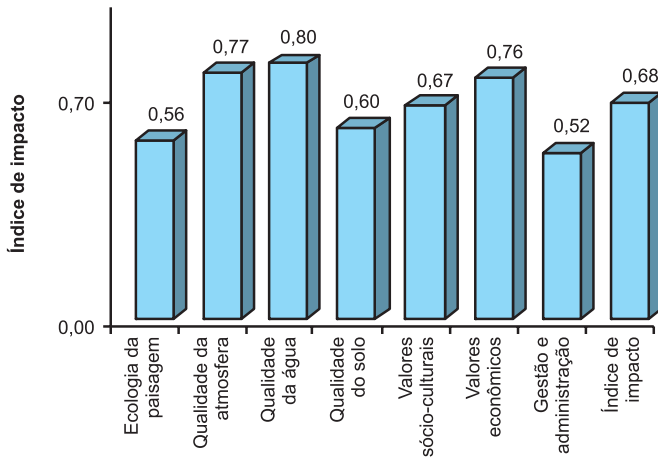


Fig. 6. Avaliação de impacto ambiental do agroturismo na Região de Itu, SP, com o Sistema Apoia/NovoRural.

Fonte: elaboração do autor.

município, contou com a parceria da Prefeitura Municipal de Venda Nova, da Associação de Agroturismo de Venda Nova do Imigrante (Agrotur), e do Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural (Incaper), com apoio do Sistema de Cooperativas de Crédito do Brasil (Sicoob).

Dentre os indicadores a merecerem intervenção para melhoria, constaram a baixa diversidade de atividades produtivas e cumprimento com requerimentos de reserva legal. Na dimensão Ecologia da Paisagem, um ponto favorável foi a condição de manejo de atividades não agrícolas, dadas as características da atividade de agroturismo. Outros problemas apresentados são a qualidade do emprego e o relacionamento institucional nas dimensões Valores Socioculturais e Gestão, respectivamente.

Excelentes resultados foram obtidos para Qualidade da Água e Valores Econômicos, resultando num índice geral de impacto para o agroturismo igual a 0,68 (Fig. 7).

Os grupos de discussão concluíram que a atividade poderia ser amplamente favorecida no território, com a formação de grupos gestores com apoio técnico e legal (mediado pela Agrotur), que buscassem uma política de integração do agroturismo às outras atividades de projeção econômica regional, no planejamento municipal. Propôs-se, também, a criação de um roteiro turístico atualizado.

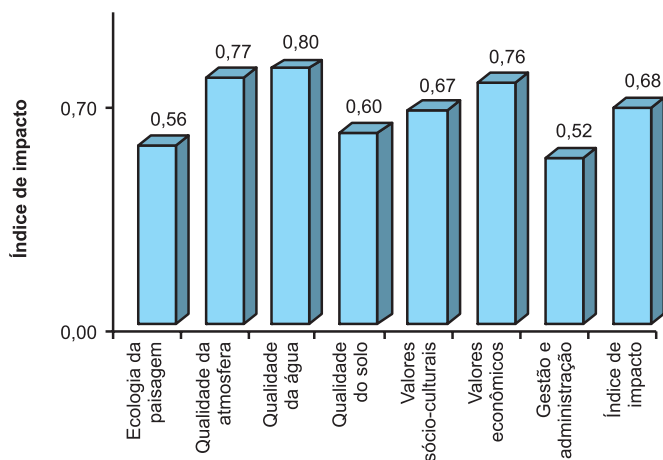


Fig. 7. Avaliação de impacto ambiental do agroturismo na Região de Venda Nova do Imigrante, ES, com o Sistema Apoiar/NovoRural.

Fonte: elaboração do autor.

Gestão ambiental da agricultura ecológica na Região de Francisco Beltrão, PR

Com a parceria da Associação de Estudos, Orientação e Assistência Rural (Assesorar), do Sistema de Cooperativas de Crédito Rural (Cresol) e com a interação solidária da Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural do Paraná (Emater/PR), e da Prefeitura Municipal de Francisco Beltrão, Secretaria Municipal de Agricultura e Meio Ambiente, realizou-se o *Encontro sobre Gestão Ambiental da Agricultura Ecológica na Região Sudoeste do Paraná*, em 23 de abril de 2004.

A baixa diversidade produtiva e problemas de cumprimento com requerimentos de Reserva Legal foram os principais problemas encontrados na dimensão Ecologia da Paisagem. Já a conservação de habitats naturais e a condição de manejo das áreas de produção agropecuária foram indicadores favoráveis nessa dimensão.

Altos índices de segurança e saúde ocupacional e oportunidade de emprego local qualificado, que caracterizam a atividade no território, foram contrabalançados por problemas quanto à qualidade do emprego, na dimensão Valores Socioculturais. A dedicação e perfil do responsável, a reciclagem de resíduos e o relacionamento institucional – todos indicadores favoráveis na dimensão Gestão e Administração – contribuíram para o alcance de um valor

de impacto para a atividade igual à linha de base preconizada pelo Sistema Apoia/NovoRural (0,70) (Fig. 8).

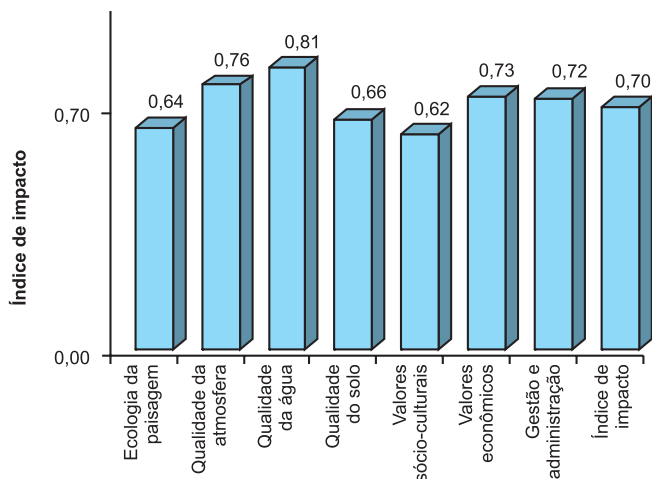


Fig. 8. Avaliação de impacto ambiental da agricultura ecológica no sudoeste do Paraná, com o Sistema Apoia/NovoRural.

Fonte: elaboração do autor.

O indicador Condição de Comercialização, pouco favorável nessa dimensão, recebeu a maioria das indicações de melhorias pelos grupos de discussão, propondo-se a definição de uma marca para a produção orgânica e uma organização menos burocrática para a agroindústria familiar, como diferenciais territoriais. A certificação participativa deveria ser também facilitada, pela boa articulação entre os produtores e instituições de fomento atuantes na região.

Gestão ambiental da agricultura orgânica em Ibiúna, SP e região

O *Encontro sobre Gestão Ambiental da Agricultura Orgânica* em Ibiúna (SP) e Região, realizado em 24 de junho de 2004, nesse município, contou com a parceria da Secretaria Municipal de Agricultura e Meio Ambiente, da Coordenadoria de Assistência Técnica Integral (Cati), Casa da Agricultura de Ibiúna, da Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios (Apta) – Unidade

de Pesquisa de São Roque –, da Cooperativa Agrícola de Ibiúna – São Paulo (Caisp), com apoio do Sindicato Rural de Ibiúna, da Federação de Agricultura do Estado de São Paulo (Faesp), do Serviço Nacional de Aprendizagem Rural (Senar/SP), do Sindicato dos Trabalhadores e Empregados Rurais de Ibiúna e Região, e da Câmara Municipal de Ibiúna.

No âmbito territorial, os resultados obtidos para a agricultura orgânica foram bastante similares àqueles apresentados para a agricultura ecológica no sudoeste do Paraná. Ainda que a condição de comercialização permaneça como um indicador passível de melhorias, a Região de Ibiúna apresentou resultados levemente superiores para indicadores da dimensão Qualidade do Solo e para Qualidade de Emprego, alcançando um índice geral de impacto um pouco superior à linha de base (Fig. 9).

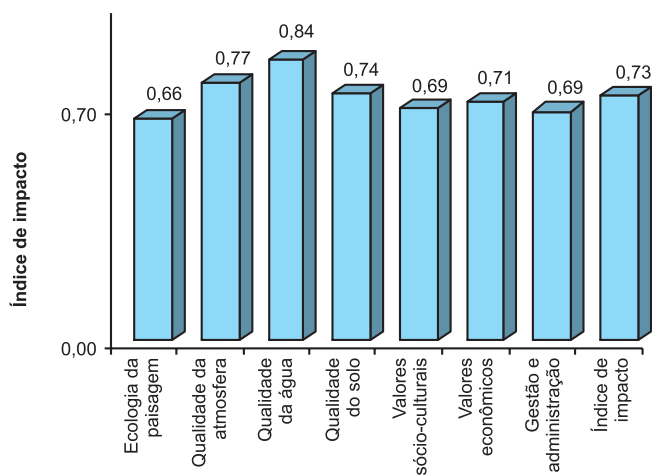


Fig. 9. Avaliação de impacto ambiental da agricultura orgânica na Região de Ibiúna (SP), com o Sistema Apoiar/NovoRural.

Fonte: Elaboração do autor.

Para fomento à atividade, os grupos de discussão da Oficina de Trabalho propuseram a organização de uma política regional de comercialização, com criação de um fundo municipal de desenvolvimento da agricultura orgânica e planejamento de plantio e colheita, com base em previsão de vendas, além de cursos de capacitação.

Certificação participativa

Em todas as Oficinas de Trabalho de gestão ambiental territorial realizadas, enfatizou-se a importância de implementação de iniciativas de certificação das atividades, como meio para melhoria da condição de comercialização, e para instruir o debate de políticas de fomento. Ponderou-se que métodos de avaliação de sustentabilidade – como os apresentados no presente texto – são fundamentais para viabilizar essas iniciativas.

A certificação ambiental deve contribuir com dois objetivos principais. Primeiro, em sua vertente de interesse público, garantir que recomendações obtidas em AIAs para reparar impactos sejam efetivamente realizadas. Segundo, em sua vertente privada, servir como instrumento de divulgação e promoção da atividade do estabelecimento, quando esta se qualificar como promotora de práticas sustentáveis.

Considerações finais

A avaliação de impactos ambientais fornece o ferramental metodológico para a realização da gestão sustentável de atividades rurais, que só se dá com a efetiva participação dos produtores interessados. Os resultados das AIAs representam um instrumento documentado de avaliação de sustentabilidade da atividade rural, apropriado para a proposição de medidas voltadas à gestão ambiental do estabelecimento e ao desenvolvimento local sustentável, ao nível territorial. Com esse enfoque, as políticas públicas são adaptadas às condições de cada território, com fortalecimento da organização social local, imprescindível para a legitimação dos processos decisórios e de desenvolvimento (ver Capítulo 1). Os Sistemas Ambitec-Agro e Apoia/NovoRural incluem a interação dos grupos de interesse relacionados à atividade avaliada no território, desde informações sobre os indicadores que geram os índices de impacto da atividade, até a compreensão do papel e o envolvimento dos atores sociais no processo de melhoria e fortalecimento dos aspectos relacionados ao desenvolvimento local sustentável.

Referências

BISWAS, A. K.; GEPING, Q. **Environmental impact assessment for developing countries**. London: Tycooly International, 1987.

BISSET, R. **Methods for assessing direct impacts**. Dordrecht: D. Reidel, 1983. p. 195-212.

BISSET, R. 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.

CANTER, L. W. **Environmental impacts of agricultural production activities**. Chelsea, MI: Lewis, 1986. 382 p.

CONAMA. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução nº 1, de 23 jan. 1986. Dispõe sobre critérios básicos e diretrizes gerais para o Relatório de Impacto Ambiental – RIMA. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 17 fev. 1986, Seção 1, p. 2548-2549.

ERICKSON, P. A. **A practical guide to environmental impact assessment**. San Diego, CA: Academic Press, 1994. 266 p.

IBAMA. **Avaliação de impacto ambiental**: agentes sociais, procedimentos e ferramentas. Brasília, DF, 1995. 134 p.

IRIAS, L. J. M.; RODRIGUES, G. S.; CAMPANHOLA, C.; KITAMURA, P. C.; RODRIGUES, I. A. **Sistema de avaliação de impacto ambiental de inovações tecnológicas nos segmentos agropecuário, produção animal e agroindústria (SISTEMA AMBITEC)**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2004a. 8 p. (Embrapa Meio Ambiente. Circular Técnica, 5).

IRIAS, L. J. M.; GEBLER, L.; PALHARES, J. C. P.; ROSA, M. F. de; RODRIGUES, G. S. Avaliação de impacto ambiental de inovação tecnológica agropecuária – aplicação do Sistema Ambitec. **Agricultura em São Paulo**, São Paulo, v. 51, n. 1, p. 23-40, 2004b.

QUIRINO, T. R.; IRIAS, L. J. M.; WRIGHT, J. T. C.; RODRIGUES, G. S.; RODRIGUES, I.; CORRALES, F. M.; DIAS, E. C.; LUIZ, A. J. B.; CAVALCANTI, I. P. **Impacto agroambiental**. São Paulo: Edgard Blücher, 1999. 184 p.

RODRIGUES, G. S. **Avaliação de impactos ambientais em projetos de pesquisas - fundamentos, princípios e introdução à metodologia**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 1998. 66 p. (Embrapa Meio Ambiente. Documentos 14).

RODRIGUES, G. S.; BUSCHINELLI, C. C. de A.; IRIAS, L. J. M.; LIGO, M. A. V. **Avaliação de impactos ambientais em projetos de pesquisa II: avaliação da formulação de projetos: versão I**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2000. 28 p. (Embrapa Meio Ambiente. Boletim de Pesquisa, 10).

RODRIGUES, G. S.; CAMPANHOLA, C.; KITAMURA, P. C. Avaliação de impacto ambiental da inovação tecnológica agropecuária: um sistema de avaliação para o contexto institucional de P&D. **Cadernos de Ciência & Tecnologia**, Brasília, DF, v. 19, n. 3, p. 349-375, 2002.

RODRIGUES, G. S.; CAMPANHOLA, C. Sistema integrado de avaliação de impacto ambiental aplicado a atividades do novo rural. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 38, n. 4, p. 445-451, 2003.

RODRIGUES, G. S.; CAMPANHOLA, C.; KITAMURA, P. C. **Avaliação de impacto ambiental da inovação tecnológica agropecuária**: Ambitec-Agro. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2003a. 93 p. (Embrapa Meio Ambiente. Documentos, 34).

RODRIGUES, G. S.; CAMPANHOLA, C.; KITAMURA, P. C. An Environmental impact assessment system for agricultural R&D. **Environmental Impact Assessment Review**, New York, v. 23, p. 219-244, 2003b.

RODRIGUES, G. S.; CAMPANHOLA, C.; VALARINI, P. J.; QUEIROZ, J. F. de; FRIGHETTO, R. T. S.; RAMOS FILHO, L. O.; RODRIGUES, I. A.; BROMBAL, J. C.; TOLEDO, L. G. de. **Avaliação de impacto ambiental de atividades em estabelecimentos familiares do novo rural**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2003c. 44 p. (Embrapa Meio Ambiente. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 17).

RODRIGUES, G. S.; CAMPANHOLA, C. RODRIGUES, I. A.; FRIGHETTO, R. T. S.; RAMOS FILHO, L. O. **Avaliação ponderada de impacto ambiental do agroturismo na fazenda exemplo (Região de Itu, SP)**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2004a. 1 CD-ROM. (Embrapa Meio Ambiente. Comunicado Técnico, 22).

RODRIGUES, G. S.; CAMPANHOLA, C.; RODRIGUES, I.; FRIGHETTO, R. T. S.; RAMOS FILHO, L. O. Avaliação do impacto ambiental nas dimensões valores socioculturais e valores econômicos do agroturismo na Região de Itu (SP). In: CONGRESSO INTERNACIONAL SOBRE TURISMO RURAL E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL, 2., 2004, Joinville. **As políticas públicas e ações privadas para o turismo rural**. Joinville: [s.n.], 2004b. 1 CD-ROM.

RODRIGUES, I.; FRIGHETTO, R. T. S.; RAMOS FILHO, L. O.; CAMPANHOLA, C.; RODRIGUES, G. S. Gestão participativa e o desempenho ambiental de estabelecimentos de agroturismo na Região de Itu (SP). In: CONGRESSO INTERNACIONAL SOBRE TURISMO RURAL E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL, 2., 2004, Joinville. **As políticas públicas e ações privadas para o turismo rural**. Joinville: [s.n.], 2004c. 1 CD-ROM.

SURHEMA-GTZ. **Manual de avaliação de impactos ambientais**. Curitiba: Secretaria Especial do Meio Ambiente, 1992.

Impressão e acabamento
Embrapa Informação Tecnológica

Embrapa

Uva e Vinho



Ministério da
Agricultura, Pecuária
e Abastecimento

