

# Uso Agrícola dos Solos Brasileiros



**Celso Vainer Manzatto**  
**Elias de Freitas Junior**  
**José Roberto Rodrigues Peres**

# Uso Agrícola dos Solos Brasileiros

**República Federativa do Brasil**

*Fernando Henrique Cardoso*

Presidente

**Ministério da Agricultura e do Abastecimento**

*Marcus Vinicius Pratini de Moraes*

Ministro

**Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa)**

**Conselho de Administração**

*Márcio Forte de Almeida*

Presidente

*Alberto Duque Portugal*

Vice-Presidente

*Dietrich Gerhard Quast*

*Alexandre Khalil Pires*

*Sérgio Fausto*

*Urbano Campos Ribeiral*

Membros

**Diretoria-Executiva da Embrapa**

*Alberto Duque Portugal*

Presidente

*Bonifácio Hideyuki Nakasu*

*José Roberto Rodrigues Peres*

*Dante Daniel Giacomelli Scolari*

Diretores executivos

**Embrapa Solos**

*Doracy Pessoa Ramos*

Chefe Geral

*Celso Vainer Manzatto*

Chefe-Adjunto de Pesquisa & Desenvolvimento

*Paulo Augusto da Eira*

Chefe-Adjunto de Apoio Técnico/Administração

**Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária Embrapa  
Embrapa Solos  
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento**

# Uso Agrícola dos Solos Brasileiros

**Editores Técnicos**

Celso Vainer Manzatto  
Elias de Freitas Junior  
José Roberto Rodrigues Peres

*Rio de Janeiro, RJ  
2002*



*Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:*

***Embrapa Solos***

Rua Jardim Botânico, 1.024  
22460-000 Rio de Janeiro, RJ  
Tel: (21) 2274-4999  
Fax: (21) 2274-5291  
E-mail: sac@cnps.embrapa.br  
Site: <http://www.cnps.embrapa.br>

***Projeto gráfico e arte-final***

Ingrafoto Reproduções em Fotolito Ltda

***Capa***

Paulo Maurício de Souza Magalhães

***Tratamento editorial***

Ingrafoto Reproduções em Fotolito Ltda

***Revisão de Português***

André Luiz da Silva Lopes

***Revisão final***

Claudia Regina Delaia

**1ª edição**

1ª impressão (2002): tiragem 250 exemplares

**Embrapa Solos  
Catalogação-na-publicação (CIP)**

---

Manzatto, Celso Vainer

Uso agrícola dos solos brasileiros / Celso Vainer Manzatto; Elias de Freitas Junior; José Roberto Rodrigues Peres (ed.). – Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2002.

174 p.

ISBN 85-85864-10-9

1. Solo brasileiro. 2. Uso agrícola – Solo brasileiro I. Freitas Junior, Elias de. II. Peres, José Roberto Rodrigues. III. Embrapa Solos (Rio de Janeiro).

CDD (21.ed.) 631.4

---

Copyright © 2002. Embrapa



## Instituições Parceiras

- Associação de Plantio Direto no Cerrado - APDC
- Instituto Agronômico de Campinas - IAC
- Instituto Agronômico do Paraná - IAPAR
- Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária - INCRA
- Universidade Federal de Lavras – UFLA
- Universidade Federal de Viçosa - UFV
- Embrapa Agropecuária Oeste
- Embrapa Amazônia Oriental
- Embrapa Clima Temperado
- Embrapa Florestas
- Embrapa Meio Ambiente
- Embrapa Sede/SEA – Secretária de Administração Estratégica
- Embrapa Semi-árido
- Embrapa Solos
- Embrapa Trigo



## Autores

### **Alberto Carlos de Campos Bernardi**

Engenheiro Agrônomo, D.Sc. em Solos e Nutrição de Plantas, Pesquisador da Embrapa Solos, e-mail: alberto@cnps.embrapa.br. Rua Jardim Botânico, nº 1024, Rio de Janeiro, RJ, CEP: 22460-000.

### **Antonio Ramalho Filho**

Engenheiro Agrônomo, PhD em Estudo de Solos, Pesquisador da Embrapa Solos, e-mail: ramalho@cnps.embrapa.br. Rua Jardim Botânico, nº 1024, Rio de Janeiro, RJ, CEP: 22460-000.

### **Carlos Alberto Flores**

Engenheiro Agrônomo, M.Sc. Manejo do Solo, Pesquisador da Embrapa Clima Temperado, e-mail: flores@cpact.embrapa.br. Br 392, Km 78, Pelotas, RS, CEP: 96001-970.

### **Carlos Alberto Silva**

Engenheiro Agrônomo, D.Sc. em Ciência do Solo, Professor da Universidade Federal de Lavras, e-mail: csilva@ufla.br. DCS/UFLA, Cx. Postal: 37, Lavras, MG, CEP: 37200-000.

### **Celso de Castro Filho**

Engenheiro Agrônomo, PhD em Conservação de Solo, Pesquisador em Manejo e Conservação do Solo do Instituto Agronômico do Paraná – IAPAR, e-mail: cccastro@pr.gov.br. Rod. Celso Garcia Cid, km 375, Londrina, PR, CEP: 86001-970.

### **Celso Vainer Manzatto**

Engenheiro Agrônomo, D.Sc. em Produção Vegetal, Pesquisador da Embrapa Solos, e-mail: manzatto@cnps.embrapa.br. Rua Jardim Botânico, nº 1024, Rio de Janeiro, RJ, CEP: 22460-000.

### **Clayton Campanhola**

Engenheiro Agrônomo, PhD em Entomologia, Pesquisador da Embrapa Meio Ambiente, e-mail: clayton@cnpma.embrapa.br. Rod. Campinas-Mogi Mirim, km 127,5, Bairro Tanquinho Velho, Jaguariúna, SP, CEP: 13820-000.

### **Elizabeth Presott Ferraz**

Bacharel em Estatística, Consultora Interna da Presidência do INCRA, e-mail: elizabeth@incra.gov.br. Ed. Palácio do Desenvolvimento, 18 andar, sala 1811 – SBN, Brasília, DF. CEP: 70°57-900.

### **Enio Fraga da Silva**

Engenheiro Agrônomo, D.Sc. em Solos e Nutrição de Plantas, Pesquisador da Embrapa Solos, e-mail: enio@cnps.embrapa.br. Rua Jardim Botânico, nº 1024, Rio de Janeiro, RJ, CEP: 22460-000.

### **Fernando Falco Pruski**

Engenheiro Agrícola, Doutor em Engenharia Agrícola – Recursos Hídricos e Ambientais, Professor Titular da Universidade Federal de Viçosa – UFV, Pesquisador Bolsista do CNPq do Departamento de Engenharia Agrícola, e-mail: ffpruski@ufv.br. Av. P. H. Rolfs, s/nº, Viçosa, MG, CEP: 36571-000.

### **Fernando Luis Garagorry Cassales**

Economista, PhD em Economia Agrícola, Pesquisador da Embrapa/SEA, e-mail: garag@sede.embrapa.br. Parque Estação Biológica – PqEB, Final Av. W/3 Norte, Cx. Postal: 040315, Brasília, DF, CEP: 70770-901.

**Flávio Hugo Barreto Batista da Silva**

Engenheiro Agrônomo, M.Sc. em Engenharia Agrícola, Pesquisador da Embrapa Solos – UEP Recife, e-mail: flaviohu@cnpma.embrapa.br. Rua Antônio Falcão, 402 - Boa Viagem, Recife, PE, CEP: 51020-240.

**Heloísa F. Filizola**

Pedóloga, D.Sc. em Ciências da Terra, Pesquisadora da Embrapa Meio Ambiente, e-mail: filizola@cnpma.embrapa.br, Rodovia SP-340, Km 127,5, Tanquinho Velho, Jaguariúna, SP, CEP: 13820-000.

**Humberto Gonçalves dos Santos**

Engenheiro Agrônomo, D.Sc. em Ciência do Solo, Pesquisador da Embrapa Solos, e-mail: humberto@cnpma.embrapa.br. Rua Jardim Botânico, nº 1024, Rio de Janeiro, RJ, CEP: 22460-000.

**Iêdo Bezerra Sá**

Engenheiro Florestal, D.Sc. em Geoprocessamento/Sensoriamento Remoto, Pesquisador da Embrapa Semi-Árido, e-mail: iedo@cpatsa.embrapa.br, BR 428. km 152, Caixa Postal 23, Petrolina, PE, CEP 56.300-970.

**Isabella Clerici De Maria**

Engenheira Agrônoma, Doutora em Agronomia - Solos e Nutrição de Plantas, Pesquisadora Científica em Manejo e Conservação do Solo do Instituto Agronômico, e-mail: lcdmaria@iac.br, Caixa Postal 28, Campinas, SP, CEP: 13001-970.

**John Nicolas Landers**

Engenheiro Agrônomo, Consultor e Secretário Executivo da Associação de Plantio Direto no Cerrado – APDC, e-mail: john.landiers@apis.com.br. SMDB, Conjunto 9, Lote 5, Brasília, DF. CEP: 71600-000.

**José Eloir Denardin**

Engenheiro Agrônomo, Doutor em Solos e Nutrição de Plantas, Pesquisador e Chefe Adjunto de Pesquisa e Desenvolvimento da Embrapa Trigo, e-mail: denardin@cnpt.embrapa.br. Rodovia BR 285, km 174, Caixa Postal 451, Passo Fundo, RS, CEP 99001-970.

**José Flávio Dynia**

Engenheiro Agrônomo, PhD Solos e Nutrição de Plantas, Pesquisador da Embrapa Meio Ambiente, e-mail: dynia@cnpma.embrapa.br. Rodovia SP 340, km 127,5, Caixa Postal 69, Jaguariúna, SP, CEP 13800-000.

**José Maria Gusman Ferraz**

Biólogo, D. Sc. em Ecologia, Pesquisador da Embrapa Meio Ambiente, e-mail: ferraz@cnpma.embrapa.br. Rodovia SP 340, Km 127,5, Jaguariúna, SP, CEP: 13820.000.

**Ladislau Araújo Skorupa**

Engenheiro Florestal, D.Sc. em Botânica, Pesquisador da Embrapa Meio Ambiente, e-mail: skorupa@cnpma.embrapa.br. Rod. Campinas/Mogi Mirim, km 127,5, Jaguariúna, SP, CEP: 13820-000.

**Luciano José de Oliveira Accioly**

Engenheiro Agrônomo, D.Sc. em Sistema Geográfico de Informação, Pesquisador da Embrapa Solos, e-mail: oaccioly@cnpma.embrapa.br. Rua Antônio Falcão, 402 - Boa Viagem, Recife, PE, CEP: 51020-240.

**Luís Carlos Hernani**

Engenheiro Agrônomo, Doutor em Agronomia – Solos e Nutrição de Plantas, Pesquisador da Embrapa Agropecuária Oeste, e-mail: hernani@cpao.embrapa.br. Rodovia BR 163, Km 253,6, Caixa Postal 61, Dourados, MS, CEP: 79804-970

**Magda Aparecida de Lima**

Ecóloga, Dra. em Geociências, Pesquisadora da Embrapa Meio Ambiente, e-mail: magda@cnpma.embrapa.br. Rodovia SP-340, Km 127,5, Bairro Tanquinho Velho, Jaguariúna, SP, CEP: 13820-000.

**Manoel Dornelas de Souza**

Engenheiro Agrônomo, Doutor em Física de Solos, Pesquisador da Embrapa Meio Ambiente, e-mail: dornelas@cnpma.embrapa.br. Caixa Postal 69, Jaguariúna SP, CEP 13820-000.

**Marco Antonio Ferreira Gomes**

Geólogo, D.Sc. em Solos e Nutrição de Plantas, Pesquisador da Embrapa Meio Ambiente, e-mail: gomes@cnpma.embrapa.br. Rod. SP 340, Km 127,5, Cx. Postal 69, Jaguariúna, SP, CEP: 13.820-000.

**Maria Conceição Peres Young Pessoa**

Matemática, D.Sc. em Automação, Pesquisadora da Embrapa Meio Ambiente, e-mail: young@cnpma.embrapa.br. Rodovia SP 340, Km 127,5, Tanquinho Velho, Jaguariúna, SP, CEP: 13820-000.



**Maria de Lourdes Mendonça Santos Brefin**  
Engenheira Agrônoma, PhD em Ciência do Solo e Geomática, Pesquisadora da Embrapa Solos, e-mail: loumendonca@cnpes.embrapa.br. Rua Jardim Botânico, nº 1024, Rio de Janeiro, RJ, CEP: 22460-000.

**Mário Luiz Diamante Aglio**  
Geógrafo, M.Sc. em Cartografia Automatizada, Técnico Nível Superior da Embrapa Solos, e-mail: mario@cnpes.embrapa.br. Rua Jardim Botânico, nº 1024, Rio de Janeiro, RJ, CEP: 22460-000.

**Maurício Rizzato Coelho**  
Engenheiro Agrônomo, M.Sc. em Solos e Nutrição de Plantas, Pesquisador da Embrapa Solos, e-mail: mrcoelho@cnpes.embrapa.br. Rua Jardim Botânico, nº 1024, Rio de Janeiro, RJ, CEP: 22460-000.

**Paulo Choji Kitamura**  
Engenheiro Agrônomo, Doutor em Economia, Pesquisador da Embrapa Meio Ambiente, e-mail: kitamura@cnpma.embrapa.br. Rod. SP 340 km 127,5 km, Jaguariúna, SP, CEP 13 820-000.

**Paulo de Tarso Loguercio**  
Economista, M.Sc. em Antropologia, Sociologia e Política, Assessor Parlamentar do INCRA, e-mail: loguercio@incra.gov.br. Ed. Palácio do Desenvolvimento, 18 andar, sala 2105 – SBN, Brasília, DF. CEP: 70°57-900

**Pedro Luiz de Freitas**  
Engenheiro Agrônomo, PhD em Ciência do Solo, Pesquisador da Embrapa Solos, Colaborador Técnico e Diretor da Associação de Plantio Direto no Cerrado, e-mail: pfreitas@cnpes.embrapa.br. Rua Jardim Botânico, nº 1024, Rio de Janeiro, RJ, CEP: 22460-000.

**Pedro Luiz Oliveira de Almeida Machado**  
Engenheiro Agrônomo, Ph.D. em Solos e Nutrição de Plantas, Pesquisador da Embrapa Solos, e-mail: pedro@cnpes.embrapa.br. Rua Jardim Botânico, nº 1024, Rio de Janeiro, RJ, CEP: 22460-000.

**Rainoldo Alberto Kochhann**  
Engenheiro Agrônomo, Doutor em Solos e Nutrição de Plantas, Pesquisador da Embrapa Trigo, e-mail: rainoldo@cnpt.embrapa.br. Rodovia BR 285, km 174, Caixa Postal 451, Passo Fundo, RS, CEP 99001-970.

**Ronaldo Pereira de Oliveira**  
Engenheiro Eletrônico e Analista de Sistemas, Mestrado em Sistemas de Geoinformação, Pesquisador da Embrapa Solos, e-mail: ronaldo@cnpes.embrapa.br. Rua Jardim Botânico, nº 1024, Rio de Janeiro, RJ, CEP: 22460-000.

**Sérgio Ahrens**  
Engenheiro Florestal, Doutor em Ciências Florestais, Pesquisador da Embrapa Florestas, e-mail: sahrens@cnpf.embrapa.br. Estrada da Ribeira, Km 111, Cx. Postal: 319, Colombo, PR. CEP: 83411-000.

**Silvia Elizabeth de Castro Sampaio Cardim**  
Bacharel em Administração, Gerente Estratégica do INCRA, e-mail: silviac@incra.gov.br, Ed. Palácio do Desenvolvimento, 18 andar, sala 2105 – SBN, Brasília, DF. CEP: 70°57-900

**Tatiana Deane de Abreu Sá**  
Engenheira Agrônoma, D.Sc. em Fisiologia Vegetal, Pesquisadora da Embrapa Amazônia Oriental, e-mail: tatiana@cpatu.embrapa.br. Trav. Dr. Enéas Pinheiro, s/nº, Marco, Belém, PA, CEP: 66095-100.

**Thomaz Correia e Castro da Costa**  
Engenheiro Agrônomo, D.S. em Ciência Florestal, Pesquisador da Embrapa Solos, e-mail: thomaz@cnpes.embrapa.br. Rua Jardim Botânico, nº 1024, Rio de Janeiro, RJ, CEP: 22460-000.

**Valéria Sucena Hammes**  
Engenheira Agrônoma, D.Sc. em Planejamento Ambiental, Pesquisadora da Embrapa Meio Ambiente, e-mail: valeria@cnpma.embrapa.br. Rod. SP-340, km 127,5 - Tanquinho Velho, Jaguariuna, SP, CEP: 13820-000.

**Wagner Bettiol**  
Engenheiro Agrônomo, D.Sc. em Fitopatologia, Pesquisador da Embrapa Meio Ambiente, e-mail: bettiol@cnpma.embrapa.br. Caixa Postal 69, Jaguariúna, SP, CEP: 13820-000.

## Apresentação

Este livro relata a evolução da agropecuária brasileira ao longo das últimas três décadas, com foco principal no uso das terras. São relatos de vários pesquisadores das áreas de ciência do solo, da sociologia e da economia, fundamentais para o entendimento de como e onde as terras foram ocupadas e os resultados dessa ocupação, do ponto de vista econômico, social e ambiental. Retrata claramente o desperdício dos recursos naturais ocorridos pelo mau uso das terras, levando a repensar esta ocupação como forma de se evitar os erros do passado. O que se pretende com este documento não é mudar a história, mas chamar a atenção para o papel fundamental dos solos e de seu uso adequado para a sustentabilidade da agropecuária que constitui hoje a base deste formidável complexo agroindustrial gerador de divisas, com o qual pode contar o Brasil de hoje. Como bem diz Roberto Rodrigues na apresentação do livro *“Agribusiness Brasileiro — A História”* — editado pela ABAG, a agricultura hoje se faz com muita pesquisa, muito trabalho e com uso intensivo das tecnologias modernas. Por isto ela é responsável pelo superávit brasileiro, mas requer atenção redobrada quanto aos seus efeitos sobre os recursos naturais pelo uso inapropriado das terras, pela mecanização intensiva, uso abusivo de fertilizantes e defensivos.

Ao final dos diagnósticos realizados, pode-se concluir através de cenários que são evidentes hoje, e que requerem medidas urgentes dos tomadores de decisão para manutenção ou aumento do atual status da agropecuária brasileira. O primeiro deles mostra que embora nestas três décadas o incremento do conhecimento e desenvolvimento tecnológico tenha sido relevante, aumentando consideravelmente a produtividade da maioria das culturas, não foi suficiente para evitar o crescimento da área agrícola, que cresceu em mais de 28%, e onde exerce atualmente grande pressão para novas ocupações. O segundo cenário aponta para a necessidade de um grande esforço político de recuperação e reintegração ao processo produtivo das chamadas terras velhas, que foram degradadas pelo mau e indevido uso. Chama-se este esforço de político, pois conhecimentos e tecnologia são já disponíveis para esta recuperação. O terceiro cenário aponta para a necessidade do apoio permanente à pesquisa de geração de conhecimentos e a transferência de tecnologias junto a grande maioria dos pequenos e médios produtores, que não utilizando as tecnologias disponíveis deixam de contribuir para o necessário aumento da produtividade. O quarto cenário está relacionado ao melhor planejamento de uso das terras brasileiras, que necessita estar baseado nos Zoneamentos agrícola e ecológico-econômico, que conjugam as informações relativas à potencialidade das terras, com as necessidades de controle dos riscos de produção e ambientais, tornando-se ferramentas essenciais aos processos de crédito e seguro agrícola.

*José Roberto Rodrigues Peres*  
*Diretor-Executivo, Embrapa*



# Sumário

**Introdução, XXI**

**Capítulo 1** O Recurso Natural Solo, **1**

**Capítulo 2** O Potencial de Uso e o Uso Atual das Terras, **13**

**Capítulo 3** O Domínio do Uso do Solo, **23**

**Capítulo 4** Aspectos Gerais da Dinâmica de Uso da Terra, **31**

**Capítulo 5** A Erosão e Seu Impacto, **47**

**Capítulo 6** Fertilidade do Solo e Demanda por Nutrientes no Brasil, **61**

**Capítulo 7** Contaminação dos Solos em Áreas Agrícolas, **79**

**Capítulo 8** Utilização de Resíduos Urbanos e Industriais, **87**

**Capítulo 9** Outras Formas de Degradação do Solo, **93**

**Capítulo 10** Valores e Conscientização da Sociedade, **105**

**Capítulo 11** Legislação e Programas Nacionais, **121**

**Capítulo 12** Compromissos Internacionais: Convenção sobre Diversidade Biológica, **135**

**Capítulo 13** Compromissos Internacionais: Convenções-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima (UNFCCC) e sobre o Combate à Desertificação (UNCCD), **145**

**Capítulo 14** Uma resposta conservacionista – O impacto do Sistema Plantio Direto, **151**

**Capítulo 15** Cenários sobre a adoção de práticas conservacionistas baseadas no plantio direto e seus reflexos na produção agrícola e na expansão do uso da terra, **163**

## Lista de Tabelas

### CAPÍTULO 1

- Tabela 1** Extensão e distribuição dos solos no Brasil, **1**
- Tabela 2** Extensão e distribuição percentual das classes de suscetibilidade natural dos solos à erosão, **10**

### CAPÍTULO 2

- Tabela 1** Aptidão das terras do Brasil por região e por nível de manejo para os diferentes tipos de usos indicados, **14**
- Tabela 2** Uso Atual das Terras do Brasil, **16**
- Tabela 3** Variáveis e Indicadores de Uso da Terra, **18**
- Tabela 4** Intensidade de uso agrosilvipatoril das terras municipais por Regiões no Brasil, **19**
- Tabela 5** Indicadores da Irrigação no Brasil, **20**

### CAPÍTULO 3

- Tabela 1** Brasil – Estabelecimentos, área, valor bruto da produção (VBP) e financiamento total (FT), **25**
- Tabela 2** Agricultores familiares – Estabelecimentos, área, VBP e financiamento total segundo as regiões, **26**
- Tabela 3** Variação do número de imóveis e da área, segundo o Brasil e grandes regiões (92/98), **27**
- Tabela 4** Brasil – Estabelecimentos, área, valor bruto da produção (VBP) e financiamento total (FT), **28**
- Tabela 5** Agricultores familiares – Estabelecimentos, área, VBP e financiamento total segundo as regiões, **29**

### CAPÍTULO 4

- Tabela 1** Variação percentual nas áreas totais utilizadas, de 1970 para 1995, para o país e por região, **31**
- Tabela 2** Estruturas de uso da terra (em %), nos anos de 1970 e 1995, para o país e por região, **32**
- Tabela 3** Distribuição do número de microrregiões, por quartil, e índice de concentração de Theil, **34**
- Tabela 4** Tabela de contingência para a presença de microrregiões em dois anos, **35**
- Tabela 5** Freqüência da presença de microrregiões nos anos de 1976 e 1998, por grupo de contribuição, e medidas de persistência e distância, **36**
- Tabela 6** Contribuição percentual da parte persistente, no nível de 75%, em 1976 e 1998, com respeito ao volume total em cada ano, **37**
- Tabela 7** Freqüência da presença de microrregiões nos anos de 1976 e 1998, por faixa de contribuição, medidas de persistência e distância, **37**
- Tabela 8** Microregiões de rendimentos mais altos da soja e do algodão herbáceo, em 1976 e 1998, **39**

### CAPÍTULO 5

- Tabela 1** Estimativa de perda anual de solo e de água por erosão hídrica no Brasil em função do tipo de ocupação de solo, **55**



- Tabela 2** Estimativa de perda anual de nutrientes e matéria orgânica (t ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>) por erosão hídrica em sistema convencional de manejo do solo no Brasil em função do tipo de ocupação de solo e total, **55**
- Tabela 3** Estimativa(1) do custo adicional em fertilizantes em função da perda anual de nutrientes (N, P, K, Ca, Mg e S) e adubação orgânica por erosão hídrica no Brasil de acordo com o tipo ocupação de solo e total, **56**
- Tabela 4** Estimativa dos custos anuais externos à propriedade devidos à erosão dos solos no Brasil, **56**
- Tabela 5** Resumo da estimativa de valoração dos impactos anuais da erosão dos solos no Brasil, **58**

## **CAPÍTULO 6**

- Tabela 1** Extensão geográfica das maiores limitações na América Tropical, **63**
- Tabela 2** Área cultivada, proporção da área que recebe fertilizantes e o consumo total de fertilizantes dos principais países consumidores, **64**
- Tabela 3** Área plantada das principais culturas no Brasil, porcentagem da área fertilizada, taxa de aplicação e utilização total de nutrientes, dados referentes a 1996, **64**
- Tabela 4** Consumo aparente de fertilizantes, nutrientes e matérias primas no Brasil no período de 1991 a 2000, **65**
- Tabela 5** Produção e consumo aparente de calcário no Brasil no período de 1991 a 2000, **66**
- Tabela 6** Consumo aparente de calcário nos principais Estados (1.000 t), **66**
- Tabela 7** Produtividade atual e ótima e extração de nutrientes das principais culturas no Brasil, **67**
- Tabela 8** Balanço de macronutrientes primários na agricultura brasileira, **69**
- Tabela 9** Áreas que podem ser salvas do desflorestamento por várias opções de manejo, estimada para Yurimaguas no Peru, **75**

## **CAPÍTULO 7**

- Tabela 1** Teores de metais naturalmente presentes nos solos no Estado de S. Paulo, **83**
- Tabela 2** Teores de alguns metais pesados em corretivos e fertilizantes, **84**
- Tabela 3** Teores de metais pesados em solos agrícolas, **84**
- Tabela 4** Valores de alerta para metais pesados em solo, **84**

## **CAPÍTULO 8**

- Tabela 1** Teores de micronutrientes em alguns resíduos orgânicos e no lodo de esgoto, **89**
- Tabela 2** Macronutrientes contidos em alguns resíduos orgânicos, **89**
- Tabela 3** Composição do lixo sólido urbano no Brasil, **90**

## **CAPÍTULO 9**

- Tabela 1** Área em processo de desertificação nos estados do Nordeste, **94**
- Tabela 2** Escala desertificação e respectivas áreas na Região Nordeste do Brasil, **95**
- Tabela 3** Uso atual em porcentagem por unidade de solos da área piloto com 75.000 há do Núcleo de Desertificação do Seridó – RN, **96**
- Tabela 4** Biomassa da Caatinga por Unidade de solo da área Piloto de Desertificação do Seridó – RN, **97**
- Tabela 5** Extensão e porcentagem de ocorrência de Areais por Área Municipal da região sudeste do Estado do Rio Grande do Sul, **97**
- Tabela 6** Classificação dos solos quanto a salinidade, **99**
- Tabela 7** Dados referentes às áreas salinizadas do Piauí, **100**
- Tabela 8** Áreas salinizadas nos perímetros irrigados do Ceará, **100**
- Tabela 9** Áreas salinizadas no perímetro irrigados do Rio Grande do Norte, **100**
- Tabela 10** Áreas salinizadas no perímetros irrigados da Paraíba, **100**
- Tabela 11** Áreas salinizadas no perímetros irrigados de Pernambuco, **100**
- Tabela 12** Áreas salinizadas no perímetros irrigados da Bahia, **100**

**Tabela 13** Áreas de solos (em km<sup>2</sup>) afetados por salinização nos estados do Nordeste, **100**

**Tabela 14** Danos Físicos do Uso do Fogo na Amazônia, **102**

**Tabela 15** Danos Econômicos do Uso do Fogo na Amazônia, **102**

#### **CAPÍTULO 14**

**Tabela 1** Evolução da área cultivada em Sistema Plantio Direto no Brasil, em mil hectares, em alguns Estados e região do Cerrado (1996-2000), segundo Federação Brasileira de Plantio Direto na Palha, **153**

**Tabela 2** Redução de fertilizantes e corretivos devido a menores perdas por erosão nos 14,3 milhões de hectares cultivados sob Sistema Plantio Direto no Brasil, **157**

**Tabela 3** Resumo dos benefícios internos à propriedade rural para os 14,3 milhões de hectares em Sistema de Plantio Direto, **158**

**Tabela 4** Benefícios externos à propriedade rural devidos à adoção de Sistema Plantio Direto no Brasil, **158**

**Tabela 5** Outros impactos positivos, fora da propriedade rural, devidos à adoção de Sistema Plantio Direto, em área 14,3 milhões de hectares, **159**

**Tabela 6** Benefícios devidos ao Sistema Plantio Direto, considerando a área cultivada de 14,3 milhões de hectares no Brasil, **159**

#### **CAPÍTULO 15**

**Tabela 1** Cenários de área desmatada na Amazônia para fins agropecuários, **166**

**Tabela 2** Produção, área colhida e produtividade das culturas selecionadas na safra 1999/2000, **167**

**Tabela 3** Aumento da produtividade física em áreas não irrigadas considerando apenas a adoção de sistemas conservacionistas baseados no plantio direto (safra + safrinha ou safra de inverno), **168**

**Tabela 4** Incrementos de área com lavouras anuais e pastagens recuperadas, **172**

## Lista de Figuras

### **CAPÍTULO 1**

**Figura 1** Mapa de solos do Brasil, **3**

**Figura 2** Mapa interpretativo da suscetibilidade natural dos solos à erosão hídrica, **10**

### **CAPÍTULO 2**

**Figura 1** Uso Atual das Terras por Região do Brasil, **16**

**Figura 2** Evolução da área ocupada pela agropecuária no Brasil no período de 1970 a 1998, **18**

**Figura 3** Índice relativo da intensidade de uso das terras dos municípios por atividades Agrosilvipastoris, **19**

**Figura 4** Evolução das áreas irrigadas no Brasil, **20**

### **CAPÍTULO 3**

**Figura 1** Comportamento do índice de Gini em 1992 e 1998, Segundo o Brasil e Grandes Regiões, **24**

**Figura 2** Comportamento dos índices de concentração fundiária no Brasil - 1972/1998, **26**

**Figura 3** Comportamento dos índices de concentração fundiária no Brasil - 1972/1998, **27**

**Figura 4** Participação relativa das grandes regiões no número total de imóveis cadastrados no Brasil em 1992, **27**

**Figura 5** Participação relativa das grandes regiões no número total de área cadastrada no Brasil em 1992, **27**

**Figura 6** Participação relativa das grandes regiões no número total de área cadastrada no Brasil em 1998, **27**

**Figura 7** Área média dos estabelecimentos familiares em hectares, **29**

**Figura 8** Área média dos estabelecimentos patronais em hectares, **29**

### **CAPÍTULO 4**

**Figura 1** Variações do uso da terra no Brasil no período 1970 a 1985, **32**

**Figura 2** Taxas de crescimento anuais de produção de grãos (arroz, feijão, milho, soja e trigo), **40**

**Figura 3** Indicadores de desempenho relativo das lavouras (arroz, batata inglesa, cebola, feijão, mandioca, milho, trigo, algodão em caroço, amendoim e soja), **41**

**Figura 4** Evolução da área colhida e produção agrícola de grãos – arroz, feijão, milho, soja e trigo, **42**

**Figura 5** Uso atual, aptidão agrícola e balanço da disponibilidade das terras aptas para pastagem plantada por região do Brasil, **43**

**Figura 6** Evolução da produção de carnes no Brasil, **44**

### **CAPÍTULO 5**

**Figura 1** Degradação, perda de produtividade e conseqüências econômicas, sociais e ambientais resultantes do preparo do solo na agricultura tradicional, **50**

**Figura 2** Áreas vulneráveis à erosão resultantes do cruzamento entre a pressão de uso das terras e a suscetibilidade natural dos solos à erosão, **53**

**Figura 3** Fator erosividade da chuva (R) na bacia do rio Paraná, com a intensidade aumentando do azul para o verde e deste para o vermelho, **54**

## **CAPÍTULO 6**

- Figura 1** Economia de uso de área agrícola no Brasil no período de 1970-1998, em função do acréscimo da produtividade média das culturas, **62**
- Figura 2** Consumo de fertilizante N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e K<sub>2</sub>O no Brasil no período de 1975 a 1999, **65**
- Figura 3** Extração de macronutrientes primários N, P e K (A), secundários Ca, Mg e S (B) e micronutrientes B, Cu, Fe, Mn e Zn (C), **68**
- Figura 4** Projeção de extração dos macronutrientes N, P e K para produtividades ótimas, **69**

## **CAPÍTULO 7**

- Figura 1** Consumo de defensivos agrícolas, **79**
- Figura 2** Consumo de agrotóxicos por estado, **80**

## **CAPÍTULO 8**

- Figura 1** Composição do esgoto doméstico, **88**

## **CAPÍTULO 9**

- Figura 1** Mapa da Desertificação no Brasil, **95**

- Figura 2** Área de ocorrência de areais no Sudoeste do Estado do Rio Grande do Sul, Brasil, **97**
- Figura 3** Localização esquemática dos solos com problemas de salinidade no Brasil, **99**

## **Capítulo 14**

- Figura 1** Evolução da área cultivada em Sistema Plantio Direto no Brasil (1972-2000), **153**
- Figura 2** Evolução da área cultivada em Sistema Plantio Direto no Rio Grande do Sul, no período de 1976 a 2000, **154**

## **Capítulo 15**

- Figura 1** Estrutura da sociedade civil no setor rural voltada à adoção do Sistema Plantio Direto como sistema conservacionista no continente americano, **164**
- Figura 2** Evolução e projeção da relação entre a área agrícola total e a população brasileira, **166**
- Figura 3** Variação da Taxa Anual de Crescimento da Área de Adoção do SPD no Brasil, **168**
- Figura 4** Evolução da área de adoção de SPD, considerando três cenários quanto a taxa de adoção anual, **169**



## Introdução

A idéia da realização de um livro abordando o Uso Agrícola dos Solos Brasileiros nasceu após o convite formalizado pelo IBAMA — Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Renováveis, para que a Embrapa coordenasse a elaboração do Capítulo de Solos do “*Geo Brasil 2002 — Perspectivas do Meio Ambiente no Brasil*”. O esforço de elaborar um relatório sobre a qualidade do meio ambiente brasileiro, informando à sociedade, sua real situação, principais problemas e avanços, resultou numa série de contribuições de pesquisadores da Embrapa e de outras instituições, aproveitados em sua versão expandida, na construção dos capítulos desta obra.

Como resultado, esta obra apresenta quinze capítulos ordenados e elaborados utilizando-se adaptações da metodologia utilizada pelo Programa das Nações Unidas para Meio Ambiente para a elaboração das séries GEO (Global Environment Outlook), como decorrência do viés agrícola adotado. Possui ainda uma abordagem generalista, decorrência em parte, das orientações do Geo Brasil 2002 e, de outra, das dimensões continentais do País e seus múltiplos condicionantes de natureza local e regional.

Os capítulos iniciais tratam do estado atual dos solos brasileiros, compreendendo sua constituição, tipos, distribuição geográfica, potencial de uso e uso agrícola atual. Os capítulos que se seguem tratam das atividades e processos de origem antrópica, que agem sobre o *recurso solo* produzindo mudanças no seu domínio e uso atual, como resultado das dinâmicas e transformações verificadas na agropecuária ao longo das três últimas décadas.

Nos capítulos cinco a nove são abordados os principais impactos decorrentes do uso dos solos pela agropecuária e, nos seguintes, as ações adotadas para mitigar ou prevenir impactos ambientais negativos ou mesmo conservar o *recurso solo*, que incluem a conscientização da sociedade, as leis nacionais e suas regulamentações, programas, convenções, acordos internacionais e respostas conservacionistas ao uso das terras. No último capítulo apresentam-se alguns cenários sobre este uso conservacionista e seus reflexos sobre a produção, produtividade e expansão do espaço agrícola.

Cada capítulo contou com a contribuição de vários autores-colaboradores, cujos créditos técnicos encontram-se listados em conjunto no início do livro, e posteriormente, individualizados por capítulos.

Ressalta-se por fim, a importância que os diferentes aspectos do uso dos solos possuem sobre o planejamento, ordenamento e desenvolvimento agrícola sustentável do País. A forte competitividade no setor, decorrência da globalização e da abertura de mercados, vem determinando uma crescente necessidade de se agregar valor aos produtos da agropecuária. Progressivamente estes passam a ser avaliados ainda, não apenas pelo seu valor intrínseco, mas também como resultante de mecanismos limpos e sustentáveis de produção. Ou seja, atualmente os mercados demandam cada vez mais produtos socialmente justos e ambientalmente corretos, com amplos reflexos na forma de uso e apropriação dos solos brasileiros.

---

# O Recurso Natural Solo

---

1

Capítulo

Maurício Rizzato Coelho  
Humberto Gonçalves dos Santos  
Enio Fraga da Silva  
Mario Luiz Diamante Aglio

---

## Introdução

---

O solo é uma coleção de corpos naturais, constituídos por partes sólidas, líquidas e gasosas, tridimensionais, dinâmicos, formados por materiais minerais e orgânicos, contendo matéria viva e ocupando a maior porção do manto superficial das extensões continentais do planeta (Embrapa, 1999).

O território brasileiro se caracteriza por uma grande diversidade de tipos de solos, correspondendo, diretamente, à intensidade de interação das diferentes formas e tipos de relevo, clima, material de origem, vegetação e organismos associados, os quais, por sua vez, condicionam diferentes processos formadores dos solos. A esta diversidade, deve-se a natureza de nosso país, suas potencialidades e limitações de uso e, em grande parte, às diferenças regionais no que se refere às diversas formas de ocupação, uso e desenvolvimento do território.

Assim, um quadro sintético das paisagens brasileiras, por região, mostra o Norte do país como um território de planícies e baixos planaltos, de clima equatorial, calor permanente e alto teor de umidade atmosférica, com predominância de solos profundos, altamente intemperizados, ácidos, de baixa fertilidade natural, e comumente saturados por alumínio tóxico para a maioria das plantas, o que diminui significativamente o potencial produtivo de suas terras, quando não adequadamente manejadas.

Na região Nordeste, observam-se tipos climáticos que variam do quente e úmido ao quente e seco (semi-árido), passando por uma faixa de transição semi-úmida. Nela, ocorre, em grande parte, solos de média a alta fertilidade natural, em geral pouco profundos em decorrência de seu baixo grau de intemperismo. O déficit hídrico e, em menor proporção, a ocorrência

de salinidade e/ou sodicidade em alguns solos nordestinos são os principais fatores condicionantes à produção agrícola nesta região do país.

A região Centro-Oeste, vasta superfície aplainada pelos processos erosivos naturais, é caracterizada pelo Planalto Central Brasileiro. A predominância de um clima tropical quente com veranicos acentuados é característica da região, destacando-se grandes extensões de solos profundos, bem drenados, de baixa fertilidade natural que são facilmente corrigidos pela adubação e calagem, porém com características físicas favoráveis, além das condições topográficas que permitem intensa mecanização agrícola das lavouras.

A região Sudeste se caracteriza por planaltos e áreas serranas com vários pontos de altitudes superiores a 2.000 metros, clima tropical com verões quentes nas baixadas e mais amenos nas áreas altimontanas; predominância de solos bem desenvolvidos, geralmente de baixa fertilidade natural.

Na região Sul, os solos originados de rochas básicas e de sedimentos diversos se encontram distribuídos em uma paisagem com relevo diversificado, onde predomina o clima subtropical, com estações bem definidas e solos predominantemente férteis com elevado potencial agrosilvipastoril.

Como exposto, as diferenciações regionais são resultantes da considerável variabilidade de seus solos, condições climáticas e geomorfológicas, refletindo diretamente no potencial agrícola das terras, na diversificação das paisagens e aspectos vinculados ao tipo predominante de uso do solo, com reflexos no desenvolvimento diferenciado das regiões do país. A ocorrência, a diversidade e a distribuição geográfica das principais classes de solos do Brasil são genericamente abordadas neste capítulo, salientando alguns dos atributos agronômicos e taxonômicos mais relevantes e





Figura 1. Mapa de Solos do Brasil. Adaptado de EMBRAPA (1981) por Embrapa Solos.



**Alissolos:** compreendem solos de baixa fertilidade natural e elevados teores de alumínio extraível ( $Al^{3+}$ ); em alguns solos desta classe ocorre um significativo aumento do conteúdo de argila em profundidade; em outros este aumento é menos pronunciado. Em geral, são bem estruturados e distribuem-se na região subtropical do Brasil, especialmente nos Estados do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul, mas as maiores extensões deles é na Amazônia Ocidental, sob condições tropicais e equatoriais, predominantemente.

**Cambissolos:** devido à heterogeneidade do material de origem, das formas de relevo e condições climáticas em que são formados, as características destes solos variam muito de um local para outro. No entanto, uma característica comum é o incipiente estágio de evolução do horizonte subsuperficial, apresentando, em geral, fragmentos de rochas permeando a massa do solo e/ou minerais primários facilmente alteráveis (reserva de nutrientes), além de pequeno ou nulo incremento de argila entre os horizontes superficiais e subsuperficiais. Ocorrem em praticamente todo o território brasileiro. São particularmente importantes na parte oriental dos planaltos do Rio Grande do Sul, Santa Catarina e Paraná, onde os Cambissolos existentes têm alto teor de matéria orgânica e elevados conteúdos de alumínio extraível. Outras ocorrências significativas são aquelas relacionadas com a Serra do Mar, estendendo-se desde o nordeste do Rio Grande do Sul até o Espírito Santo, serra da Mantiqueira e regiões interioranas de Minas Gerais (Oliveira et al., 1992). Cambissolos de elevada fertilidade natural são comuns na região nordestina e no Estado do Acre.

**Chernossolos:** compreendem solos que apresentam atividade da fração argila bastante elevada no horizonte subsuperficial, sendo o superficial do tipo A chernozêmico (espesso, escuro, bem estruturado, rico em matéria orgânica e com alta saturação por bases). São normalmente escuros, pouco coloridos, moderadamente ácidos a fortemente alcalinos, portanto, de elevada fertilidade natural e com presença de minerais de esmectita e/ou vermiculita na fração argila. Distribuem-se predominantemente em duas grandes áreas situadas ao sul (Rio Grande do Sul) e leste do Brasil (Bahia).

**Espodossolos:** são predominantemente arenosos, com acúmulo de matéria orgânica e compostos de alumínio em profundidade, podendo ou não conter compostos de ferro. São muito pobres e muito ácidos, sendo peculiares os teores de alumínio extraível relativamente elevados em relação aos outros íons básicos presentes no solo. Distribuem-se esparsamente nas baixadas litorâneas ao longo da

costa leste do país, especialmente na Bahia, em Sergipe, Alagoas e Rio de Janeiro, nas baixadas arenosas do Rio Grande do Sul e em áreas interioranas da Amazônia Ocidental, onde são expressivos.

**Gleissolos:** ocupam, geralmente, as partes depressionais da paisagem e, como tal, estão permanente ou periodicamente encharcados, salvo se artificialmente drenados. Comumente, desenvolvem-se em sedimentos recentes nas proximidades dos cursos d'água e em materiais colúvio-aluviais sujeitos a condições de hidromorfismo, como as várzeas e baixadas. Assim, situam-se indiscriminadamente em todas as áreas úmidas do território brasileiro, onde o lençol freático fica elevado durante a maior parte do ano. Como ocorrências expressivas, no entanto, podem-se citar aquelas relacionadas às várzeas da planície amazônica, em Goiás e Tocantins ao longo do Rio Araguaia, em São Paulo e Rio de Janeiro às margens do rio Paraíba, no Rio Grande do Sul às margens das lagoas dos Patos, Mirim e Mangueira (Oliveira et al., 1991).

**Luvisolos:** compreendem solos com elevada fertilidade natural, dotados de argilas com alta capacidade de retenção de íons trocáveis (argila de atividade alta) e saturação por bases também alta (elevada capacidade de retenção de nutrientes) nos horizontes subsuperficiais, imediatamente abaixo de horizontes do tipo A fraco ou moderado (baixos teores de matéria orgânica, pouco espessos e baixa a média capacidade de retenção de nutrientes). Áreas expressivas são encontradas no nordeste brasileiro, onde se distribuem principalmente na zona semi-árida.

**Neossolos:** pouco evoluídos, apresentam pequena expressão dos processos responsáveis pela sua formação, que não conduziram, portanto, a modificações expressivas do material originário. Diferenciaram-se em grande parte pelo seu material de origem e paisagem, como depósitos sedimentares (planícies fluviais, sedimentos arenosos marinhos ou não) e regiões de relevo acidentado. Existem quatro grandes tipos de Neossolos, que apresentam, genericamente, as seguintes características: **Neossolos Litólicos** – solos rasos, com espessura inferior a 50cm, possuindo, em geral, uma estreita camada de material terroso sobre a rocha; **Neossolos Regolíticos** – solos mais profundos com espessura superior a 50cm e presença de minerais alteráveis ou fragmentos de rocha; **Neossolos Quartzarênicos** – solos mais profundos, com espessura superior a 50cm, de textura essencialmente arenosa por todo o solo e, praticamente, ausência de minerais primários alteráveis (sem reserva de nutrientes); **Neossolos Flúvicos** – solos provenientes de sedimentos aluviais. Normalmente, possuem um horizonte escurecido à superfície sobre camadas estratificadas. Os Neos-

solos Litólicos, em geral, estão associados a muitos afloramentos de rocha. No mapa de solos estão apresentados como forma alongada, refletindo as cristas e partes mais instáveis da paisagem (Resende, et al., 1988). Não há distribuição regionalizada, ocorrendo por todo o território brasileiro. Os Neossolos Regolíticos também são comuns no Brasil como um todo. No entanto, extensas áreas ocorrem na região semi-árida nordestina. As maiores ocorrências de Neossolos Quartzarênicos estão nos Estados de São Paulo, Mato Grosso do Sul, Mato Grosso, oeste e norte da Bahia, sul do Pará, sul e norte do Maranhão, no Piauí e Pernambuco, em relevo predominantemente plano. Os Neossolos Flúvicos raramente ocupam apreciáveis áreas contínuas, pois são restritos às margens dos cursos d'água, lagoas e planícies costeiras onde, geralmente, ocupam as pequenas porções das várzeas (Oliveira et al., 1992).

**Nitossolos:** são solos de textura argilosa ou mais fina que apresentam pouco ou nenhum incremento de argila em profundidade. São normalmente profundos, bem drenados, estruturados e de coloração variando de vermelho a brunada. Em geral, são moderadamente ácidos, com saturação por bases de baixa a alta, argila de atividade baixa e as vezes contendo elevados conteúdos de alumínio extraível. As maiores áreas contíguas estão nos Estados sulinos. No entanto, no Estado de São Paulo, extensas áreas são encontradas nos planaltos basálticos que se estendem até o Rio Grande do Sul.

**Planossolos:** são mal drenados, com horizonte superficial de textura mais leve, em geral arenosa, que contrasta abruptamente com o horizonte subsuperficial imediatamente subjacente, adensado e extremamente endurecido quando seco, geralmente de acentuada concentração de argila, bem estruturado e de permeabilidade muito lenta, apresentando visíveis sinais de hidromorfismo. Esses solos ocorrem predominantemente em áreas de relevo plano ou suave ondulado, muito utilizados com arroz irrigado no Rio Grande do Sul e com pastagem na região nordeste do país (Resende, et al., 1988).

**Plintossolos:** apresentam uma diversificação morfológica e analítica muito grande, no entanto, a característica mais importante desses solos é a presença de manchas ou mosqueados avermelhados (plintita), geralmente compondo um emaranhado de cores bem contrastante com a matriz do solo, podendo ou não conter nódulos ou concreções (petroplintita), os quais são constituídos por uma mistura de argila, pobre em carbono orgânico e rica em ferro, ou ferro e alumínio, com quartzo e outros materiais. Frequentemente são ácidos e com

baixa reserva de nutrientes. Encontram-se em relevo plano e suave ondulado, em áreas deprimidas, planícies aluvionais e terços inferiores de encosta, situações que impliquem no escoamento lento da água do solo. As maiores extensões se encontram na região Amazônica (alto Amazonas do território brasileiro), Amapá, Ilha de Marajó, baixada Maranhense, norte do Piauí, sudeste de Tocantins e nordeste de Goiás, Pantanal Mato-Grossense e baixadas da região da Ilha do Bananal (Oliveira et al., 1992). Plintossolos com predominância de nódulos ou concreções (Plintossolos Pétricos) são comuns nas rupturas de chapadas em todo o Planalto Central Brasileiro e em muitas rupturas de declive na Amazônia (Resende, et al., 1988).

**Vertissolos:** são solos de coloração acinzentada ou preta, sem diferença significativa no teor de argila entre a parte superficial e a subsuperficial do solo. No entanto, a característica mais importante é a pronunciada mudança de volume com a variação do teor de umidade devido ao elevado teor de argilas expansivas (argila de atividade alta), tendo como feição morfológica característica e facilmente identificável, a presença de fendas de retração largas e profundas que se abrem desde a superfície do solo nos períodos secos. São de elevada fertilidade química, mas apresentam problemas de natureza física. Ocorrem, predominantemente, na zona seca do Nordeste, no Pantanal Mato-grossense, na Campanha Rio Grandense e no Recôncavo Baiano (Oliveira et al., 1992).

### *Ocorrência e aspectos gerais dos solos por grandes regiões.*

As diferentes regiões do território brasileiro apresentam peculiaridades ambientais e culturais que refletem a ocorrência, a distribuição, a aptidão agrícola de suas terras, o uso e manejo diferenciados de seus solos. Aspectos dessa natureza adquirem, em termos gerais, o seguinte quadro sintético das paisagens brasileiras por região.

#### **Região Norte**

A região Norte abrange 3.878 mil km<sup>2</sup>, ocupando aproximadamente a metade do território brasileiro. Solos profundos, bem drenados, muito intemperizados e de baixa fertilidade natural, como os Latossolos, são os mais representativos, estendendo-se por 34% da região. Os Latossolos Amarelos ocorrem na depressão do Médio-Baixo Rio Amazonas (Figura 1); são originados de sedimentos psamíticos, pelíticos e rudáceos e ocupam uma área de 582,5 mil km<sup>2</sup>, correspondendo a 15% da região Norte. No entorno dos Latossolos

Amarelos predominam os Latossolos Vermelho-Amarelos, que se distribuem de maneira esparsa na paisagem e ocupam 726,3 mil km<sup>2</sup>, correspondendo a 18,7% de toda a região Norte.

Outra classe de solos de grande representatividade é a dos Argissolos, que se distribuem por 26,6% da região, normalmente em relevos ondulados. Entre os Argissolos, a classe de maior ocorrência é o Argissolo Vermelho-Amarelo, distribuídos em aproximadamente 22% da região, sendo a classe de maior ocorrência individual do norte do Brasil. Nas áreas declivosas, sob relevos ondulados a montanhosos, ocorrem os Neossolos Litólicos, ocupando 165 mil km<sup>2</sup> (4,2% da região).

Os Alissolos se distribuem na depressão do Solimões e são originados de sedimentos pleistocênicos psamíticos. Ocupam 347,5 mil km<sup>2</sup>, o que corresponde a 9% da região. Nesses mesmos ambientes são comuns os Plintossolos, ocupando 269 mil km<sup>2</sup> ou aproximadamente 7% da região. Já nas planícies fluviais ou flúvio-lacustre há a predominância de Gleissolos que se distribuem por 254 mil km<sup>2</sup>, cerca de 6,5% da região.

As principais limitações, comuns na maioria dos solos da Amazônia, são a acidez elevada, a saturação alta por alumínio e a disponibilidade baixa de nutrientes. Estima-se que 90% de suas terras apresentam deficiência em fósforo, 75% toxicidade por alumínio, 50% baixa reserva de potássio, além do fato de que 50% da região estar sujeita a déficits hídricos elevados (Rodrigues, 1996). Entretanto, existem tecnologias que possibilitam contornar satisfatoriamente esses problemas, mas que refletem, necessariamente, no aumento dos custos com insumos. As limitações de ordem física para exploração agrícola intensiva das terras do norte do país são pouco representativas. Apenas 10% da área apresenta declividade superior a 20%. Entretanto, a elevada precipitação em algumas sub-regiões, acima de 2.000mm anuais, conjugada com solos de textura argilosa e drenagem deficiente, como Latossolos Amarelos e Plintossolos, dificulta ou mesmo inviabiliza o uso agrícola sustentável.

A ampliação da fronteira agrícola na região Amazônica, apesar da grande oferta de terras com potencial para suportar atividades agrícolas, deverá ser acompanhada de um incremento da difusão de tecnologias que permitam alcançar uma maior produtividade com sustentabilidade, contribuindo para o desenvolvimento socioeconômico e a preservação dos recursos naturais da região.

### Região Nordeste

A região Nordeste é tradicionalmente dividida em três zonas: Litorânea, Agreste e Sertão, as quais, totalizadas, ocupam 1.582 mil km<sup>2</sup>. Estas duas últimas se caracterizam pelo clima semi-árido, abrangendo, aproxi-

madamente, 70% da área daquela região, bem como 63% da população nordestina. Uma característica peculiar do Nordeste brasileiro é a grande variabilidade de seus solos e condições ambientais, com diferentes vocações e potenciais para fins de produção. Considerando apenas duas grandes faixas – a úmida (Litorânea) e a semi-árida – seria possível caracterizar aproximadamente os solos de cada uma delas de acordo com Souza (1979). A primeira faixa revela solos bem diferenciados. Compreende grande parte do Maranhão, amplas áreas do Piauí e a faixa costeira que vai do Rio Grande do Norte até o sul da Bahia, incluindo os Tabuleiros Costeiros. Sobre ela repousa a economia agrícola do litoral úmido – a cana-de-açúcar, o cacau, as frutas, o arroz, etc. – em substituição às matas desaparecidas. Os solos aí são de profundidade variada, dotados de boa precipitação anual, e tiveram sua fertilidade reduzida graças ao uso agrícola contínuo e à grande pluviosidade, favorecendo a lixiviação e a erosão. Nestas condições, dominam os Latossolos que ocorrem em relevos plano e suave ondulado e ocupam 488 mil km<sup>2</sup>, correspondendo a 31% da área total do Nordeste.

A Segunda, zona semi-árida (Agreste e Sertão), com índices de pluviosidade mais baixos, abrange várias áreas do interior do Nordeste. Em geral, os solos aí são mais rasos, dotados de boa fertilidade natural, tendo em vista a retenção de elementos minerais. Sua extensão compreende a maior parte do polígono das secas. Ocupando as áreas mais movimentadas, aparecem tanto os Argissolos com baixa reserva de nutrientes, distribuídos por 290 mil km<sup>2</sup> (18,4%), como os Luvisolos; esses, de elevada fertilidade natural, ocupam 107 mil km<sup>2</sup>. Nestas condições ocorrem, também, os Neossolos, solos jovens que se diferenciam em Litólicos, Quartzarênicos, e Regolíticos, ocupando 28,5% da região nordeste (451 mil km<sup>2</sup>). Em relevo plano e suave ondulado, destacam-se os Planossolos e Plintossolos, solos mal drenados, freqüentemente utilizados com pastagens.

Os solos do Nordeste se diversificam segundo os variados fatores de formação que lhes deram origem. Há solos ricos, pobres e degradados pela erosão e pelo fogo. O uso irracional pela agricultura itinerante tem sido a causa mais importante de sua devastação. Isto tudo leva a afirmar que o Nordeste possui amplas áreas de solos plenamente satisfatórios e diversificados que, uma vez explorados, permitiriam alimentar uma grande população, desenvolvendo condições para que esta tenha renda mais alta e melhor nível de vida, diferente da realidade atual nesta região.

### Centro-Oeste

A fisiografia e o clima quente e subúmido, a vegetação predominante de cerrados e de matas ao longo dos

cursos d'água ocupando chapadas e chapadões, dão ao Centro-Oeste uma fisionomia típica, estendendo-se por uma área total de 1.879.455km<sup>2</sup>. A pecuária constituiu a atividade tradicional mais importante durante décadas na região, provavelmente devido ao seu isolamento até a transferência da capital do país do Rio de Janeiro para o Planalto Central Brasileiro, nos idos de 1960.

A ocupação do novo espaço, abertura de áreas para agropecuária, pesquisas direcionadas, melhor conhecimento do ambiente físico com o aumento de investimentos na região, construção de rodovias e a grande mobilização de empresas agrícolas do Sul e do Sudeste do país contribuíram para mostrar outra realidade. Dentre as mudanças mais significativas ocorridas, destaca-se a expansão da agricultura nas áreas de cerrados, em sua maior parte constituídas de grandes extensões de Latossolos de texturas variando de média a muito argilosa, em relevos altamente favoráveis à mecanização, de excelentes propriedades físicas e de fertilidade facilmente corrigida pela adubação e calagem. Com este potencial agrícola indiscutível, abriu-se uma nova fronteira para a produção de soja, milho, trigo, arroz, feijão, café, algodão e outras culturas climaticamente adaptadas, superando a importância da pecuária na região.

De acordo com o Delineamento Macroagroecológico do Brasil (Embrapa, 1992), o Centro-Oeste apresenta 31% de suas terras indicadas para preservação permanente, 3% para extrativismo e 66% para lavouras de ciclo curto e longo. Portanto, o potencial para pecuária é considerado nulo segundo os critérios do zoneamento agroecológico. Não obstante, consideráveis áreas são ocupadas com pastagens plantadas e naturais, revelando uma distorção de uso da terra, principalmente pelo avanço de pastagens sobre áreas indicadas para preservação. Se não são essas áreas de preservação invadidas, aquelas com vocações mais intensivas, atualmente se encontram em estado de subutilização com pastagens de má qualidade.

Os Latossolos dominam nas paisagens do Centro-Oeste. Distribuem-se em aproximadamente 35% da região, ocupando áreas aplainadas, geralmente sob vegetação de cerrado, de textura variando de média a muito argilosa, fertilidade baixa a média e elevado potencial agrícola (Carvalho Filho et al., 1991). Devido à sua média suscetibilidade à erosão, atualmente tem-se implantado sistemas de manejo adotando o cultivo mínimo e o plantio direto; técnicas amplamente difundidas e incentivadas por associações de produtores regionais (Freitas, 2001).

Outros solos comuns são os Argissolos, geralmente ocupando relevos mais dissecados, de fertilidade natural média a alta e, semelhante aos latossolos, apresentam considerável potencial agrícola. Distribuem-se em aproximadamente 20% da região Centro-Oeste.

Os Neossolos Quartzarênicos têm expressiva ocorrência na região. São amplamente distribuídos nas regiões Norte, Oeste, Centro e Sudeste do estado de Mato Grosso, Centro e Norte do Mato Grosso do Sul e Nordeste de Goiás, englobando aproximadamente 15% da superfície do Centro-Oeste brasileiro. Apresentam severas limitações ao uso agrícola, seja pela textura muito arenosa, fertilidade muito baixa, ou ainda devido ao alumínio em níveis de toxicidade, baixa capacidade de retenção de água ou elevada suscetibilidade à erosão. O desenvolvimento de processo erosivo nestes solos é rápido e tem início imediatamente após a intervenção antrópica.

Os Cambissolos, Neossolos Litólicos e Plintossolos Pétricos, são solos pouco intemperizados, rasos ou pouco profundos, cascalhentos, concrecionários, geralmente pedregosos, ocorrendo em relevos desde planos até fortemente ondulados, ocupam em torno de 17% da região Centro-Oeste. São de potencial agrícola praticamente nulo, com limitações de fertilidade, profundidade efetiva, impedimento ao emprego da mecanização e altamente susceptíveis à erosão, constituindo, em geral, as áreas onde se observam os altos índices de degradação quando cultivadas.

Outras áreas de características peculiares compreendem as planícies fluviais inundáveis, como o Pantanal Mato-Grossense e a Ilha de Bananal, onde predominam tipos de solos como Planossolos, Plintossolos, Gleissolos, Neossolos Flúvicos, Neossolos Quartzarênicos Hidromórficos e Vertissolos. Estas áreas requerem manejo especial e culturas adaptadas às condições de hidromorfismo, em função do regime hídrico e da drenagem deficiente. Em caso de utilizá-las com sistemas produtivos, permanece o risco da proximidade do lençol freático e dos numerosos cursos d'água quando da aplicação de defensivos agrícolas e adubação, constituindo uma ameaça a contaminação de mananciais, com reflexos diretos ao meio ambiente. Áreas com estas características representam cerca de 10% da região Centro-Oeste e são indicadas para preservação, constituindo ambientes ecológicos frágeis.

### Região Sul

Com uma extensão geográfica de 577.723km<sup>2</sup> é a menor das regiões brasileiras, com alta densidade populacional, clima subtropical e cobertura vegetal nativa de florestas e campos, atualmente desaparecidos quase por completo para dar lugar à exploração agropecuária e florestal mais desenvolvida do país.

A região mantém grande atividade comercial com os países do Mercosul e com outras regiões do Brasil, destacando-se, no setor agropecuário, como gran-

de produtora de milho, soja, trigo, arroz, além de destacar-se na indústria madeireira, celulose, manufaturados e a já conhecida indústria vinícola. Em grandes propriedades desenvolve-se a pecuária extensiva, atividade tradicional, onde se encontra um grande rebanho bovino, além de suíno e ovino, constituindo praticamente a metade do rebanho nacional.

Constituída de três estados, Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul, é uma região típica de planaltos e serras com terras férteis originadas, em grande parte, do derrame basáltico que se estende por toda a Bacia Sedimentar do Paraná. Na região predominam os Latossolos Vermelho-Amarelos, Vermelhos e Brunos, profundos, de excelentes propriedades físicas e de fertilidade facilmente corrigível pela adubação e calagem (Fasolo, 1991). São muito susceptíveis à erosão e as áreas cultivadas seguem recomendações técnicas de contenção da erosão, onde começam a surgir cultivos segundo o método do plantio direto e estudos para aumento da eficiência da aplicação de corretivos e adubos através de técnicas de agricultura de precisão. Outros solos, como os Nitossolos, Argissolos, Cambissolos e Chernossolos, de média a alta fertilidade natural são comuns na região Sul e respondem por grande parte da produção de grãos.

As planícies representam grandes extensões no sul do país, predominantemente no Rio Grande do Sul. A maior parte se encontra destituída de sua cobertura vegetal original, devido à utilização pelo homem com sistemas produtivos, principalmente, pecuária e orizicultura. Em virtude destas explorações, tais planícies foram submetidas a sistemas intensivos de drenagens, a ponto de não se legitimar as condições hídricas originais da grande maioria dos solos. Esta consideração é fortemente ratificada em situações onde se observam plantios de soja, o qual necessita rebaixamento definitivo do lençol freático. Solos como Gleissolos, Neossolos Flúvicos, Cambissolos (derivados de sedimentos fluviais), Planossolos, Plintossolos e Organossolos são os mais representativos desses ambientes, muito importantes na economia da região.

O uso intensivo do recurso solo é uma característica desta região que, aliado à mecanização agrícola, é responsável pelos altos índices de erosão hídrica, observados principalmente nos Estados do Rio Grande do Sul e Paraná. Em Santa Catarina, as serras dominam extensas áreas de relevo forte ondulado a montanhoso, fator restritivo à utilização dos solos com culturas anuais. Não obstante, técnicas de manejo adaptadas a relevos acidentados têm sido implementadas com bons resultados, tais como o preparo mínimo do solo, plantio na palha, não remoção de restos culturais e o cultivo em faixas e em curvas de nível, reduzindo significativamente as perdas por erosão.

### Região Sudeste

Os latossolos abrangem aproximadamente 56% da região Sudeste e somados aos Argissolos, perfazem cerca de 78% desta importante região do país (Tabela 1), de elevado desenvolvimento social, técnico e cultural e responsável por setores estratégicos da cadeia produtiva brasileira. Parte desses ambientes, de solos profundos, muito porosos, bem drenados e situados em relevos de relativa planura de superfície, características inerentes aos Latossolos, dominam nas zonas de recarga dos aquíferos, contribuindo efetivamente para a sua capacidade de armazenamento de água; esta depende diretamente da facilidade de infiltração da água da chuva, daí a relevância dos Latossolos na manutenção e recarga dos aquíferos (Freitas, 2001).

Em termos gerais, há uma estreita relação entre os grandes domínios geológicos da região Sudeste e os principais tipos e uso dos solos, conforme exposto a seguir.

Nos domínios de rochas pré-cambrianas do embasamento cristalino, constituídos por complexos gnáissicos-graníticos-migmatíticos, região denominada por Ab'Saber (1970) de Mares de Morros, há uma predominância de Argissolos, Latossolos e Cambissolos. São solos, em sua maioria, de baixa fertilidade natural, e acidentados, no entanto, é a área de maior densidade rural do país, originalmente coberta por floresta tropical (Rezende & Resende, 1996). Na região Sudeste, os Mares de Morros envolvem predominantemente o Leste do Estado de São Paulo, o Sul e o Leste de Minas Gerais, o Estado do Rio de Janeiro e a maior parte do Espírito Santo (Ab'Saber, 1996). Essas áreas foram intensivamente ocupadas com lavoura cafeeira a partir da segunda metade do século XIX. Os nutrientes da mata original sustentavam a lavoura por algum tempo, no entanto, com o manejo inadequado dos cafezais e enfraquecimento das terras, essas eram transformadas em pastagens (Rezende & Resende, 1996). Atualmente, o parque cafeeiro dessas regiões montanhosas permanece significativo, representando aproximadamente 35% da cafeicultura nacional (Guimarães, 1996), embora sejam as pastagens plantadas mais extensivas, as quais, em geral, estão mal manejadas, com baixa capacidade suporte e degradadas.

A Bacia Sedimentar do Paraná é outra ocorrência geológica expressiva no Sudeste brasileiro, ocupando cerca de 40% Estado de São Paulo, predominantemente na sua porção Centro-Oeste, bem como o Oeste de Minas Gerais (região do Triângulo). Nesses ambientes predominam os arenitos cretácicos do Grupo Bauru, em sua maioria com cimentos ou nódulos carbonáticos (IPT, 1981). Uma estreita relação solo-relevo-uso atual pode ser genericamente verificada na região: latossolos de textura média e baixa fertilidade natural ocorrem nos topos em relevos aplainados, pre-

dominantemente cultivados com café, pastagens e menos freqüentes a culturas anuais, reflorestamento e fruticultura. Em seqüência, na parte intermediária das encostas, tem-se Argissolos de textura arenosa/média que se caracterizam por um manto arenoso superficial, geralmente transitando abruptamente para um horizonte inferior de textura média, as vezes argilosa, e de melhor fertilidade em relação aos latossolos. Esses solos predominam em relevos acidentados e são altamente susceptíveis aos processos erosivos lineares, sendo comuns o desenvolvimento de ravinas e voçorocas com pouco tempo de uso (Salomão, 1994). A vegetação primitiva praticamente não existe na região, com predominância de pastagens extensivas e degradadas nos locais de ocorrência dos Argissolos. Juntos, Latossolos e Argissolos, perfazem aproximadamente 70% dos solos da região Sudeste, sob domínio dos arenitos do Grupo Bauru.

Os derrames basálticos mesozóicos da Bacia Sedimentar do Paraná constituem outro grande domínio litológico do Sudeste. Restrito basicamente ao Estado de São Paulo, predominantemente na província geomorfológica denominada por Almeida (1964) de Depressão Periférica, é composto na sua maioria por Latossolos Vermelhos, Nitossolos e Argissolos Vermelhos; solos com elevado teor de óxidos de ferro e de fertilidade variada, predominando os de relativa pobreza em nutrientes. Esses domínios, principalmente em relevos planos ocupados com os Latossolos, são intensamente cultivados com cana-de-açúcar, que desalojou importantes áreas outrora ocupadas com café (Oliveira & Menk, 1984), embora esta cultura ainda permaneça em grandes extensões, predominantemente no leste paulista. Além dessas atividades, tais solos são aproveitados com citrus, culturas anuais, principalmente milho, algodão, soja, sorgo, com pastagens e, em menor extensão, reflorestamento. Os Latossolos Vermelhos, argilosos, muito porosos e com elevados conteúdos de ferro ( $\text{Fe O} \geq 180\text{g/kg}$ ) provenientes do intemperismo das rochas<sup>3</sup> básicas da Bacia Sedimentar do Paraná, ocupam aproximadamente 14% do Estado de São Paulo (Oliveira & Menk, 1984).

Finalmente, os domínios representados por seqüências metamórficas (pré-cambriano), englobam grupos e formações geológicas diversas e distribuem-se predominantemente por todo o Centro-Oeste do Estado de Minas Gerais. Genericamente, recobrem o embasamento cristalino e caracterizam-se por ocorrências de gnáisses variados, xistos, filitos, quartzitos, mármore, ardósias e rochas carbonáticas, bem como formações ferríferas localizadas, onde as explorações minerais são expressivas. A diversidade de solos nessa região reflete a diversidade litológica, no entanto, extensas áreas de Cambissolos e Latossolos com elevados teores de alumínio extraível, solos de baixa fertilidade

natural, são expressivos nos domínios do Grupo Bambuí, ocorrência geológica significativa no Estado mineiro. Esses locais são predominantemente destinados à pastagens extensivas, à culturas anuais (milho e feijão) e à fruticultura (bananicultura).

### A suscetibilidade natural dos solos aos processos erosivos

A suscetibilidade natural dos solos à erosão é uma função da interação entre as condições de clima, modelado do terreno e tipo de solo, sendo um processo natural que pode ser intensificado pela ação antrópica. Da análise empírica da interação destes fatores, juntamente com a avaliação de estimativas experimentais de perdas de solo, foi possível estabelecer e classificar os solos em cinco classes de suscetibilidade natural à erosão das terras do país. As classes de suscetibilidade muito baixa e baixa englobam tanto os solos de baixadas, hidromórficos ou não, como aqueles de planalto, muito porosos, profundos e bem drenados, todos localizados em relevo de relativa planura da superfície.

Em condições mais favoráveis ao desenvolvimento de processos erosivos, destacam-se solos comumente arenosos ou com elevada mudança de textura em profundidade, bem como aqueles rasos, localizados, em geral, em relevos dissecados, configurando classes de suscetibilidade à erosão média, alta ou muito alta, dependendo, como relatado anteriormente, da interação entre os diversos fatores responsáveis pela suscetibilidade dos mesmos à erosão (Figura 2 e Tabela 2).

Com base nestas interpretações, as terras brasileiras podem situar-se, em sua maior porção, nas classes de baixa a alta suscetibilidade à erosão (84% das terras), porém com composições regionais distintas, como resultado das peculiaridades em relação aos variados ambientes edafoclimáticos e ao grau de suscetibilidade natural dos solos (Tabela 2 e Figura 2).

A região Norte se caracteriza pelos baixos níveis de suscetibilidade nas várzeas do rio Amazonas e seus afluentes, bem como nos baixos platôs, onde se desenvolvem solos argilosos ou muito argilosos, muito profundos, geralmente em relevo plano. Esses ambientes, sob domínio de Gleissolos, Neossolos Flúvicos, Latossolos Amarelos e Latossolos Vermelho-Amarelos, representam aproximadamente 46% dessa região do Brasil (Tabela 2). As terras com o maior potencial de erosão, distribuídas em aproximadamente 36% da região, ocorrem em relevos mais dissecados sob domínio de Argissolos, Luvissolos e Cambissolos.

No Nordeste do Brasil, 33% das terras apresentam suscetibilidade muito baixa e baixa, 34% média e 33% tem classes de suscetibilidade alta e muito alta (Ta-

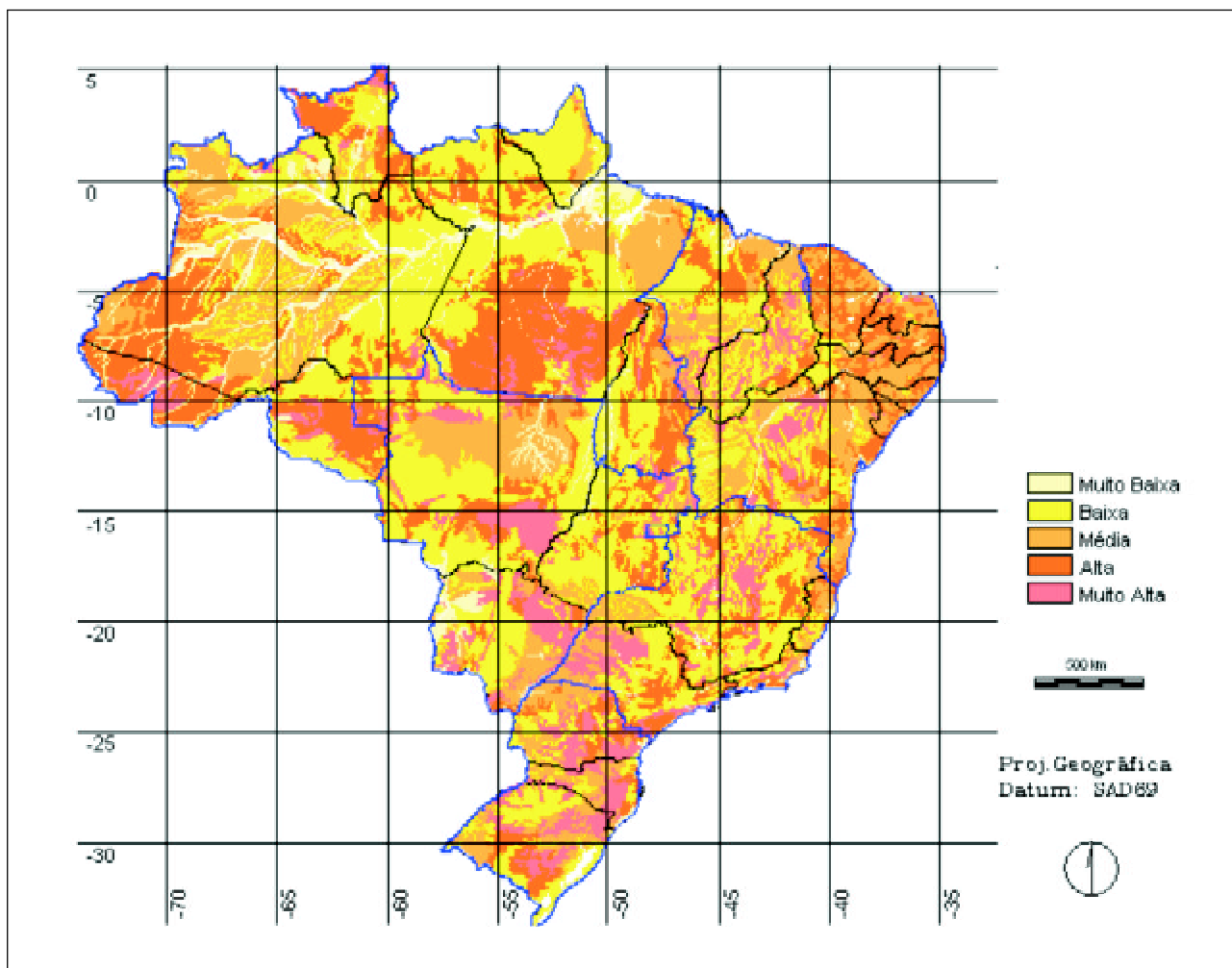


Figura 2. Mapa interpretativo da suscetibilidade natural dos solos à erosão hídrica.

Tabela 2. Extensão e distribuição percentual das classes de suscetibilidade natural dos solos à erosão.

Classes de Erosão	Regiões										BRASIL	
	N		NE		CO		SE		S			
	km2	%	km2	%	km2	%	km2	%	km2	%	km2	%
M.Baixa	306.533	8	38.389	3	82.518	5	7.493	1	5.690	1	440.623	5
Baixa	1.427.765	39	461.989	30	732.576	45	423.368	46	154.863	28	3.200.561	39
Média	647.286	17	517.856	34	319.543	20	125.002	14	151.257	27	1.760.944	21
Alta	1.141.371	31	349.041	23	229.260	14	189.422	21	82.124	15	1.991.218	24
M.Alta	198.114	5	155.860	10	256.177	16	168.970	18	164.859	29	943.980	11

bela 2). Solos como os Neossolos Quartzarênicos, Litólicos e Regolíticos são os com maior potencial de erosão devido à presença de conteúdos significativos de areia, associado, em alguns casos, a relevos dissecados. Embora as chuvas no semi-árido nordestino sejam de baixa duração e frequência, sua elevada intensidade em alguns locais favorece o escoamento superficial, desagregação e transporte dos solos, mesmo em relevos mais aplainados. Solos como os Luvisolos, em geral com maiores conteúdos de argila e em relevos bastante disse-

cados, representam as terras com elevada suscetibilidade à erosão. Já áreas expressivas de Latossolos, representando cerca de 30% da região, são aquelas representativas das terras com baixa suscetibilidade à erosão. A ocorrência de horizontes superficiais arenosos, bem como o aumento do teor de argila em profundidade torna os Argissolos e Planossolos medianamente suscetíveis à erosão nas condições climáticas características da região.

A região Centro-Oeste apresenta cerca de 70% de seus solos com suscetibilidade à erosão variando de muito



baixa a média, em decorrência da dominância de relevos aplainados do Planalto Central Brasileiro, associados a solos profundos e bem drenados, como os Latossolos. O restante das terras (30%) corresponde, em geral, aos solos com elevados teores de areia, como os Neossolos Quartzarênicos e alguns Latossolos de textura média, os quais apresentam fraca estruturação e são facilmente desagregados e carregados pelas águas da chuva, mesmo em relevo relativamente plano. Ressalta-se a ocorrência, nessa região, de severos processos erosivos lineares (ravinas e voçorocas) nas terras situadas em algumas cabeceiras de drenagem, resultando da conjugação de solos de fraca estruturação e relevo movimentado, como ocorre, por exemplo, nos chapadões da divisa dos Estados de Goiás, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais e Mato Grosso, onde se originam diversos rios que formam as bacias do Prata e do Amazonas. A Tabela 2 mostra a região Sudeste com predominância de solos com baixa suscetibilidade aos processos erosivos (46%). Semelhante à região Centro-Oeste, a ocorrência expressiva de Latossolos em relevos aplainados, com elevados conteúdos de argila e porosos, condicionam a baixa suscetibilidade à erosão. As terras muito erodíveis correspondem a 40% da região e estão associadas a relevos dissecados e aos solos com elevados conteúdos de areia ou significativa diferença textural em profundidade, como ocorre, por exemplo, nos domínios dos arenitos do Grupo Bauru, predominantemente na região Oeste do Estado de São Paulo e nos relevos acidentados ao longo da Serra do Mar.

Para a região Sul, observa-se a predominância de solos com alta e muito alta suscetibilidade à erosão (Tabela 2), condicionados pela presença significativa de solos rasos, como os Cambissolos e Neossolos Litólicos, ou mesmo mais profundos, como os Argissolos, todos localizados em relevos acidentados das serras e planaltos sulinos. Os solos com suscetibilidade muito baixa e baixa perfazem 29% da região, geralmente associados aos planaltos e planícies sedimentares de relevos aplainados, onde ocorrem Latossolos e Planossolos respectivamente. Na classe de suscetibilidade média, destacam-se os Alissolos, Nitossolos e Chernossolos, em geral em relevo movimentado.

## Referências Bibliográficas

- AB'SABER, A. N. Domínios morfoclimáticos e solos do Brasil. In: ALVAREZ, V. H.; FONTES, L. E. F. (Ed.) **O solo nos grandes domínios morfoclimáticos do Brasil e o desenvolvimento sustentado**. Viçosa: SBCS; UFV, 1996. p.1-18.
- AB'SABER, A. N. **Províncias geológicas e domínios morfoclimáticos no Brasil**. São Paulo: USP-Instituto de Geografia, 1970. 26 p. (USP. Geomorfologia, 20).
- ALMEIDA, F. F. M. Fundamentos geológicos do relevo paulista. **Boletim do Instituto Geográfico e Geológico**, São Paulo, n. 41, p.169-262, 1964.
- CARVALHO FILHO, A.; MOTA, P. E. F.; COSTA, L. D. da. **Solos da região Centro – Oeste**. Goiânia: Embrapa-SNLCS- Coordenadoria Centro Oeste, 1991. 1 v. Digitado.
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa em Solos. **Delineamento macroagroecológico do Brasil**, escala 1:5.000.000. Rio de Janeiro, 1992. 1 mapa color.
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa em Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília, DF: Embrapa Produção de Informação, 1999. 412 p.
- EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. **Mapa de Solos do Brasil**, escala 1:5.000.000. Rio de Janeiro, 1981. 1 mapa color.
- FASOLO, P. J. **Situação atual do solo brasileiro nos Estados do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul**. Curitiba: Embrapa - SNLCS - Coordenadoria Regional Sul, 1991. 1 v. Digitado.
- FREITAS, P. L. de. Sistemas conservacionistas, baseados no plantio direto e na integração lavoura-pecuária, como instrumentos efetivos de manejo e conservação do solo, da água, do ar e da biodiversidade. In: REUNIÃO TÉCNICA DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA, 2001, Brasília, DF. **Anais...** Brasília, DF: Agência Nacional de Águas, 2001.
- GUIMARÃES, R. T. Desenvolvimento da Cafeicultura de Montanha. In: ALVAREZ, V. H.; FONTES, L. E. F. (Ed.) **O solo nos grandes domínios morfoclimáticos do Brasil e o desenvolvimento sustentado**. Viçosa: SBCS; UFV, 1996. p. 251-260.
- IPT. **Mapa geológico do Estado de São Paulo**: escala 1:500.000. São Paulo: IPT- Divisão de Minas e Geologia Aplicada, 1981. v.1, 126 p.
- OLIVEIRA, J. B. de; MENK, J. R. F. **Latossolos roxos do Estado de São Paulo**. Campinas: Instituto Agrônomo, 1984. 132 p. (IAC. Boletim Técnico, 82).
- OLIVEIRA, J. B.; JACOMINE, P. K. T.; CAMARGO, M. N. **Classes gerais de solos do Brasil**. 2.ed. Jaboticabal: FUNEP, 1992. 201 p.
- RESENDE, M.; CURI, N.; SANTANA, D. P. **Pedologia e fertilidade do solo**: interações e aplicações. Brasília, DF: MEC; [Lavras]: ESAL; [Piracicaba]: POTAFOS, 1988. 81 p.
- REZENDE, S. B. de; RESENDE, M. Solos dos mares de morros: ocupação e uso. In: ALVAREZ, V. H.; FONTES, L. E. F. (Ed.) **O solo nos grandes domínios morfoclimáticos do Brasil e o desenvolvimento**. Viçosa: SBCS; UFV, 1996. p. 261-288.
- RODRIGUES, T. E. Solos da Amazônia. In: ALVAREZ, V. H.; FONTES, L. E. F. (Ed.) **O solo nos grandes domínios morfoclimáticos do Brasil e o desenvolvimento sustentado**. Viçosa: SBCS; UFV, 1996. p. 51-260.
- SALOMÃO, F. X. T. Solos do arenito Bauru. In: PEREIRA, V. de; FERREIRA, M. E.; CRUZ, M. C. P. da. (Ed.) **Solos altamente suscetíveis à erosão**. Jaboticabal: UNESP-FCAV: SBCS, 1994. p. 51-55.
- SOUZA, J. G. **O Nordeste brasileiro**: uma experiência de desenvolvimento regional. Fortaleza: Banco do Nordeste do Brasil, 1979. 410 p.

# Potencial de Uso e Uso Atual das Terras

## 2

Celso Vainer Manzatto  
Antonio Ramalho Filho  
Thomaz Corrêa e Castro da Costa  
Maria de Lourdes Mendonça Santos  
Maurício Rizzato Coelho  
Enio Fraga da Silva  
Ronaldo Pereira de Oliveira

O uso adequado da terra é o primeiro passo no sentido da preservação do recurso natural solos e da agricultura sustentável. Para isso, deve-se empregar cada parcela de terra de acordo com a sua aptidão, capacidade de sustentação e produtividade econômica (não foram consideradas outras potencialidades das terras e restrições ambientais, como cobertura vegetal, biodiversidade, questões indígenas, refúgios ecológicos, patrimônios arqueológicos...) de tal forma que os recursos naturais sejam colocados à disposição do homem para o seu melhor uso e benefício, ao mesmo tempo em que são preservados para gerações futuras (Lepsch et al., 1991).

No Brasil, a grande extensão territorial, diversidade ambiental e socioeconômica determinam os padrões de uso das terras, caracterizando-se regionalmente por diferentes formas de pressão ao uso. A exemplo disso, tem-se o Estado de São Paulo que, apesar do grande desenvolvimento socioeconômico, técnico e cultural, estava convivendo com uma perda anual de aproximadamente 130 milhões de toneladas de solo agrícola (Bertoni & Lombardi Neto, 1985), enquanto na região Amazônica, o conhecimento técnico-científico a respeito de seus ecossistemas ainda é muito limitado, o que pode levar ao uso indiscriminado de seus recursos (Rodrigues et al., 1990).

Destaca-se dessa forma, a preocupação e a necessidade de um ordenamento/reordenamento territorial, cuja ferramenta básica é o Zoneamento Ecológico-Econômico (ZEE), o qual não pode prescindir de um diagnóstico ambiental prévio. No caso brasileiro, este discernimento faz parte da Constituição (Brasil, 1988), como pode ser observado no seu artigo 21, inciso IX, onde é delegada à União a competência de elaborar e executar planos nacionais e regionais de ordenação do território e de desenvolvimento econômico e social (Comissão..., 1991).

Este capítulo apresenta o resultado de um diagnóstico generalizado do potencial e uso das terras no Brasil, através da análise da aptidão agrícola e uso atual das terras bem como da intensidade de uso.

### Aptidão Agrícola das Terras

A avaliação da aptidão de terras é condição para o desenvolvimento de uma agricultura em bases sustentáveis. Esta avaliação, assim como o conhecimento da disponibilidade de terras, é obtida através da interpretação de levantamentos de recursos naturais, com ênfase para o recurso solo, que juntamente com dados de clima e o nível tecnológico define o potencial dessas terras para diversos tipos de utilização. O exercício baseado na comparação da disponibilidade de terras, que é função da oferta ambiental, com a demanda por terras aptas determina o planejamento de uso de uma determinada região.

O conhecimento do potencial das terras do país para diferentes tipos de utilização é função da avaliação da aptidão dessas terras, as quais são classificadas conforme as suas limitações. A aptidão das terras depende de algumas condições que influenciam a sua capacidade de produção, entre elas, os fatores de limitação do solo, basicamente, fertilidade, disponibilidade de água, excesso de água, susceptibilidade à erosão e impedimentos à mecanização bem como o nível tecnológico adotado, denominado níveis de manejo A, B e C, (Ramalho Filho & Beek, 1997). Os níveis de manejo são assim definidos:

- primitivo (A) - práticas agrícolas que refletem um baixo nível técnico-cultural. Praticamente não há aplicação de capital para manejo, melhoramento e conservação das condições das terras e das lavouras.

As práticas agrícolas dependem do trabalho braçal, podendo ser utilizada alguma tração animal com implementos agrícolas simples;

- intermediário (B) - práticas agrícolas que refletem um nível tecnológico médio. Modesta aplicação de capital e de resultados de pesquisa para manejo, melhoramento e conservação das condições das terras e das lavouras. Práticas agrícolas que incluem calagem e adubação com NPK, tratamentos fitossanitários simples, mecanização com base na tração animal ou motorizada para desbravamento e preparo do solo;
- avançado (C) - Práticas agrícolas que refletem alto nível tecnológico, aplicação intensiva de capital e de resultados de pesquisa para manejo, melhoramento e conservação das condições das terras e das lavouras. Motomecanização presente nas diversas fases da operação agrícola.

A Tabela 1 apresenta a aptidão agrícola das terras do Brasil, por região, evidenciando os diferentes níveis

tecnológicos de manejo, classe de aptidão e tipos de usos indicados. Da análise da Tabela 3, elaborada com base em Ramalho Filho & Pereira (1999), verifica-se que há uma grande predominância de terras aptas para lavouras quando comparadas às demais atividades. Considerando-se os diferentes níveis tecnológicos, o país dispõe de aproximadamente 65% do seu território (5.552.673km<sup>2</sup>) de terras aptas ao uso agropecuário. Este dado revela o alto potencial agrícola do território brasileiro quando considerada a adoção de diferentes níveis de manejo, para diagnosticar o comportamento das terras em três níveis operacionais diferentes. Vale informar, no entanto, que terras aptas para lavouras o são também para os demais tipos de utilização menos intensivos como pastagem e silvicultura que inclui o reflorestamento.

Ao se analisar a atividade lavoura no conjunto de todas as regiões do Brasil, observa-se que os níveis de manejo, ou seja, os graus de intensidade de uso de tecnologia no manejo do solo, foram preponderantes na definição do maior ou menor potencial de terras

**Tabela 1.** Aptidão das terras do Brasil por região e por nível de manejo para os diferentes tipos de usos indicados.

Tipo de Utilização	Região	Classe de aptidão por nível de manejo (km <sup>2</sup> )								
		Nível de manejo A			Nível de manejo B			Nível de manejo C		
		Boa	Regular	Restrita	Boa	Regular	Restrita	Boa	Regular	Restrita
Lavouras	N	25.850	204.982	2.046.873	106.878	1.751.585	427.377	30.032	1.731.001	326.120
	Ne	13.394	145.079	435.307	15.555	421.060	321.150	7.482	436.452	267.025
	Se	22.715	118.648	147.506	102.929	130.785	330.767	78.230	266.287	45.966
	CO	2.508	68.048	358.065	10.708	385.902	579.222	107.426	636.919	231.460
	S	46.191	96.824	142.717	64.975	171.474	162.399	38.388	233.857	48.078
	Total	110.658	633.581	3.130.468	301.045	2.860.806	1.820.915	261.558	3.304.516	918.649
Pastagem plantada <sup>1</sup>	N	-	-	-	-	234.113	4.935	-	-	-
	Ne	-	-	-	4.908	91.636	27.967	-	-	-
	Se	-	-	-	2.957	40.215	96.807	-	-	-
	CO	-	-	-	-	339.309	22.119	-	-	-
	S	-	-	-	34.125	16.836	10.210	-	-	-
	Total	-	-	-	41.990	722.109	162.038	-	-	-
Silvicultura <sup>2</sup>	N	-	-	-	-	-	3.816	-	-	-
	Ne	-	-	-	1.939	33.908	71.854	-	-	-
	Se	-	-	-	-	58.619	9.415	-	-	-
	CO	-	-	-	-	139.418	71.006	-	-	-
	S	-	-	-	3.127	7.322	11.238	-	-	-
	Total	-	-	-	5.066	239.267	167.329	-	-	-
Pastagem natural <sup>3</sup>	N	-	-	9.469	-	-	-	-	-	-
	Ne	287	141.564	290.781	-	-	-	-	-	-
	Se	-	945	77.084	-	-	-	-	-	-
	CO	-	-	209.181	-	-	-	-	-	-
	S	19.789	10.359	3.102	-	-	-	-	-	-
	Total	20.076	152.868	589.617	-	-	-	-	-	-

<sup>1</sup> Terras com aptidão exclusiva para pastagem plantada; não aptas para lavouras.

<sup>2</sup> Terras com aptidão exclusiva para silvicultura; não aptas para lavouras e pastagem plantada.

<sup>3</sup> Terras com ocorrência exclusiva de pastagem natural.

Fonte: Ramalho Filho (1985); Ramalho Filho & Pereira (1997).

aptas para este fim. É evidente que, para o nível de manejo A (primitivo), há um predomínio de terras com sérias limitações (classe Restrita) em todas as regiões do país, significando que a utilização de tecnologias rudimentares limitam grandemente o cultivo de lavouras por agricultores (Tabela 1). No nível de manejo B (pouco desenvolvido), verifica-se um certo equilíbrio entre as terras com limitações moderadas e fortes (classes de aptidão Regular e Restrita) na maioria das regiões brasileiras, enquanto no nível de manejo C (desenvolvido; altamente tecnificado) ocorre um forte predomínio de terras com moderadas restrições, considerando-se o atual nível de tecnificação. Torna-se interessante destacar que as terras naturalmente mais férteis e propícias à agricultura quando usadas com manejo com baixo nível de uso de insumos são mais evidenciadas nos níveis de manejo A e B. Mesmo assim, essas terras têm uma performance melhor para lavouras também no nível de manejo C, predominantemente nas regiões Sudeste e Sul. Os níveis de manejo A, B e C e as classes de aptidão de terras são definidos de acordo com Ramalho Filho & Beek (1997).

Aproximadamente 10% do território nacional, ou cerca de 926.137km<sup>2</sup> (Tabela 1) são terras indicadas para uso com pastagem plantada. A região sul destaca-se positivamente, apresentando elevado potencial para essa atividade. Cerca de 56% de suas terras apresentam aptidão Boa para pastagens plantadas, seguidas de 28% com aptidão Regular e apenas 17% com restrições severas para esse tipo de uso. As demais regiões se apresentaram constituídas de terras com classe de aptidão Regular e Restrita para pastagem plantada.

Com relação à silvicultura, destaca-se também a região Sul, onde cerca de 48% de suas terras apresentam aptidão variando de classe Boa a Regular (14% e 34%, respectivamente), sendo o restante (52%) da classe Restrita. A região Nordeste, não obstante à alta percentagem de suas terras com aptidão Restrita (67%), apresenta o correspondente a 31% com aptidão Regular, e apenas 2% com aptidão Boa para utilização com silvicultura.

Quanto à avaliação das terras para pastagem natural, a região Sul ficou novamente evidenciada positivamente, pois 60% de suas terras ocupadas com essa atividade apresentam aptidão Boa. A seguir, destaca-se a região Nordeste, cujas terras apresentam, predominantemente, aptidão Regular (33%) e Restrita (67%). As demais regiões apresentam suas terras com classe de aptidão quase que exclusivamente Restrita para pastagem natural. Tratam-se de solos rasos ou pedregosos predominantemente ocupados com campo cerrado. Conforme ficou mencionado acima, terras aptas apenas para silvicultura não são aptas para pastagem plantada, da mesma forma que terras aptas para pastagem são aptas para silvicultura mas não

são aptas para lavouras por ser esta uma atividade agrícola mais intensiva.

A partir da contextualização e visão sinóptica sobre a avaliação da aptidão agrícola das terras brasileiras, observa-se que o país possui um imenso potencial agrícola, pois dispõe de 5,55 milhões de quilômetros quadrados (555 milhões de hectares) de terras aptas para lavouras, onde, salvo restrições de ordem ambiental ou de legislação, 2,79 milhões encontram-se na região Norte. No mesmo contexto, possui também, expressiva extensão (964.334km<sup>2</sup>) de terras desmatadas e de baixo potencial para lavouras aptas para pastagem plantada e para silvicultura.

### Uso Atual das Terras

As mudanças no uso e cobertura do solo, quando consideradas globalmente, são tão importantes que chegam a afetar significativamente aspectos chave do funcionamento do sistema terrestre global. O impacto dessas mudanças, conforme está citado por Lambin et al. (2001), pode se dar sobre a diversidade biótica (Sala et al., 2000), contribuir para as mudanças climáticas locais e regionais (Chase et al., 1999), bem como para a mudança climática global (Houghton et al., 1999), além de contribuir diretamente para a degradação dos solos (Tolba et al., 1992), entre outros.

A necessidade de compreensão das causas de mudanças no uso da terra tem sido enfatizada (Committee on Global Change, Research, 1999). Lambin et al., (2001) defendem que as causas das alterações no uso e cobertura da terra são dominadas pelas políticas de desenvolvimento e ambientais. Eles concluíram que estas não se devem unicamente ao crescimento populacional nem à pobreza, mas principalmente, deve-se à resposta da população às oportunidades econômicas mediadas por fatores institucionais. Assim, oportunidades e limitações para novos usos da terra são criadas por mercado e políticas locais e nacionais, porém a força global é a principal determinante das alterações de uso da terra, que são potencializadas ou atenuadas por fatores locais.

Estudos da FAO mostram que as atividades agrícolas e pecuárias são as principais causas das mudanças no uso da terra nos trópicos (FAO, 1996). No Brasil, a atividade agropecuária causou 91% do desmatamento com ênfase nos anos 80, sendo 51% devido ao uso agrícola com culturas anuais e perenes e 40% pela pecuária (Amelung & Diehl, 1992). Essa taxa no entanto, decresceu nos anos 90, devido à suspensão dos subsídios para a expansão da atividade de pecuária.

Durante a década de 90, o Brasil foi um dos poucos países do mundo a aumentar sua área agrícola, estimada ao final da década em cerca de 250 milhões de hectares, e ocupa atualmente 27,6% de seu território.

rio com atividades agrosilvipastoris (Tabela 2 e Figura 1). As áreas destinadas às unidades de conservação já demarcadas representam atualmente cerca de 55 milhões de hectares, estimando-se que brevemente alcance 10% do território nacional com os processos de

demarcação em curso. Embora seja um quantitativo expressivo, considera-se que este montante ainda seja insuficiente diante da necessidade de preservar os diversos biomas do país para, entre outros fins, proteger a sua diversidade biológica.

Tabela 2. Uso Atual das Terras do Brasil<sup>(\*)</sup>

I. Terras com Utilização Econômica	Milhões de hectares
Lavouras Temporárias <sup>(1)</sup>	38,5
Lavouras Temporárias em Descanso	4,0
Culturas Permanentes	7,5
Pastagens Plantadas	99,7
Pastagens Naturais	78,0
Florestas Artificiais	5,4
Terras Irrigadas	3,0
SUB TOTAL	236,1
II. Terras com Outros Usos	
Reservas Indígenas <sup>(2)</sup> (homologadas, reservadas ou em processo de identificação fora da Floresta Amazônica)	101,9
Centros Urbanos, Lagos, Estradas e Rios <sup>(3)</sup>	30,0
Terras Devolutas <sup>(4)</sup>	6,1
Terras Produtivas não Aproveitadas,	16,3
Outros Usos ou Indefinidos	99,3
SUB TOTAL	618,6
TOTAL	854,7

FONTES: IBGE – Censo Agropecuário, 1996.

(\*) Tabela adaptada do livro “Os Caminhos da Agricultura Brasileira”, Espírito Santo, Benedito Rosa (2001).

(1) CONAB – Estimativa da Safra 2000/01.

(2) IBAMA.

(3) Estimativa – Embrapa.

(4) INCRA – Resumo de Atividades do INCRA, 1985-94.

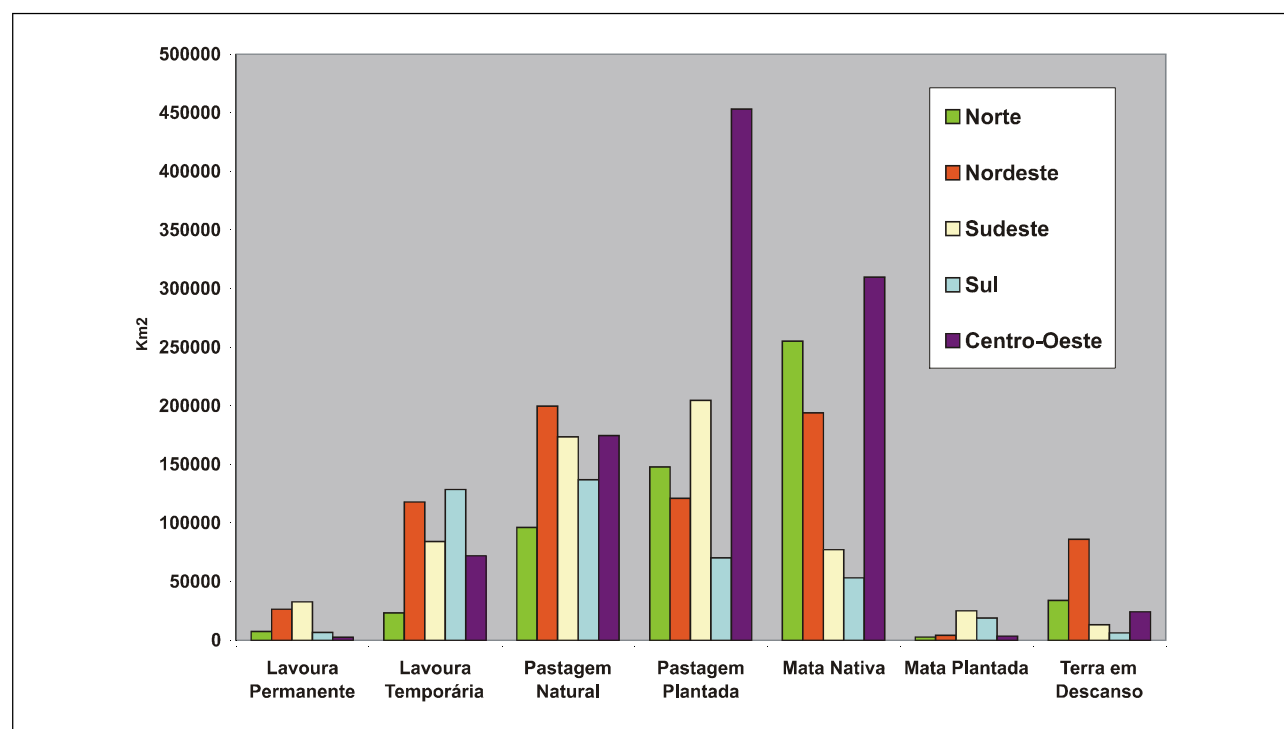


Figura 1. Uso Atual das Terras por Região do Brasil.

A análise da estrutura produtiva do país revela que a principal ocupação do solo é a pecuária, com 21% do território brasileiro ocupado com pastagens naturais e plantadas, ou seja, mais que o triplo das terras destinadas à produção de lavouras permanentes e temporárias. Em termos regionais, observa-se que o uso com pastagens naturais ainda permanece bastante disseminado, apesar das diferenças regionais em termos climáticos, valor da terra, padrões culturais e dimensões territoriais das regiões (Figura 1). De uma forma geral pode-se inferir que este tipo de atividade é resultado da utilização de terras marginais, com limitações climáticas e/ou pedológicas, como é o caso da caatinga e do cerrado, e ainda de áreas degradadas e/ou abandonadas. Possuem como características comuns uma baixa taxa de desfrute dos rebanhos e um baixo emprego de tecnologias de produção, exceto na Região Sul, onde ocorrem pastagens naturais com boa capacidade de suporte e rebanhos de melhor índice zootécnico.

Com relação às pastagens plantadas a Região Centro Oeste destaca-se sobre as demais, com seus 46 milhões de hectares ou quase a metade das pastagens plantadas do Brasil, seguida pela Região Sudeste com cerca de 20 milhões de hectares.

A área atualmente ocupada com lavouras é relativamente pequena se comparada com a área potencial que o país dispõe para este uso, considerando apenas os aspectos do solo, especialmente no Centro-Oeste, bem como com a área relativa utilizada por outros países do continente. O incremento verificado ao longo da década passada, de 45,6 milhões de hectares para 53,2 milhões em 1998, foi decorrente em grande parte da incorporação de áreas de pastagens, especialmente nos estados de Mato Grosso, Mato Grosso do Sul e Tocantins (IBGE, Censo Agropecuário, 1996). A associação desta expansão com o ganho de produtividade resultou em um aumento de 37% na produção de grãos, atingindo cerca de 100 milhões de toneladas na safra 2001/2002. Entre os grãos, a soja foi a que mais se expandiu em termos de área e produção, graças à pesquisa agrícola que desenvolveu e introduziu novas variedades de soja adequadas às condições dos solos de cerrados, principalmente nos Estados de Goiás, Mato Grosso do Sul e Mato Grosso. Entretanto, a produção de grãos no país, pode ser ainda considerada como pouco diversificada, concentrando-se basicamente na produção de soja e milho, que somadas atingem cerca de 70% da área plantada.

O crescimento das exportações agrícolas brasileiras, que coloca o Brasil como segundo maior exportador de soja, com 31,6 milhões de ton/ano, e que resultou principalmente do uso da fronteira agrícola no Cerrado, concentra 45,3% da produção nacional. Em 1975, 13% das propriedades rurais do Mato Gros-

so tinham entre 100 e 1000 ha. Em 1995, este percentual subiu para 30%. Este avanço, se por um lado beneficiou o país economicamente, gerando excedentes na balança comercial, por outro provocou impactos sociais e ambientais, como concentração de terras e renda, desmatamento e perda da biodiversidade no bioma cerrado, que já perdeu características primárias em quase 80% de sua extensão, conforme a publicação "Expansão Agrícola e Perda da Biodiversidade no Cerrado: origens históricas e o papel do comércio internacional", lançada pela WWF-Brasil (WWF, 2000).

Uma comparação entre ao potencial de terras e sua disponibilidade com a área atualmente ocupadas com os diversos tipos de uso revela a adequação de uso das terras do país. Os conflitos entre potencial e uso atual se traduzem em sobreutilização e subutilização das terras.

Com base nos dados da Figura 2, é possível tirar conclusões sobre a adequação de uso das terras no país se comparados com os dados sobre aptidão das terras.

### Pressão do Uso das Terras

A intensidade de uso das terras por atividades agrosilvipastoris foi medida com dados do Censo Agropecuário de 1996 e da Base de Informações Municipais (BIM) (IBGE, 1996). Destes dados, foram selecionadas variáveis com relação de causa para uma possível degradação do recurso natural "solo". As variáveis selecionadas representam três categorias de uso da Terra: Agricultura, Pecuária e Silvicultura, que foram transformadas em indicadores de pressão por categoria, como pressão agrária (DENSUSO), e de fronteira agrícola ou supressão do recurso florestal (DENSEXVE) apresentados na Tabelas 3. Estes indicadores, após normalização, foram agrupados em um índice final de intensidade de ocupação (PRUSOEXV) dos territórios municipais (Figura 3), distribuído por região (Tabela 4).

Verifica-se na Figura 4, que a atividade agropecuária é mais intensiva nas regiões Sul, Sudeste e Centro-Oeste respectivamente. A região Nordeste, embora bastante antropizada, apresenta uma intensidade de uso intermediária, face às limitações climáticas que oferece às atividades agropecuárias, e a região Norte, apresenta, de forma geral, municípios com áreas de baixa intensidade de uso agropecuário, ou mesmo ausente. Considerando o valor ambiental da Floresta Amazônica, a maior floresta tropical remanescente do mundo, sua utilização com grandes sistemas agropecuários intensivos não deve ser considerada como uma alternativa ao uso sustentável dos recursos naturais, a exemplo dos sistemas agroflorestais (Frankie ; Lunz & Amaral(1997); Lunz & Franke (1997, 1998);

Na Tabela 4, a Região Sul apresenta o maior percentual de área com alta intensidade de uso (41%).

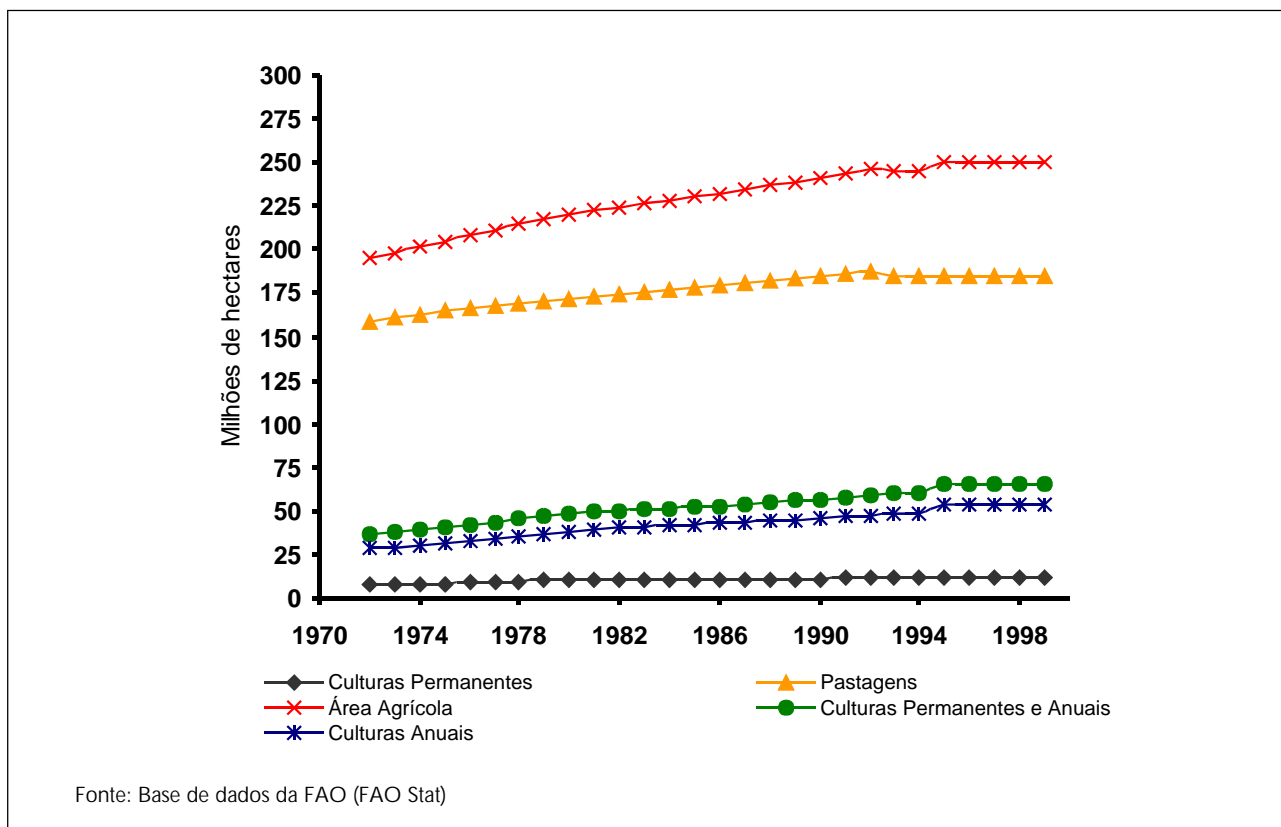


Figura 2. Evolução da área ocupada pela agropecuária no Brasil no período de 1970 a 1998.

Tabela 3. Variáveis e Indicadores de Uso da Terra.

Nome	Expressão	Significado
<b>Agricultura</b>		
DENSLAVO	= AreaLavoura (ha)/AreaMunic (ha)	
<b>Pecuária</b>		
DENSPAST	= AreaPastagem (ha)/AreaMunic (ha)	
<b>Silvicultura</b>		
CAVEM3	= CAVETON*1.000*3,33*0,001175	Carvão vegetal em m <sup>3</sup> de madeira consumida
LENHM3		Extração de lenha em m <sup>3</sup>
MADEM3		Extração de madeira em m <sup>3</sup>
DENSEXVE	= (CAVEM3 + LENHM3 + MADEM3) / AreaMunic (ha)	Indicador de fronteira agrícola e vulnerabilidade ambiental
DENSUSO	= DENSLAVO + DENSPAST	Indicador de pressão agrária
PRUSOEXV	= DENSUSO + DENSEXVE	Índice final de pressão agrosilvipastoril sobre as terras

Com raízes na colonização por imigrantes europeus, a atividade agrária na região sul é diferenciada das demais regiões do país, exceto parte da Região Sudeste. A Região Sul é formada, predominantemente, por pequenos módulos rurais e agricultura tecnificada, organizada, usualmente, em cooperativas. O tradicionalismo agrícola não evitou problemas como a perda de produtividade provocada pelo depleção e erosão do solo na região. Quanto à região Norte, há uma baixa intensidade de uso das terras em 95% de seu território, com

o Estado do Amazonas praticamente sem antropização. Nesta região as áreas de maior intensidade de uso compreendem o leste Estado do Pará, Tocantins, norte do Mato Grosso e Rondônia, que demarcam a área de fronteira agrícola conhecida como PROARCO, ou arco do desmatamento. As formas de uso da terra nesta faixa começaram com a exploração madeireira, formação de pastagens posteriormente abandonadas, e atualmente sendo intensamente procurada para produção de grãos.



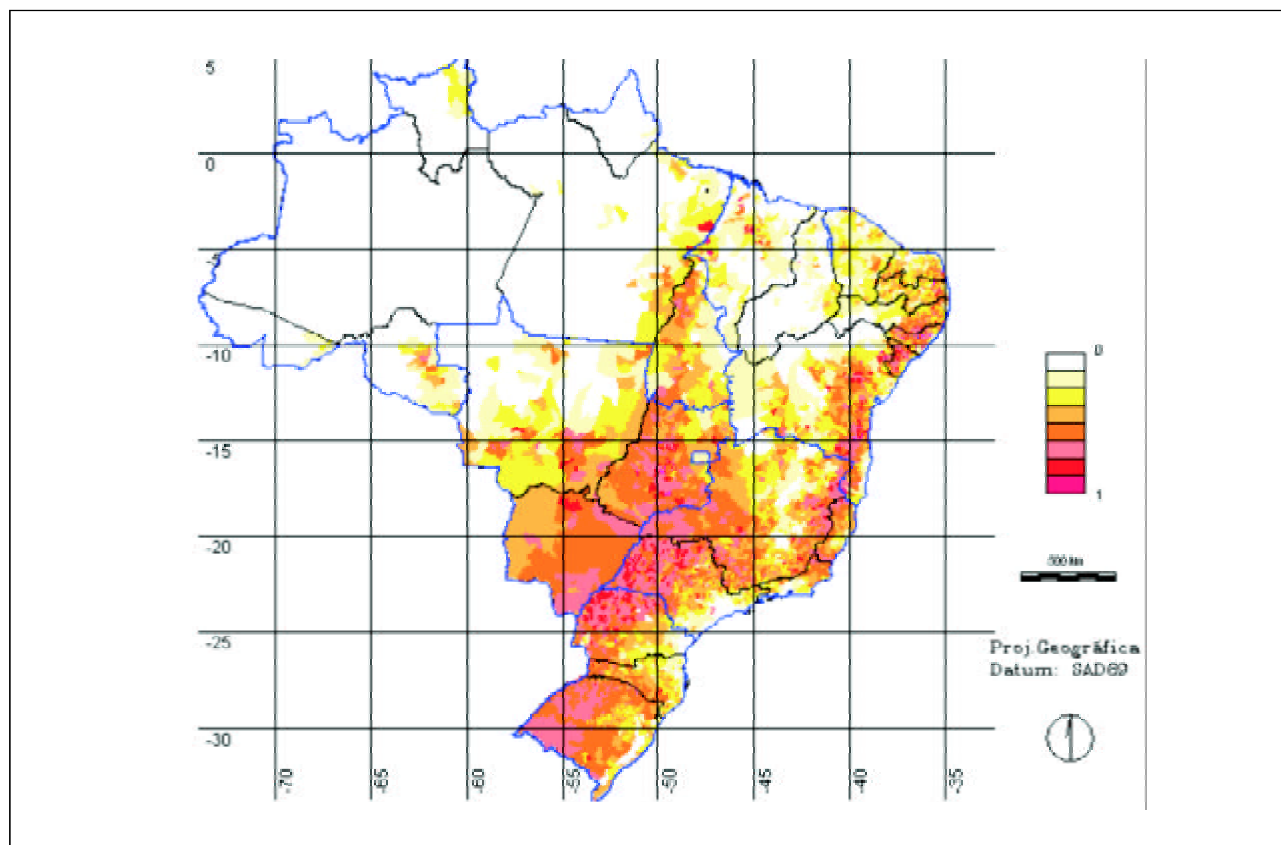


Figura 3. Índice relativo da intensidade de uso das terras dos municípios por atividade Agrosilvipastoril.

Atualmente o Programa Avança Brasil vem incentivando os “corredores de exportação” como uma alternativa para baratear custos com transporte e para conferir maior competitividade à soja brasileira, que pode resultar em novos impactos, principalmente na região Norte. Uma alternativa para o uso racional da terra nesta região é o aproveitamento de experiências nativas de produção sustentável dos recursos naturais, apoiadas organizações não governamentais e pelo próprio governo, como é o caso dos sistemas agroflorestais.

Segundo o relatório Planeta Vivo 1999 do WWF (<http://www.wwf.org.br>) - uma análise da “saúde” ambiental do planeta com base em estudos realizados em 151 países, o Brasil é o segundo país com maior desmatamento em área total e o sexto no ranking em

perda de biodiversidade, com 1.358 espécies ameaçadas de extinção. Certamente por ser detentor da maior extensão de floresta tropical do planeta. De qualquer forma, acumula anualmente, somente na Amazônia, uma taxa de desflorestamento em torno de 14.000km<sup>2</sup>. Na Rio+10. Uma iniciativa para conservação das florestas tropicais resultou na criação, pelo Governo Brasileiro, do programa Áreas Protegidas da Amazônia (ARPA), tendo como principais parceiros o WWF-Brasil, o GEF (Global Environmental Facility) e o Banco Mundial. A meta é proteger 500 mil km<sup>2</sup> da Amazônia até 2012, correspondendo a 12% deste bioma.

Com relação à irrigação, a exemplo do que ocorre com o uso da terra para lavouras, o país dispõe de um excelente potencial de solos aptos à irrigação, esti-

Tabela 04. Intensidade de uso agrosilvipastoril das terras municipais por região no Brasil.

Intensidade	Região									
	N		NE		CO		SE		S	
Classe de pressão	Superfície									
	km <sup>2</sup>	%	km <sup>2</sup>	%	km <sup>2</sup>	%	km <sup>2</sup>	%	km <sup>2</sup>	%
Baixa	3682612	95	1214470	78	761442	47	291792	32	136168	24
Média	148679	4	233031	15	500558	31	360400	39	200116	35
Alta	35722	1	104275	7	359367	22	271244	29	240472	41

madados em 29,5 milhões de hectares (Tabela 5), porém o uso da agricultura irrigada ainda é modesto, totalizando em 1998 uma área de 2,87 milhões de hectares, ou seja, apenas 6,19% das áreas destinadas a produção, muito abaixo dos padrões mundiais e das oportunidades que o País oferece.

Na Figura 4, observa-se que a irrigação experimentou uma grande expansão até 1990 e posteriormente uma estagnação do crescimento que persiste até os dias atuais. O crescimento exponencial da irrigação, principalmente na década de 80, foi decorrente do Programa Nacional de Aproveitamento Racional de Várzeas Irrigáveis (PROVÁRZEAS), instituído através do Decreto nº 86.146 em 23.06.81, e do Programa de Financiamento e Equipamento de Irrigação (PROFIR), no mesmo ano. Ambos os programas possibilita-

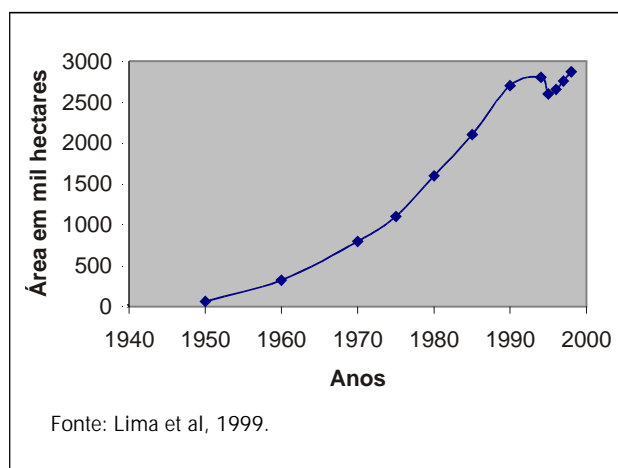


Figura 4. Evolução das áreas irrigadas no Brasil.

ram a utilização de mais de um milhão de hectares de solos de várzeas drenados e/ou sistematizados, beneficiando cerca de 40 mil produtores e criando mais de 150 mil empregos diretos no período de sua vigência (1981-1988).

Considera-se atualmente, à exceção da irrigação, que as frentes de ocupação do território são mais sensíveis a oportunidade do capital do que aos incentivos governamentais, sendo seu maior regulador a legislação, suportada pelos órgãos de fiscalização territoriais e ambientais.

As tentativas de implantação de grandes projetos de expansão da fronteira agrícola, não têm apresentado no Brasil, os resultados esperados pela sociedade, pois foram geralmente determinadas por forças econômicas e políticas, sem levar em conta informações técnicas, culturais, de economia local, e de conhecimento dos ecossistemas. Faltou interação com a sociedade para a construção de um modelo que atendes-se ao desenvolvimento local. Uma alternativa de ocupação da terra que continue a gerar saldos positivos na balança comercial pela atividade agrária, que preserve os recursos ambientais remanescentes, e que permita uma distribuição de renda mais justa, ainda é motivo de discussão em várias esferas da sociedade. Alguns mecanismos do governo como o ZEE - Zoneamento Ecológico Econômico, a Legislação Ambiental, considerada uma das melhores do mundo, programas de incentivo a agricultura familiar, como o PRONAF, e principalmente a ação pioneira de segmentos da sociedade, representada pelas ONG's, tem o propósito de apresentar soluções para essas questões.

Tabela 5. Indicadores da Irrigação no Brasil (Cristofidis, 1999)

Região	Solos aptos à irrigação	Área irrigada consumida	Parcela do total agrícola	Proporção consumida
	1.000ha	1.000ha	%	%
Norte	11.900	87	4,02	55,1
Nordeste	1.104	493	5,77	65,8
Sudeste	4.429	891	8,29	65,5
Sul	4.407	1.195	7,36	62,2
Centro-Oeste	7.724	202	2,34	30,8
<b>Total</b>	<b>29.564</b>	<b>2.868</b>	<b>6,19</b>	<b>62,3</b>

## Referências Bibliográficas

- AMELUNG, T.; DIEHL, M. 1992. **Deforestation of tropical rainforest - economic causes and impact on development**. Tübingen, Germany, [s.ed.], 1992. 1 v. (Kieler Studien 241)
- BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo**. Piracicaba: Livrocetes, 1985. 392 p.
- BRASIL.. **Constituição da República Federativa do Brasil**. Brasília, 1988. 292 p.

CHASE, T. N.; PIELKE, R. A.; KITTEL, T. G. F.; NEMANI, R. R.; RUNNING, S. W. Simulated impacts of historical land cover changes on global climate in northern winter. **Climate Dynamics**, v. 16, p. 93-105, 1999.

COMISSÃO INTERMINISTERIAL PARA A PREPARAÇÃO DA CONFERÊNCIA DAS NAÇÕES UNIDAS SOBRE O MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO (Brasília, DF). **Subsídios técnicos para elaboração do relatório nacional do Brasil para a CNUMAD**: conferência das Nações Unidas sobre meio ambiente e desenvolvimento. Brasília: CIMA, 1991. 172 p.

- COMMITTEE ON GLOBAL CHANGE, RESEARCH.. **Global environmental change: research pathways for the next decade.** Washington, DC: National Academy, 1999. 1 v.
- CRISTOFIDIS, D. **Recursos hídricos e irrigação no Brasil.** Brasília: CDS-UNB, 1999. 1 v.
- FAO. **Forest resources assessment 1990:** survey of tropical forest cover and study of change processes. Roma, 1996. 152 p. (FAO Forestry Paper, 130).
- FRANKE, I. L.; LUNZ, A. M. P.; AMARAL, E. F. do. **Metodologia para planejamento, implantação e monitoramento de sistemas agroflorestais: um processo participativo.** Rio Branco: Embrapa Acre, 2000. 35 p. (Embrapa Acre. Pesquisas em andamento, 132)
- HOUGHTON, R. A., HACKLER, J. L., LAWRENCE, K. T. The U.S. carbon budget: contribution from land-use change. **Science**, n. 285, p. 574-578, 1999.
- IBGE. **Censo Agropecuário do Brasil 1995/96.** Rio de Janeiro, 1997. 1 v.
- LAMBIN, E. F.; TURNER, B. L.; GEIST, H. J.; ANGLADE, S. B.; ANGELSEN, A.; BRUCE, J. W.; COOMES, O. T.; DIRZO, R.; FISCHER, G.; FOLKE, C.; GEORGE, P. S.; HOMEWOOD, K.; IMBERNON, J.; LEEMANS, R.; LIN, X.; MORANO, E. F.; MORTIMORE, M.; RAMAKRISHNAN, P. S.; RICHARDS, J. F.; SKANESS, H.; STEENT, W.; STONE, G. D.; SVEDIN, U.; VELDKAMP, T. A.; VOGEL, C.; XUY, J. The causes of land-use and land-cover change moving beyond the myths. **Global Environmental Change**, v. 11, p. 261-9, 2001.
- LEPSCH, I. F.; BELLINAZZI JÚNIOR, R.; BERTOLINI, D.; ESPÍNDOLA, C. R. **Manual para levantamento utilitário do meio físico e classificação de terras no sistema de capacidade de uso: 4ª aproximação.** 2. Imp. rev. Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1991. 175 p.
- LIMA, J. F. :**Um panorama da gestão e utilização dos recursos hídricos nos países da Bacia do Prata.** Revista Archétypon, v. 7, n.20, p. 75-96, maio/agosto 1999.
- LIMA, J. F., FERREIRA, R. S.; CRISTOFIDIS, D. **O uso da Irrigação no Brasil. In: FREITAS, M. A. V. O Estado das Águas no Brasil.** Brasília: Ministério de Minas e Energia, 1999. p. 73-101.
- LUNZ, A. M. P.; FRANKE, I. L. **Avaliação de um modelo de sistema agroflorestal com pupunha, açaí, cupuacu, café e castanha-do-brasil, no Estado do Acre.** Rio Branco: EMBRAPA-CPAF, 1997. 3 p. (Embrapa Acre. Pesquisas em andamento, 101)
- LUNZ, A. M. P.; FRANKE, I. L. **Recomendações técnicas para desenho de sistemas agroflorestais multiestratos no Estado do Acre.** Rio Branco: EMBRAPA-CPAF, 1998. 5 p. (Embrapa Acre. Comunicado Técnico, 87)
- RAMALHO FILHO, A. Aptidão agrícola das terras do Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 20., 1985, Belém. **Programa e resumos...** Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1985. 65 p.
- RAMALHO FILHO, A.; PEREIRA, L. C. **Aptidão agrícola das terras do Brasil** – potencial de terras e análise dos principais métodos de avaliação. Documentos 1, Embrapa Solos, 1999
- RAMALHO FILHO, A.; BEEK, K. J. **Sistema de avaliação da aptidão agrícola das terras.** 3.ed. rev. Rio de Janeiro: Embrapa-CNPS, 1995. 65 p.
- RODRIGUES, T. E.; PEREIRA, L. C.; GAMA, J. R. N. F. RÊGO, R. S.; HENRIQUES, L. M. Uso e ocupação do solo da Amazônia brasileira. In: CONGRESSO BRASILEIRO E ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA SOBRE CONSERVAÇÃO DO SOLO, 8., 1990, Londrina, PR. **Programa e Resumos...** Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1990. p. 145.
- ROSA, B. **Os Caminhos da agricultura brasileira.** Vitória, ES: [s.ed.], 2001. 1 v.
- ROSA, B. Uso e conservação dos recursos hídricos e importância da irrigação. In: ENCONTRO DAS ÁGUAS, 3. 2001, 24-26 out. Chile. **Palestra...** Santiago: IICA, Governo do Chile. 2001. 13 p.
- SALA, O. E.; CHAPIN, F. S.; ARMESTO, J. J.; BERLOW, E.; BLOOMFIELD, J.; DIRZO, R.; HUBER-SANWALD, E.; HUENNEKE, L.F.; JACKSON, R.B.; KINZIG, A.; LEEMANS, R.; LODGE, D.M.; MOONEY, H.A.; OESTERHELD, M.; POFF, N. L.; SYKES, M. T.; WALKER, B.H.; WALKER, M.; WALL, D. H. Biodiversity: global biodiversity scenarios for the year 2100. **Science**, n. 287, p. 1770-1774, 2000.
- TOLBA, M. K., EL-KHOLY, O. A. (ed.) **The World environment 1972-1992: two decades of challenge.** London: Chapman & Hall, 1992. 1 v.
- WWF. **Expansão agrícola e perda da biodiversidade no cerrado: origens históricas e o papel do comércio internacional.** [s.l.], 2000. 1 v. ( WWF. Série Técnica, v. 7). Dispo
- WWF-BRASIL. Disponível em: <http://www.wwf.org.br/amazonia/default.htm>. Acessado em: 13 dez. 2002.

# O Domínio do Uso do Solo

# 3

# Capítulo

Elizabeth Presott Ferraz  
Silvia Elizabeth de Castro Sampaio Cardim  
Paulo de Tarso Loguercio Vieira

## O Perfil da Estrutura Fundiária

A estrutura fundiária brasileira pode ser analisada sob duas óticas distintas: a primeira tem por foco a distribuição do espaço fundiário entre seus detentores - proprietários e posseiros. A segunda permite identificar como este espaço é ocupado e explorado pelos produtores rurais. Desta forma têm-se: imóvel rural (*unidade de propriedade*) e estabelecimento agropecuário (*unidade de produção*).

Para as análises relativas à distribuição do espaço fundiário entre os detentores, são utilizados os dados cadastrais levantados pelo Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária - INCRA. Na segunda hipótese, empregam-se os dados extraídos dos Censos Agropecuários da Fundação do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE.

Ainda que pese o fato de que os esquemas conceituais das mencionadas fontes sejam distintos, *unidades de propriedade - imóvel rural - e unidades de produção - estabelecimento agropecuário* - ambas evidenciam um acentuado grau de concentração da terra no Brasil.

Assim, temos que, conforme as estatísticas cadastrais do INCRA, em 1998, os imóveis rurais com área superior a 1.000,0ha, representando 1,4% do universo cadastrado, detinham 49% da área total. Já em termos de estabelecimentos agropecuários, 0,9% deles, com área superior a 1.000ha, ocupavam 43,7% da área total recenseada em 1996. Do outro extremo, 31,1% dos imóveis rurais com menos de 10,0ha, ocupavam apenas 1,4% da área total. De forma mais dramática, 52,9% dos estabelecimentos agropecuários com área inferior a 10,0ha, abrangiam, tão somente, 2,7% da área total.

Quando considerada a grandeza do território brasileiro, 415,0 milhões de hectares pelo cadastro do

INCRA em 1998, e 353,6 milhões de hectares de acordo com o último Censo Agropecuário do IBGE, evidencia-se em que magnitude se dá este forte grau de concentração da terra no país. Um bom exemplo está no fato de que a área média dos imóveis rurais com mais de 1.000,0ha é 33 vezes maior que a média nacional, enquanto que para os estabelecimentos rurais, do mesmo extrato, ela representa 43 vezes a média nacional.

Evidente é a diferença de abrangência - mais de 60 milhões de hectares - entre as fontes de levantamento sobre a ocupação do espaço rural no Brasil. O Censo Agropecuário do IBGE é restritivo ao limitar-se às unidades efetivamente exploradas, enquanto que os dados do Cadastro do INCRA se ampliam na missão de monitorar o domínio sobre as terras, na condição de Órgão Fundiário Nacional responsável pelo Gerenciamento da Estrutura Fundiária Brasileira.

## Aspectos Históricos e Geográficos

Em conseqüência, tanto de seu passado de ocupação colonial quanto da sua forma de ocupação mais recente, o Brasil não apresenta uma satisfatória distribuição da propriedade da terra, ainda que sucessivos governos não tenham poupado esforços no sentido de reverter este quadro. Atualmente, as ações de reforma agrária tomaram grande vulto, tanto em função da pressão exercida por segmentos da sociedade civil organizada, como pelas das diretrizes e metas estabelecidas de política agrária e concretizadas notadamente pelos três últimos governos.

Outro ponto a ser destacado refere-se ao fato de que a concentração da propriedade da terra seja elevada em todo país quando vista sob a ótica da simples análise dos indicadores nacionais. Tais indicadores ten-

dem a obscurecer ou mesmo distorcer as diferenças regionais da contração da propriedade da terra, tanto em seus aspectos históricos, sistemas de ocupação e dimensão das áreas.

As diferenças regionais foram sendo definidas, como mencionado na introdução, ao longo de toda a história de ocupação do país. Na região Norte, observa-se uma grande concentração fundiária, em níveis mais elevados do que a média Brasil, em razão de movimentos demográficos-econômicos mais recentes que se depararam com uma região ocupada por grandes extensões territoriais, calcadas no extrativismo vegetal, aforadas a poucas e tradicionais famílias. A este fato, acrescentem-se as restrições ambientais, aliadas à alta densidade florestal, que dificultam o acesso, a monitoração e o controle, e que abriam espaço à ocupação desordenada e irregular das terras, aí detectada com grande intensidade.

A região Nordeste também conta com elevados níveis de concentração fundiária, fato que pode em parte ser atribuído à destinação das sesmarias ocupadas na forma de monoculturas. Como exemplo, pode-se citar a monocultura da cana-de-açúcar e a expansão do latifúndio pecuário especialmente no interior de alguns estados.

Já a região Sudeste, de ocupação mais antiga juntamente com o Nordeste, apresenta níveis de concentração da propriedade da terra relativamente baixos, o que reflete uma estrutura fundiária mais equilibrada tendo em vista o percentual de área ocupada pela média propriedade, o maior dentre as cinco regiões. Parte desse cenário constitui reflexos da colonização estrangeira em áreas de clima propício, parte decorre da influência da instalação, por longo período, da sede do governo brasileiro.

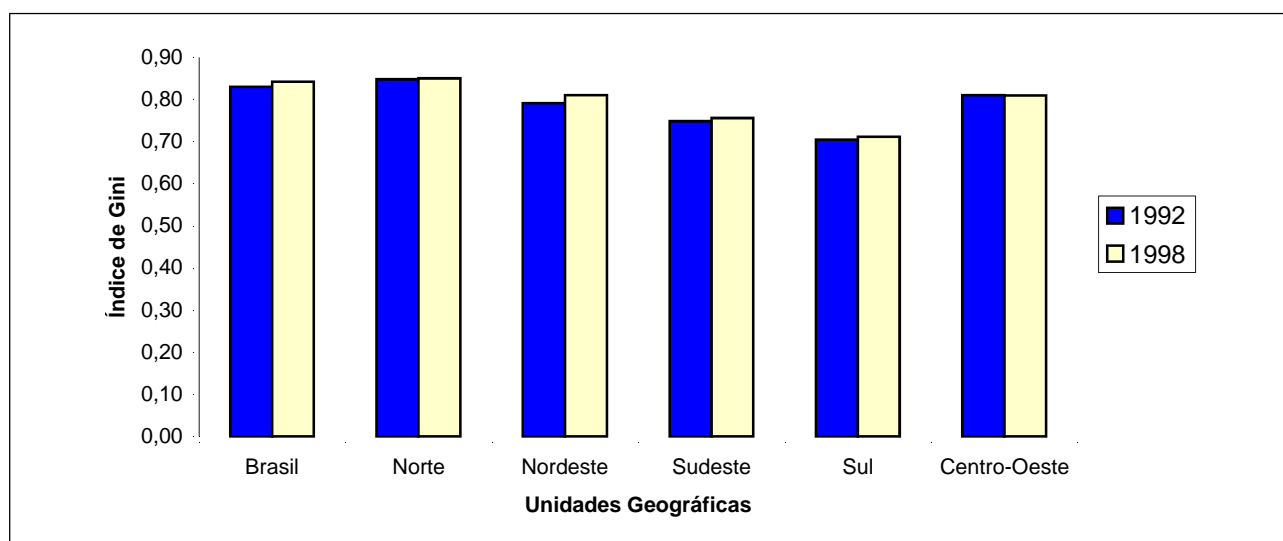
Relativamente a região Sul, cabe destacar que, do ponto de vista fundiário, constitui-se na mais ocu-

pada do país, ainda que tenha sido colonizado quase dois séculos após o Nordeste e o Sudeste. A colonização estrangeira, particularmente na segunda metade do século XIX, fez com que esta região apresentasse aspectos bastante diferenciados daqueles observados no restante do Brasil. Originou-se desta forma uma diversificada agricultura de subsistência com base na pequena propriedade. A grande propriedade pecuária, primeira atividade econômica desta região, permanece até hoje na região da campanha, porção meridional do Estado do Rio Grande do Sul.

A região Centro-Oeste, juntamente com a região Norte, apresenta os maiores graus de concentração da propriedade da terra no país. Sua ocupação, mais recente dentre todas as grandes regiões brasileiras, foi incentivada pelo Governo Federal através de grandes projetos de colonização interna, tanto de cunho particular como governamental, com a finalidade de assegurar a soberania nacional. Entretanto a mineração e expansão da agropecuária das regiões Sul e Sudeste marcaram, de forma desordenada e aventureira, a ocupação do espaço fundiário, com altos índices de concentração e irregularidades na posse e domínio das terras. Com maior intensidade, o Estado do Mato Grosso apresenta o mais elevado índice de superposição de áreas sob domínio particular.

Os cenários acima descritos podem ser melhor visualizados através do índice de Gini, conforme da Figura 1, tradicionalmente utilizado pelo INCRA para quantificar a concentração fundiária. Nesta tabela observa-se a variação do índice entre 1992 e 1998. Especial atenção deve ser dada a Região Norte, única a apresentar valores superiores aos índices nacionais nos dois anos considerados.

Sob o aspecto temporal, observa-se uma grande estabilidade na estrutura fundiária brasileira. No perí-



**Figura 1.** Comportamento do índice de Gini em 1992 e 1998, Segundo o Brasil e Grandes Regiões  
Fonte: Estatísticas Cadastrais - INCRA.

odo 1972/1998, fato este corroborado pela área média dos imóveis que, de acordo com Hoffmann (1998), “diminuiu apenas 3%, passando de 109,3ha em 1972 para 106,0ha em 1992. A área mediana apresenta mudança insignificante, caindo de 18,7 para 18,5ha. O índice de Gini permanece um pouco acima de 0,83 e a porcentagem da área total ocupada pelos 10% maiores estabelecimentos permanece entre 77% e 78%”.

Ainda segundo Hoffmann (1998), uma das razões para esta estabilidade da estrutura fundiária deve-se à extensão territorial do país, que faz com que intervenções governamentais localizadas tenham pouco efeito no total.

Simulações realizadas no ano de 2000, para avaliar o impacto das ações programadas pelas políticas de desenvolvimento agrário, especialmente às decorrentes do Assentamento de Trabalhadores Rurais – cerca de 4,2 mil projetos considerados - geraram uma expectativa razoável, se efetivamente implementadas, acarretarão em redução do índice de Gini nacional, aproximando-se a 0,802.

### Perfil da Estrutura e da Evolução da Área Cadastrada – Brasil e Grandes Regiões

Os dados da estrutura fundiária brasileira, de acordo com as estatísticas cadastrais para o ano de 1998, revelam que, em termos absolutos, a região Norte apresentava um total de 225.520 imóveis rurais, abrangendo 93.014.000,0ha de área cadastrada. A região Nordeste contava com 1.007.819 imóveis cadastrados, ocupando 79.725.000,0ha de área cadastrada. Na região Sudeste, verificava-se um total de 945.961 imóveis rurais e uma área cadastrada de 66.361.000,0 ha. Por sua vez, a região Sul detinha 1.132.762 imóveis rurais e uma área cadastrada de 43.739.000,0ha. Finalmente, tem-se a Região Centro-Oeste com 275.905 imóveis rurais, estendendo-se por uma área de 132.732.000,0ha.

Verifica-se que o maior número de imóveis concentra-se na Região Sul, representando 35,53% do to-

tal do Brasil, seguido pelas regiões Nordeste e Sudeste que, no ano de 1998, tiveram praticamente a mesma representatividade em termos de imóveis rurais cadastrados, 28% e 26% respectivamente. Nas regiões Norte e Centro-Oeste estes percentuais caem acentuadamente, situando-se em 6,28% na Região Norte e em 7,69% na Região Centro-Oeste (Tabela 1).

No tocante a representatividade da área, constatou-se que no ano de 1998, em relação ao total do Brasil, a região que mais contribuía era a Centro-Oeste, com 31,94% do total, seguida pela região Norte com 22,38% do total e pela região Nordeste com 19,18%. As regiões Sudeste e Sul aparecem com percentuais mais modestos 15,97% e 10,52% respectivamente.

Considerando o período 1992/1998, pode-se mensurar a dinâmica dos movimentos ocorridos no cadastro neste intervalo. Para o Brasil, observou-se um acréscimo de 22,7% no número de imóveis rurais e de 34,0% na área.

Sob a ótica das grandes regiões, observou-se que, no tocante ao número de imóveis o maior crescimento ocorreu na região Norte com 71,9%, enquanto a área foi acrescida em 55,8%. Em seguida, tem-se a região Centro-Oeste onde o número de imóveis aumentou em 33,5% e a área em 40,1%. Na região Nordeste o número de imóveis variou em 29,1% e a área cadastrada em 31,8%. Neste ponto cumpre destacar que as taxas de variação do quantitativo de imóveis nas regiões Norte e Nordeste superaram a média do Brasil, sendo que na região Norte o crescimento na área cadastrada também supera com grande diferença esta média.

Quanto ao crescimento no total de imóveis rurais nas regiões Sudeste e Sul, observam-se variações menos expressivas, especialmente na região Sul, onde o aumento foi de apenas 9,0%. Na Região Sudeste esta variação alcança 23,5%. No que diz respeito à área cadastrada, também se verifica um acréscimo modesto de 9,9% na região Sul 9,9%. No Sudeste esta variação chega aos 20%.

Tabela 1. Demonstrativo do Número e da Área dos Imóveis Rurais – Brasil e grandes regiões.

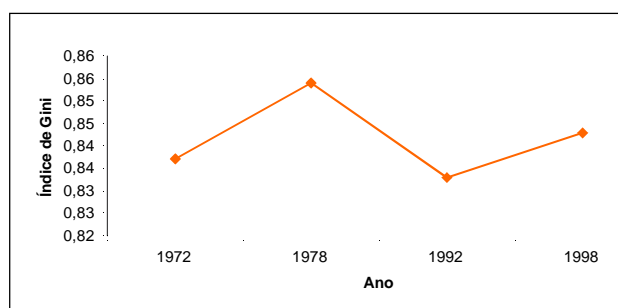
Unidade Geográfica	Número de Imóveis		Área Total (1.000,0 ha)		Evolução do n.º Imóveis 1992/98 (%)	Evolução da Área (ha) 1992/98 (%)
	1992	1998	1992	1998		
Brasil	2.924.204	3.587.967	310.031,0	415.571,0	22,7	34,0
Norte	131.174	225.520	59.684,0	93.014,0	71,9	55,8
Nordeste	780.804	1.007.819	60.488,0	79.725,0	29,1	31,8
Sudeste	766.268	945.961	55.292,0	66.361,0	23,5	20,0
Sul	1.039.234	1.132.762	39.805,0	43.739,0	9,0	9,9
Centro-Oeste	206.724	275.905	94.762,0	132.732,0	33,5	40,1

A Tabela 2 busca demonstrar a mencionada estabilidade no período 1972/1998, utilizando para tanto, além do índice de Gini, o índice de Theil, que também constitui uma medida de concentração. (Figuras 2 e 3)

**Tabela 2.** Estabilidade dos índices de Gini e Theil no período 1972/1998.

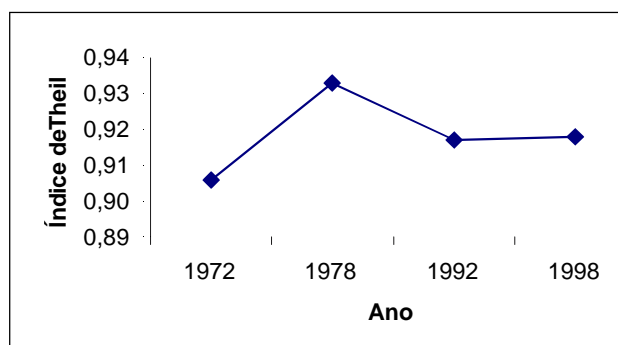
Ano	Índice de Gini	Índice de Theil
1972	0,837	0,906
1978	0,854	0,933
1992	0,833	0,917
1998	0,843	0,918

Fonte: Estatísticas Cadastrais do INCRA – Convênio INCRA/UNICAMP



**Figura 2.** Comportamento dos Índices de Concentração Fundiária no Brasil - 1972/1998.

Fonte: Convênio INCRA/UNICAMP.



**Figura 3.** Comportamento dos Índices de Concentração Fundiária no Brasil - 1972/1998.

Fonte: Convênio INCRA/UNICAMP.

### Impactos das Incorporações de Novas Áreas Sobre a Estrutura Fundiária

A análise das alterações ocorridas no número de imóveis rurais com informações consistentes de área, no período 1992/1998, relativamente às grandes regiões permite que sejam detectadas a forma e a importância das incorporações de novas áreas sobre a concentração da propriedade da terra, tanto nas mencionadas unidades geográficas individualmente consideradas, como no território nacional em sua totalidade.

Inicialmente, verificar-se-á o peso relativo das grandes regiões, estabelecendo-se como fator de ponderação a participação de cada uma, em termos percentuais, no número de imóveis e áreas incorporadas ao processo de reforma agrária.

Com base nestes critérios, observa-se que a região Centro-Oeste ocupa o primeiro lugar com 35,9% das novas áreas incorporadas, seguida pelas regiões Norte, Nordeste, Sudeste e Sul, com 31,6%; 18,2%; 10,5% e 3,7%, respectivamente.

Relativamente ao número de novos imóveis, observam-se algumas inversões importantes. Verifica-se assim, que a região Nordeste foi responsável pelo maior acréscimo no número de imóveis no período 1992/1998, com um total de 227.015 imóveis rurais, seguida pelas regiões Sudeste, Norte, Sul e Centro-Oeste com 179.693; 94.346; 93.528 e 69.181 novos imóveis respectivamente.

Os quantitativos anteriormente apresentados permitem mensurar a importância relativa das grandes regiões na dinâmica do cadastro de imóveis rurais.

Visando exemplificar o efeito das incorporações de novas áreas em distintas regiões do país, pode-se analisar duas situações extremas, o Norte e o Sul do Brasil. Na região Sul o número de imóveis rurais no período analisado sofreu um acréscimo de 93.328 imóveis rurais. A variação na área incluída por sua vez foi de 3.934.000,0ha. Em contrapartida na região Norte, no mesmo período, o quantitativo de imóveis rurais foi acrescido em 94.346 novas unidades agrícolas, incorporando uma área de 33.330.000,0ha.

No exemplo acima, observou-se que nas duas unidades geográficas consideradas, enquanto a variação no número de imóveis foi praticamente a mesma, a diferença na variação das áreas incorporadas foi superior a dez vezes.

Outra variável que também merece destaque, agora em termos absolutos, é a área média dos novos imóveis rurais expressa em hectares. Aqui, da mesma forma, tem-se a região Centro-Oeste com as maiores áreas por novo imóvel, 548,0ha, seguida pela região Norte com 353,0ha, região Nordeste com 84,0ha, região Sudeste com 61,0ha e região Sul com 42,0ha. Estes valores permitem, em uma primeira análise, supor que a incorporação de novas áreas se dá através das grandes e médias propriedades, em particular nas regiões Centro-Oeste e Norte, responsáveis por 67,5% das áreas incorporadas.

As constatações acima permitem concluir que os pesos relativos das regiões brasileiras para o processo de reforma agrária são distintos em função da superfície territorial que ocupam, e que, indicadores nacionais quando genericamente estudados, tendem a obscurecer ou mesmo distorcer os impactos dos movimentos nos quantitativos de imóveis e de área, levan-



tados através do Cadastro de Imóveis Rurais, sobre a concentração da propriedade da terra.

Na tabela 3, encontram-se os valores que embasaram as análises anteriormente efetuadas e que tornaram possível aferir a importância relativa de cada grande região para o processo de reforma agrária (Figura 4 a 6).

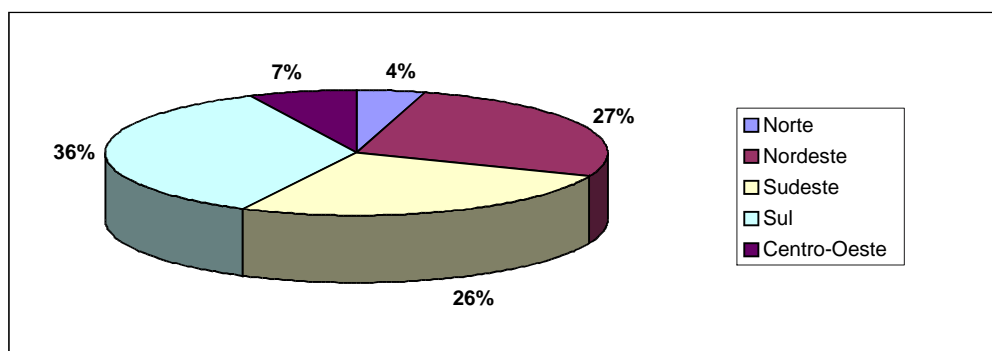
Deve-se finalmente ressaltar que a importância relativa das grandes regiões aqui discutida abrange um período de apenas seis anos. Entretanto, pode-se supor que esta representatividade não tenha sido muito distinta em períodos anteriores, ainda que em quantitativos de imóveis e de áreas diferentes.

**Tabela 3.** Variação do número de imóveis e da área, segundo o Brasil e grandes regiões (92/98).

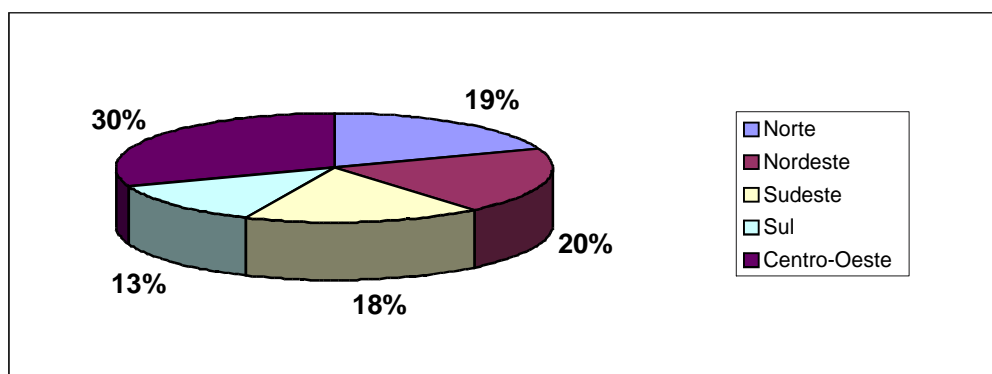
Unidade Geográfica	D n.º de Imóv.	D % n.º de Imóv.	D Área (1.000,0 ha)	D % Área	Área média novos imóveis (ha)
Brasil	663.763	100,0	105.540,0	100,0	159,0
Região Norte	94.346	14,2	33.330,0	31,6	353,3
Região Nordeste	227.015	34,2	19.237,0	18,2	84,7
Região Sudeste	179.693	27,1	11.069,0	10,5	61,6
Região Sul	93.528	14,1	3.934,0	3,7	42,1
Região Centro-Oeste	69.181	10,4	37.970,0	36,0	548,9

Fonte: Convênio INCRA/UNICAMP

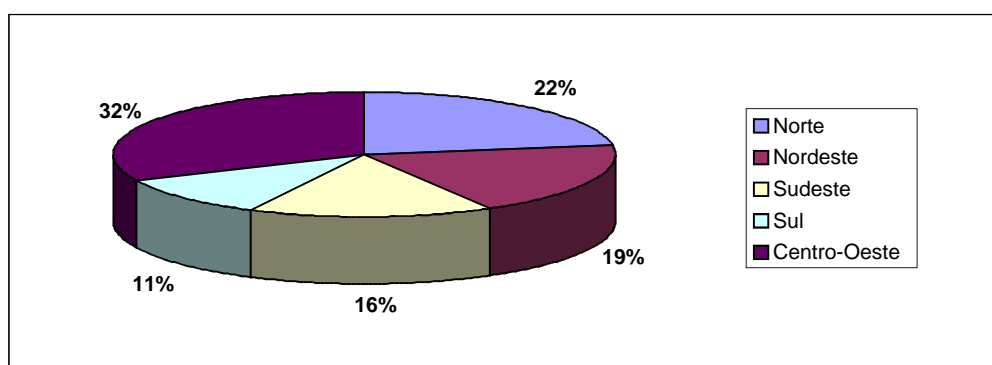
**Figura 4.** Participação relativa das grandes regiões no número total de imóveis cadastrados no Brasil em 1992.  
Fonte: Estatísticas Cadastrais – INCRA.



**Figura 5.** Participação relativa das grandes regiões no total de área cadastrada no Brasil em 1992.  
Fonte: Estatísticas Cadastrais – INCRA.



**Figura 6.** Participação relativa das grandes regiões no total de área cadastrada no Brasil em 1998.  
Fonte: Estatísticas Cadastrais – INCRA.





## Estabelecimentos, Área e Valor Bruto da Produção

A análise sobre a estrutura de domínio da terra foi extraída de Guanzirole & Cardim (2000), com avaliações realizadas pelos autores sobre suas relações sobre a conservação do solo.

No Brasil, existem 4.859.864 estabelecimentos rurais (Tabela 4), ocupando uma área de 353,6 milhões de hectares. No ano agrícola 95/96, o Valor Bruto da Produção (VBP) Agropecuária foi de R\$47,8 bilhões e o financiamento total (FT) de R\$3,7 bilhões. Do total dos estabelecimentos, 4.139.369 são familiares, ocupando uma área de 107,8 milhões de hectares, sendo responsáveis por R\$18,1 bilhões do VBP total e contaram com R\$937 milhões de financiamento rural. Os agricultores patronais são representados por 554.501 estabelecimentos, ocupando 240 milhões de hectares. O restante é formado por aqueles estabelecimentos que não puderam ser enquadrados, por não possuírem informações válidas sobre a direção dos trabalhos.

A análise regional (Tabela 5) demonstra a importância da agricultura familiar nas regiões Norte e Sul, nas quais mais de 50% do VBP é produzido nos estabelecimentos familiares. Na região Norte, os agricultores familiares representam 85,4% dos estabelecimentos, ocupam 37,5% da área e produzem 58,3% do VBP da região, recebendo 38,6% dos financiamentos. Nesta, registra-se que é mais expressivo o nível tecnológico dos agricultores pouco desenvolvido (nível de manejo A – primitivo) é mais expressivo, sendo ainda comum o registro da agricultura itinerante, com o uso de queimadas.

A região Sul é a mais forte em termos de agricultura familiar, representada por 90,5% de todos os estabelecimentos da região, ocupando 43,8% da área e produzindo 57,1% do VBP regional. Nesta região, os agricultores familiares ficam com 43,3% dos financiamentos aplicados na região. Destaca-se que é também nesta região, onde se observam agricultores familiares mais tecnificados, que adotam sistemas conservacio-

nistas de produção, como o Sistema de Plantio Direto.

O Centro-Oeste apresenta o menor percentual de agricultores familiares entre as regiões brasileiras, representando 66,8% dos estabelecimentos da região e ocupando apenas 12,6% da área regional. Nesta região, verifica-se uma intensificação do uso da terra, com forte especialização para a produção de grãos e fibras em plantios com fins industriais, bem como a pecuária extensiva. Os principais impactos sobre os são possíveis contaminações pelo uso de defensivos agrícolas e a sobre-utilização de terras de menor potencial agrícola, especialmente com pastagens.

A região Nordeste é a que apresenta o maior número de agricultores familiares (88,3%), os quais ocupam 43,5% da área regional, produzem 43% de todo o VBP da região e respondem por apenas 26,8% do valor dos financiamentos agrícolas da região. Nesta, historicamente a conjugação de fortes limitações climáticas conjugadas com a insuficiência de área para produção tem resultado na sobre exploração dos solos, perda de cobertura vegetal e em casos mais sérios a desertificação.

Os agricultores familiares da região Sudeste apresentam uma grande desproporção entre o percentual de financiamento recebido e a área dos estabelecimentos. Esses agricultores possuem 29,2% da área e somente recebem 12,6% do crédito rural aplicado na região.

### Área Média dos Estabelecimentos

A área média dos estabelecimentos familiares no Brasil é de 26ha, enquanto que a patronal é de 433ha, apresentando também uma grande variação entre as regiões, relacionando-se ao processo histórico de ocupação da terra. Assim nas regiões onde os agricultores patronais apresentam as maiores áreas médias, o mesmo acontece entre os familiares. Enquanto a área média entre os familiares do Nordeste é de 16,6ha, no Centro-Oeste é de 84,5ha. (Figuras 7 e 8).

Entre os patronais com uma média de 433ha para o Brasil, na Região Centro-Oeste, a média chega a

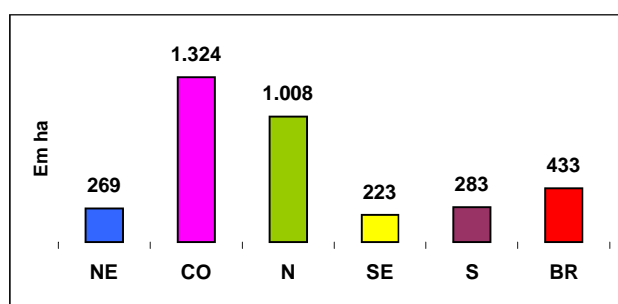
Tabela 4. Brasil – Estabelecimentos, área, valor bruto da produção (VBP) e financiamento total (FT)

CATEGORIAS	Estab. Total	% Estab. s/ total	Área Tot. (mil ha)	% Área s/ total	VBP (mil R\$)	% VBP s/ total	FT (mil R\$)	% FT s/ total
FAMILIAR	4.139.369	85,2	107.768	30,5	18.117.725	37,9	937.828	25,3
PATRONAL	554.501	11,4	240.042	67,9	29.139.850	61,0	2.735.276	73,8
Inst. Pia/Relig.	7.143	0,2	263	0,1	72.327	0,1	2.716	0,1
Entid. pública	158.719	3,2	5.530	1,5	465.608	1,0	31.280	0,8
Não identificado	132	0,0	8	0,0	959	0,0	12	0,0
<b>TOTAL</b>	<b>4.859.864</b>	<b>100,0</b>	<b>353.611</b>	<b>100,0</b>	<b>47.796.469</b>	<b>100,0</b>	<b>3.707.112</b>	<b>100,0</b>

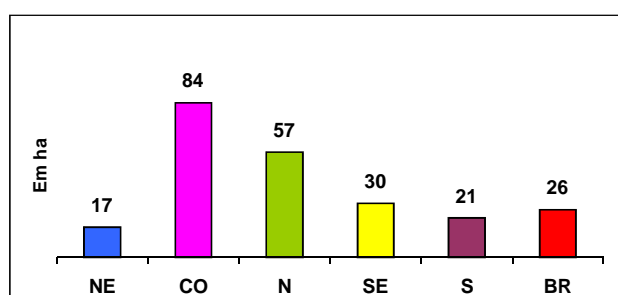
**Tabela 5.** Agricultores familiares – Estabelecimentos, área, VBP e financiamento total segundo as regiões.

REGIÃO	Estab. Total	% Estab. s/ total	Área Total (ha)	% Área s/ total	VBP (mil R\$)	% VBP s/ total	FT (mil R\$)	% FT s/ total
Nordeste	2.055.157	88,3	34.043.218	43,5	3.026.897	43,0	133.973	26,8
Centro-Oeste	162.062	66,8	13.691.311	12,6	1.122.696	16,3	94.058	12,7
Norte	380.895	85,4	21.860.960	37,5	1.352.656	58,3	50.123	38,6
Sudeste	633.620	75,3	18.744.730	29,2	4.039.483	24,4	143.812	12,6
Sul	907.635	90,5	19.428.230	43,8	8.575.993	57,1	515.862	43,3
BRASIL	4.139.369	85,2	107.768.450	30,5	18.117.725	37,9	937.828	25,3

Fonte: Guanziroli & Cardim, 2000. Elaboração: Projeto de Cooperação Técnica INCRA/FAO.



**Figura 7.** Área média dos estabelecimentos familiares em hectares.



**Figura 8.** Área média dos estabelecimentos patronais em hectares.

1.324ha, encontrando-se na Região Sudeste a menor área entre a dos patronais, com 223ha por estabelecimento.

### Políticas e Ações de Reforma Agrária

O Governo tem estabelecido políticas e medidas em diversas vertentes com o objetivo de promover modificações no perfil do cenário fundiário nacional e a conseqüente desconcentração fundiária. Para tanto foram implementados programas que abrangem desde o combate à irregularidade na ocupação das terras, especialmente nos estados das regiões Norte e Centro-Oeste, até a implementação de ações que visem a conservação dos recursos naturais nos projetos de assentamento do INCRA, aliadas uma maior interação com os programas ambientais do país.

Desta forma, o governo brasileiro, ainda no segundo semestre de 1999, promoveu medidas até então inéditas. Foram cancelados, no INCRA, os registros cadastrais dos imóveis rurais de área igual ou superior a 10.000,0 hectares, até que fosse comprovada, entre outras exigências, a regularidade do domínio.

Em 2001, a medida anterior foi revista e estendida de modo a abranger os imóveis rurais situados no estrato de área de 5.000,0 a 9.999,9 hectares, em regiões de interesse da Reforma Agrária, notificando ocupantes de aproximadamente 3,0 milhões de hectares, sempre com o escopo de inibir a apropriação ilegal de terras.

Esta diretriz de governo culminou com a promulgação da Lei nº 10.267, de 28 de agosto de 2001, que instituiu a troca de informações entre o INCRA e os serviços de registro de imóveis, além de criar o Cadastro Nacional de Informações Rurais – CNIR. Sua regulamentação tornará possível o cruzamento de informações sobre imóveis rurais, oriundas dos diversos órgãos governamentais que detêm informações sobre o meio rural, tais como: INCRA, Secretaria da Receita Federal – SRF, Instituto Brasileiro do Meio Ambiente – IBAMA, Fundação Nacional do Índio – FUNAI, Secretaria de Patrimônio da União – SPU, dentre outros órgãos nacionais e estaduais produtores de informações do meio rural.

No que diz respeito à questão ambiental, saliente-se o fato de que o INCRA, ciente da necessidade do cumprimento da função social do imóvel rural que, entre outros prevê a conservação dos recursos naturais, tem promovido ações juntamente com o IBAMA. Como exemplo, cita-se a recente destinação de áreas para criação de unidades de conservação. Tais áreas perfazem uma superfície de 20.436.599,0ha, cumprindo assim a meta estabelecida pelo Ministério do Desenvolvimento Agrário, em destinar áreas para a preservação ambiental. Outros aspectos dizem respeito às ações preventivas contra incêndios nos projetos de assentamentos em estados e municípios considerados críticos, bem como a redução do número de hectares desapropriados para assentamentos rurais na Amazônia Legal.

Outra importante vertente das políticas e medidas implementadas na área rural se refere ao Banco da Terra, alternativa para aquisição de imóveis rurais para novas famílias de agricultores, mediante projetos aprovados em conselhos locais ou regionais de desenvolvimento agrário sustentável e ao Programa de Fortalecimento da Agricultura Familiar – PRONAF, que estabelece linhas de crédito aos pequenos agricultores familiares.

### Referências Bibliográficas

---

HOFFMANN, R. **A Estrutura fundiária no Brasil de acordo com o cadastro do INCRA: 1967 a 1998**, Convênio INCRA/UNICAMP, setembro, 1998.

HOFFMANN, R. **Estatísticas para economistas**. São Paulo: Biblioteca Pioneiras de Ciências Sociais, 1980.

INCRA. INSTITUTO DE COLONIZAÇÃO E REFORMA AGRÁRIA. **Análise da estrutura fundiária brasileira**. Brasília, DF, outubro 1998.

INCRA. INSTITUTO DE COLONIZAÇÃO E REFORMA AGRÁRIA. **Atlas fundiário Brasileiro**. Brasília, DF, agosto 1996.

# Aspectos Gerais da Dinâmica de Uso da Terra

## 4

Fernando Luis Garagorry Cassales  
Celso Vainer Manzatto

### Introdução

Neste Capítulo procurou-se ilustrar, em linhas gerais, os aspectos principais relacionados a evolução e a dinâmica da ocupação, produção e produtividade da agropecuária brasileira no período compreendido entre 1975 e 2001. Para tanto utilizou-se dados censitários do IBGE, bem como de outras fontes de dados e informações, sem a preocupação de compatibilização entre as mesmas, no que se refere as áreas, volumes e índices informados nas diversas fontes. Ressalta-se que dentro do objetivo proposto, também não se apresenta uma análise exaustiva sobre produtos, produtividades e regiões, mas apenas os principais aspectos relacionados ao uso e apropriação dos espaços pelo setor agropecuário.

### A dinâmica das principais formas de uso

A Tabela 1 indica a variação percentual na área total utilizada por grandes grupos de uso da terra por atividades agrosilvopastoris. Como as áreas em BRASIL são somas das respectivas áreas regionais, resulta que o valor da variação para o país é a média de razões correspondente às variações nas diferentes regiões, ou seja, é

uma média ponderada das variações nas cinco regiões, onde as ponderações estão dadas pelas respectivas áreas em 1970. Os valores nas regiões se distribuem ao redor da média de 28%, e indicam grandes diferenças entre as variações regionais. As maiores variações nas áreas utilizadas, cobertas pelos censos, aconteceram nas regiões Norte (85%) e Centro-Oeste (62%); no Nordeste houve um acréscimo de 17%, no Sul quase não houve variação, e nota-se um retrocesso no Sudeste (-5%).

Desagregando-se os dados em seis principais formas de uso, ou seja LAVPER – lavouras permanentes, LAVTMP – lavouras temporárias (onde se incluem as áreas de lavouras temporárias em descanso) PASNAT – pastagens naturais; PASPLA – pastagens plantadas, MATNAT – matas e florestas naturais e MATPLA – matas e florestas plantadas e relativizando-as pelo total da área por elas ocupada, obtendo-se um vetor de seis componentes não negativos, que somam um (ou 100, quando os componentes são expressos em percentagem). Ou seja, foram obtidos vetores que descrevem a estrutura de uso, entre as seis classes. Se bem que há algumas flutuações, na mesma entidade geográfica, ao longo dos cinco anos, tanto nas estruturas quanto em algumas estatísticas derivadas, pode-se cap-

Tabela 1. Variação percentual nas áreas totais utilizadas, de 1970 para 1995, para o país e por região.

Entidade Geográfica	Área 1970 (1000ha)	Área 1995 (1000ha)	Varição 70-95 (%)
Brasil	251.770	322.089	28
Norte	28.793	53.206	85
Nordeste	56.546	66.295	17
Sudeste	62.929	59.660	-5
Sul	40.666	41.405	2
Centro-Oeste	62.837	101.522	62

Fonte: dados do IBGE na base Agrotec, SEA/Embrapa.

tar os aspectos essenciais da evolução do uso do espaço nacional entre 1970 e 1995.

A mudança na estrutura do uso da terra, para o total do país, aparece ilustrada na Figura 1. A partir dos valores na Tabela 2, em termos resumidos e essencialmente qualitativos, podem ser obtidas as seguintes conclusões e que descrevem as tendências produtivas das regiões brasileiras:

1. A principal mudança reside na diminuição da percentagem das áreas com pastagens nativas, conjuntamente com o crescimento da percentagem das áreas com pastagens cultivadas, o qual aconteceu em todas as regiões e, logicamente, no país (tendo em vista que a estrutura para o país, em cada ano, está definida por componentes que são médias de razão dos respectivos componentes regionais, para o mesmo ano);
2. Em geral, as percentagens totais de áreas com lavouras (temporárias e permanentes) mostram pequenas variações, no entanto, podem ser feitas algumas considerações entre os dois tipos de lavouras. No país, ou seja, na média das regiões, houve um decréscimo da fração correspondente a lavouras permanentes, junto com um acréscimo da fração de lavouras temporárias, o mesmo tendo acontecido no Nordeste e no Sul. Na Região Norte houve um incremento na percentagem de área com lavouras permanentes e uma pequena diminuição em lavouras temporárias. Já no Sudeste e no Centro-Oeste os dois componentes aumentaram, mas com a diferença de que no Sudeste o aumento mais importante ocorreu com as lavouras permanentes, sendo muito leve para as lavouras temporárias, enquanto que no Centro-Oeste ocorreu o contrário;
3. Com respeito às percentagens das áreas com matas e florestas, na média houve aumento tanto no com-

ponente para matas naturais quanto no de matas plantadas. Em nível regional, isso também aconteceu no Nordeste, no Sudeste e no Centro-Oeste, com diferentes graus de variação. Já no Norte e no Sul houve uma diminuição dos componentes relacionados com matas nativas e um aumento nos de matas plantadas.

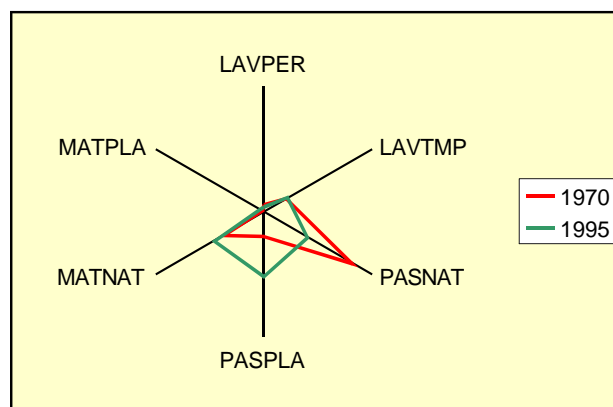


Figura 1. Variações do uso da terra no Brasil no período 1970 a 1995.

Foi utilizado um conceito de distância entre duas estruturas, para avaliar as mudanças ocorridas. Com esse instrumento, as principais conclusões são:

- tanto no país quanto em cada região, as variações que ocorreram em termos de pastagens são muito superiores às que aconteceram nas lavouras ou nas matas e florestas, situando-se entre 65 e 85% da variação total;
- na média (ou seja, para todo o país), a contribuição para a variação nas estruturas é da ordem de 12%, em matas e florestas, e de cerca de 3%, em lavouras; nas regiões, a contribuição para a variação de estru-

Tabela 2. Estruturas de uso da terra (em %), nos anos de 1970 e 1995, para o país e por região.

Entidade Geográfica	ANO	LavPer	LavTmp	PasNat	PasPla	MatNat	MatPla
Brasil	1970	3,17	12,62	49,41	11,81	22,33	0,66
	1995	2,34	13,21	24,23	30,94	27,60	1,68
Norte	1970	0,52	4,63	33,33	4,43	56,91	0,18
	1995	1,37	4,39	18,09	27,75	47,93	0,48
Nordeste	1970	7,03	14,44	39,13	10,17	29,05	0,18
	1995	4,00	17,78	30,13	18,25	29,25	0,59
Sudeste	1970	3,45	13,46	54,20	16,90	10,57	1,42
	1995	5,48	14,07	29,04	34,28	12,94	4,20
Sul	1970	3,83	27,55	44,20	8,94	14,05	1,42
	1995	1,56	31,02	33,04	16,95	12,83	4,60
Centro-Oeste	1970	0,20	4,13	64,12	13,42	17,57	0,05
	1995	0,23	7,10	17,18	44,64	30,51	0,34

tura, das lavouras ou das matas e florestas mostra dois tipos de comportamento. Nas regiões Norte, Sudeste e Centro-Oeste são maiores as contribuições das matas

- e florestas do que as das lavouras (sendo cerca de duas vezes maiores no Sudeste, quatro vezes no Centro-Oeste e nove vezes no Norte); nas regiões Nordeste e Sul são maiores as contribuições das lavouras do que as das matas e florestas (sendo cerca de dez vezes maiores no Nordeste e, apenas, 30% maiores no Sul).

Em termos agregados, a distância pode ser utilizada como um indicador de dinâmica no uso da terra. Assim, considerando as distâncias calculadas, a região de maior dinamismo é o Centro-Oeste, sendo seguida pelo Sudeste, o Norte, o Sul e o Nordeste respectivamente.

### Os aspectos espaciais da dinâmica agropecuária

Apresenta-se a seguir o resultado de algumas técnicas elementares para estudar certos aspectos espaciais da dinâmica da agricultura. Em termos muito simplificados, a problemática geral abordada pode ser colocada na seguinte forma: a) entende-se que “a agricultura está mudando”; e b) considera-se útil conhecer “onde” estão ocorrendo as mudanças. Logicamente, colocado nesses termos tão amplos, o assunto foge ao escopo de uma abordagem ilustrativa como a proposta por este livro. De fato, as mudanças podem ocorrer em domínios muito diferentes, tais como no número de produtores e estabelecimentos agrícolas, no emprego de mão-de-obra, no uso de terras, insumos e no de serviços e tecnologias. O objetivo principal desta abordagem relaciona-se a detecção e avaliação das mudanças espaciais que tenham ocorrido na agricultura, num período recente.

A abordagem foi realizada a partir de dados no nível municipal, relativos à produção agrícola e pecuária, considerando os seguintes produtos: algodão herbáceo (que será designado, simplesmente, como algodão), café, mandioca, soja e bovinos. Os dados são oriundos do IBGE (nas séries “Produção Agrícola Municipal” e “Produção Pecuária Municipal”), e encontram-se organizados na base Agrotec, da SEA/Embrapa. No processo de organização dos dados, foram adotadas algumas medidas para obter séries mais longas, tais como “levar para trás” os estados de Mato Grosso do Sul e Tocantins. Assim contou-se com dados anuais, entre 1975 e 1999, o que possibilita a execução de um estudo muito mais detalhado como o que aqui apresentado. De fato, por simplicidade, adotou-se o enfoque geral de comparar o ano inicial com

o ano final, entendendo isso nos seguintes termos: a) como regra usual com esse tipo de dados, preferiu-se considerar médias móveis de três anos, para captar o essencial dos valores envolvidos, e neutralizar o ruído introduzido por valores extremos e eventuais; b) portanto, foram utilizadas as médias dos triênios 1975-1977 (designado como ano 1976) e 1997-1999 (designado como ano 1998), de modo que o ano inicial é 1976 e o ano final é 1998, abrangendo um período de 23 anos. Previamente ao cálculo das médias trienais, os dados municipais foram consolidados nas respectivas microrregiões geográficas (558 no total do país), o que permite neutralizar, em grande parte, as alterações devidas à freqüente emancipação de novos municípios.

Em resumo, as microrregiões geográficas foram consideradas como sendo as unidades geográficas de trabalho. Assim, selecionou-se alguns produtos da agropecuária como forma de ilustração da dinâmica espacial do setor, ou seja, algodão, café, mandioca e soja, utilizando-se dados de área colhida e quantidade produzida e pecuária, utilizando-se dados do efetivo bovino. As referências aos anos de 1976 e de 1998 correspondem às médias dos triênios 1975-1977 e 1997-1999, respectivamente.

### *Mudanças no volume da produção agrícola e do efetivo de animais*

Os dados de quantidade produzida, no caso das culturas vegetais, e de efetivo do rebanho, no caso dos bovinos, serão aqui designados como sendo dados de quantidade ou de volume, indistintamente. Eles foram ordenados, dentro de cada item e de cada um dos dois anos escolhidos, em forma decrescente na quantidade, seja para determinar quartis ou para outras aplicações. Salvo casos com empates, que são muito raros nas microrregiões com maior volume, isto facilita identificar as “primeiras” microrregiões que perfazem uma determinada quantidade absoluta (e.g., cinco milhões de toneladas) ou relativa (e.g., 25% do volume total); por exemplo, para formar o quartil superior (ou quarto quartil) foi utilizado o conjunto de microrregiões que, ao acumular seus volumes (previamente ordenados em forma decrescente, como foi indicado), primeiro alcançam ou superam os 25% do volume total. Quando se considera os quartis, convém lembrar que, por construção, o conjunto das microrregiões que estão em qualquer um deles contribui com, aproximadamente, 25% do volume total, devido ao caráter discreto das distribuições. As que estão no primeiro quartil podem contribuir com um pouco menos de 25%, e as que estão nos outros quartis podem contribuir com um pouco mais de 25%; nos comentários apresentados neste trabalho, por simplicidade, vai se supor que cada quartil corresponde a 25% do volume total.

### Variações na concentração

A Tabela 3 indica, por produto e ano, o número de microrregiões em cada quartil, bem como o número total de microrregiões onde existem dados e o índice de concentração de Theil, baseado no conceito de entropia de uma distribuição (Theil, 1967). Esse índice, ou algumas de suas variantes tem sido utilizado por diversos autores para estudar a concentração espacial (ver, por exemplo, Sporleder, 1974; Hubbell e Welsh, 1998; Meudt, 1999). O índice de Theil toma valores entre zero (no caso de uma distribuição uniforme) e um (no caso de uma distribuição totalmente concentrada em uma classe, ou seja, no caso, em um quartil).

Para os efeitos deste trabalho, basta observar as frequências que aparecem nos quartis, e o respectivo número total, para se ter uma idéia da concentração. Nesse sentido, pode observar-se:

Em todos os casos, mais da metade das microrregiões, onde aparecem os produtos, estão no primeiro quartil, e números bem menores formam os outros quartis (por exemplo, no ano de 1976, para a soja, apenas 13 microrregiões, nos dois quartis superiores, entre as 215 registradas, eram responsáveis por 50% da produção; no ano de 1998, apenas 17 microrregiões nesses mesmos quartis, entre 315 registradas, produziam 50% do café).

Salvo no caso do algodão, o número total de microrregiões registradas para cada produto aumentou de 1976 para 1998, e o mesmo se observa no primeiro quartil; comparando os três quartis superiores, para os cinco produtos, entre 1976 e 1998, vê-se que, dos quinze casos presentes, há um decréscimo em 11 casos, um número se mantém, e apenas três aumentaram.

É claro que esse tipo de comparação seria praticamente inviável se houvesse um grande número de produtos, com dados para vários anos. Portanto, re-

corre-se a algum índice de concentração, para se ter uma avaliação mais agregada. Nesse sentido, o índice de Theil mostra uma diminuição na concentração espacial da soja, e um aumento para os outros quatro produtos (por exemplo, no caso do algodão, o índice aumenta em 14%, com respeito ao ano base de 1976). Usando o índice de concentração, em combinação com as frequências da Tabela 3, pode-se ter uma idéia mais precisa sobre a dinâmica da situação. Por exemplo, no caso da soja, o decréscimo de 5% no índice de Theil, junto com um acréscimo de 18% no número total de microrregiões e aumentos nas frequências dos três primeiros quartis, pode ser interpretado como indicação de uma cultura dinâmica, que vai penetrando em novas áreas, mesmo que elas, inicialmente, não contribuam muito para a produção total (somando os dois primeiros quartis, há um aumento de 17% no número de microrregiões). De todo modo, em termos gerais, particularmente no estudo de variações espaciais, este tipo de análise deve ser tomado com certo cuidado, porque o índice de Theil (e outros indicadores similares) pode detectar mudanças na concentração, mas não indicam onde elas aconteceram.

### Variações por percentis do volume total

Considerou-se para cada item e para cada ano, as microrregiões que perfazem 25%, 50% e 75% do volume total, além das que aparecem no total do volume. Ou seja, no primeiro grupo, estão aquelas que formam o quartil superior da distribuição do volume; no segundo grupo, aquelas que formam o conjunto do terceiro com o quarto quartil; no terceiro grupo, aquelas que formam o segundo, o terceiro ou o quarto quartil; e, finalmente, no quarto grupo, todas as microrregiões que aparecem nos dados.

Tabela 3. Distribuição do número de microrregiões por quartil e índice de concentração de Theil.

Produto	Ano	Quartil				Indicador	
		Q1	Q2	Q3	Q4	Total	Theil
Algodão	1976	260	24	11	6	301	0,620
	1998	248	17	6	4	275	0,704
Café	1976	254	24	14	7	299	0,587
	1998	273	25	11	6	315	0,627
Mandioca	1976	394	78	40	23	535	0,398
	1998	430	71	29	14	544	0,494
Soja	1976	186	16	8	5	215	0,619
	1998	214	23	11	5	253	0,586
Bovinos	1976	365	101	49	24	539	0,326
	1998	392	98	45	23	558	0,359



Fixado um nível, por exemplo de 25%, podem acontecer as situações com respeito a todas as microrregiões, que aparecem com algum volume, em algum dos dois anos considerados, o que corresponde a uma tabela de contingência de  $2 \times 2$ . A interpretação é a seguinte: 1) um número  $a$  de microrregiões aparecem, dentro do nível escolhido, nos dois anos; 2) um número  $b$  aparecem nesse nível no ano 1976, mas não em 1998; 3) um número  $c$  aparecem em 1998, mas não em 1976; e 4) um número  $d$  não aparecem nesse nível em nenhum dos dois anos (lógicamente, se o nível fosse de 100%, o valor de  $d$  seria zero).

Conforme o enfoque adotado, como já dito, usou-se a técnica do ordenamento decrescente, de modo que faz sentido falar das primeiras microrregiões que contribuem para determinado nível. Logicamente, em geral, poder-se-ia substituir alguma delas por um conjunto de outras microrregiões, que ficaram fora, e que acumulassem, aproximadamente, o mesmo volume. Porém salvo em algum caso raro de empate na quantidade, a microrregião inicial seria substituída por mais de uma daquelas outras. Ou seja, o ordenamento decrescente garante que o nível escolhido é alcançado pelo menor número possível de microrregiões. É claro que, nesta abordagem, cada microrregião é considerada como uma unidade análoga a qualquer outra, e não intervém nenhuma consideração com respeito, por exemplo, às áreas das microrregiões. Ou seja, em princípio, uma microrregião poderia ser substituída por outras que acumulem um volume similar, e com área total menor que a da primeira, o que no entanto, corresponde a um enfoque muito diferente ao aqui adotado. Ou seja, cada microrregião é tomada como uma unidade que assinala, aproximadamente, a localização de uma área onde foi registrado certo volume. Qualquer refinamento exige a utilização de técnicas um pouco mais elaboradas.

Voltando à tabela de contingência, cabe ressaltar que têm sido sugeridas diversas medidas de concordância e de afastamento. Uma boa discussão desse tema aparece no livro de Anderberg (1973), particularmente nos Caps. 4 e 5. Dentro do contexto da abordagem genérica adotada, um enfoque consiste em desprezar as microrregiões que não aparecem em nenhum dos dois anos, para determinado nível, e ficar somente com

os números  $a$ ,  $b$  e  $c$ , da Tabela 02. Com eles é possível definir as seguintes medidas:

- a) persistência (ou concordância):  $p = a / (a + b + c)$ ;
- b) distância:  $d = (b + c) / (a + b + c)$ .

Aqui se usou o termo “persistência” para enfatizar o seu relacionamento com o período de tempo considerado. Em geral, essa medida é designada como concordância “*matching*”. A medida de persistência proposta é conhecida como coeficiente de Jaccard. Note-se que  $p + d = 1$ . No caso em discussão, um valor de  $p$  próximo de 1 e, portanto, um valor de  $d$  próximo de zero, significa que, entre os dois anos considerados, permaneceram quase todas as microrregiões, dentro do nível escolhido, havendo poucas que desapareceram ou que entraram e, logicamente, o oposto tem que ter ocorrido se  $p$  for próximo de zero. Ou seja, se  $p$  for pequeno, houve muita variação espacial, em termos de microrregiões, do ano inicial para o ano final do período estudado, a qual é medida por  $d$ .

Na Tabela 05 aparecem as frequências correspondentes a  $a$ ,  $b$  e  $c$ , por grupo de contribuição ao volume total, das primeiras microrregiões que perfazem a percentagem indicada desse volume. Também aparece o índice de persistência e seu complemento à unidade, ou seja, a distância entre os conjuntos de microrregiões registradas em cada ano. Inicialmente, convém considerar as somas  $(a + b)$  e  $(a + c)$ , da Tabela 5, que dão o número de microrregiões que formaram cada grupo nos anos de 1976 e 1998, respectivamente. Para limitar-se a uns poucos exemplos do tipo de conclusões que podem ser extraídas dessas somas, os seguintes comentários tomam como referência o grupo de 50%, ou seja, o grupo formado, em cada ano, pelas primeiras microrregiões que acumularam 50% do volume desse ano, como a que se segue:

- 1) para o algodão, 17 microrregiões foram suficientes em 1976 e 10 em 1998;
- 2) para o café, bastaram 21 microrregiões em 1976 e 17 em 1998;
- 3) no caso da mandioca, foram suficientes 63 microrregiões em 1976 e 43 em 1998;
- 4) para a soja, 13 microrregiões foram suficientes em 1976 e 16 em 1998;

Tabela 4. Tabela de contingência para a presença de microrregiões em dois anos

Referência Inicial	Condição	Ano 1998		Total
		Sim	Não	
Ano 1976	Sim	$a$	$b$	$a + b$
	Não	$c$	$d$	$c + d$
Total		$a + c$	$b + d$	$n = a + b + c + d$

- 5) para os bovinos, 50% do rebanho nacional estava em 73 microrregiões no ano de 1976, e em 68 no ano de 1998.

No grupo de 100%, as mesmas somas dão o número total de microrregiões registradas em 1976 e 1998. Cada um desses números pode ser comparado com seu correspondente no grupo de 75%, para ver o enorme salto que existe entre esses dois níveis. Por exemplo, no ano de 1976, para o algodão, existem registros em 301 microrregiões, mas apenas 41 perfizeram 75% da produção total. Essa situação se repete para todos os produtos já estudados, além dos cinco utilizados neste trabalho. Em termos simplificados, um número “pequeno” de microrregiões é suficiente para acumular 75% do volume total, e há um número “grande” que contribui muito pouco para esse total.

As colunas complementares de persistência e distância podem ser utilizadas para avaliar o deslocamento que ocorreu entre 1976 e 1998. No nível de 75%, menos da metade das microrregiões envolvidas são persistentes (ou seja, aparecem em 1976 e 1998), no caso das quatro culturas vegetais, e 55% são persistentes para os bovinos. Em termos práticos, elas assinalam um “hard core” que tem contribuído em parte importante para o volume nacional (é claro que isto pode ser melhor avaliado mediante a utilização dos

dados de alguns anos intermediários, dentro do período considerado). A Tabela 3 ilustra a importância que teve a parte persistente, no nível de 75% e nos dois anos considerados, como percentagem da soma das contribuições das microrregiões integrantes, com respeito ao volume total de cada ano.

Segundo os valores na Tabela 6, tem-se que a contribuição das microrregiões persistentes aumentou no caso do algodão, café e mandioca, diminuiu para os bovinos e caiu notavelmente para a soja. Em todos os casos, a parte persistente teve uma contribuição importante, mas mostra comportamentos diferentes para os produtos considerados, o que sugere a necessidade de um estudo mais detalhado para explicar as variações observadas.

A distância indica a percentagem de microrregiões que foram registradas em 1976 ou 1998, mas não nos dois anos (algumas “saíram” e outras “entraram”); serve, justamente, como uma medida da mobilidade ou dinâmica da situação, em cada nível escolhido. Por exemplo, no mesmo nível de 75%, para o café, tem-se que 15 microrregiões foram persistentes ( $p = 0,21$ , ou 21%), enquanto que 57 ( $d = 0,79$ , ou 79%) mudaram, isto é, 30 de 1976 saíram, e 27 novas entraram em 1998. Nesse nível, para o algodão, tem-se que  $d = 0,74$ ; ou seja, houve uma mudança, de 1976 para 1998, que envolveu 74% das primeiras microrregiões que partici-

**Tabela 5.** Frequência da presença de microrregiões nos anos de 1976 e 1998, por grupo de contribuição e medidas de persistência e distância.

Produto	Grupo (%)	a	b	c	Persistência (p)	Distância (d)
Algodão	25	0	6	4	0.00	1.00
	50	2	15	8	0.08	0.92
	75	14	27	13	0.26	0.74
	100	228	73	47	0.66	0.34
Café	25	2	5	4	0.18	0.82
	50	5	16	12	0.15	0.85
	75	15	30	27	0.21	0.79
	100	249	50	66	0.68	0.32
Mandioca	25	2	21	12	0.06	0.94
	50	19	44	24	0.22	0.78
	75	79	62	35	0.45	0.55
	100	523	12	21	0.94	0.06
Soja	25	1	4	4	0.11	0.89
	50	8	5	8	0.38	0.62
	75	20	9	19	0.42	0.58
	100	181	34	72	0.63	0.37
Bovinos	25	12	12	11	0.34	0.66
	50	46	27	22	0.48	0.52
	75	121	53	45	0.55	0.45
	100	539	0	19	0.97	0.03

**Tabela 6.** Contribuição percentual da parte persistente, no nível de 75%, em 1976 e 1998, com respeito ao volume total em cada ano.

Produto	Período de Referência	
	1976	1998
Algodão	30,93	31,28
Café	22,05	37,96
Mandioca	48,97	55,56
Soja	63,06	33,77
Bovinos	63,29	57,89

Fonte: dados do IBGE, na base Agrotec, SEA/Embrapa, 2002.

param na acumulação de 75% da quantidade produzida, em um desses dois anos.

Assim, em cada nível escolhido, um valor alto para a distância indica um deslocamento importante acontecido durante o período considerado. Por exemplo, ainda no nível de 75% do volume total, o café (com  $d = 0,79$ ) e o algodão (com  $d = 0,74$ ) mostram os mais altos deslocamentos entre os cinco produtos; para os outros três produtos os deslocamentos são menores mas, mesmo assim, muito importantes, estando entre 45% nos bovinos e 58% na soja.

### Variações por faixas de volume

Os comentários anteriores concentraram-se nas mudanças havidas em termos relativos, com respeito aos volumes totais em cada ano. No entanto, houve mudanças importantes nas quantidades totais. Por exemplo, a quantidade produzida de soja foi da ordem de

11 milhões de toneladas em 1976 (como média 1975/1977) e de quase 30 milhões em 1998 (média 1997/1999). Portanto, há outro tipo de análise a ser realizada, voltada para o valor absoluto da produção, que pode apresentar-se ainda com uma maior facilidade de interpretação.

Utilizando novamente o ordenamento das microrregiões em forma decrescente da quantidade, em cada ano, pode-se estudar, por exemplo, quantas e quais microrregiões foram as primeiras a perfazer 5 ou 10 milhões de toneladas de soja, ou qualquer outro volume considerado razoável para determinado produto. A Tabela 7 apresenta alguns exemplos, do tipo que pode ser utilizado para operacionalizar outro conceito de fronteira de produção, agora em termos absolutos. Pode-se falar, por exemplo, da fronteira dos dez milhões de toneladas de soja. Nesse sentido, tem-se uma situação similar à que aparece nos mapas climatológicos de temperatura. Logicamente, na Tabela 7 o conceito de "faixa" refere-se a um volume que vai de zero até o valor indicado em cada caso.

Como pode-se observar na Tabela 7, na faixa de cinco milhões de toneladas, os conjuntos das microrregiões que primeiro perfazem esse volume, para cada um dos anos considerados, têm interseção vazia, o que se expressa numa persistência igual a zero e numa distância igual a 1. Já na faixa de dez milhões de toneladas aparece alguma interseção no Mato Grosso do Sul, mas continua o retrocesso das microrregiões do sul do país, e aparecem novas áreas no Mato Grosso e na Bahia (microrregião de Barreiras). Considerando as somas  $a + b$  e  $a + c$ , na Tabela 7, que dão o

**Tabela 7.** Frequência da presença de microrregiões nos anos de 1976 e 1998, por faixa de contribuição, medidas de persistência e distância.

PRODUTO	FAIXA	a	b	c	Persistência (p)	Distância (d)
Algodão	400.000 t	1	8	5	0,07	0,93
	800.000 t	9	19	11	0,23	0,77
	1.200.000 t	120	8	155	0,42	0,58
Café	500.000 t	2	6	2	0,20	0,80
	1.000.000 t	3	18	6	0,11	0,89
	1.500.000 t	10	36	6	0,19	0,81
Mandioca	5.000.000 t	1	15	13	0,03	0,97
	10.000.000 t	4	29	29	0,19	0,81
	15.000.000 t	55	27	57	0,40	0,60
Soja	5.000.000 t	0	11	3	0,00	1,00
	10.000.000 t	2	46	6	0,04	0,96
	15.000.000 t	14	201	3	0,06	0,94
Bovinos (cabeças)	10.000.000	1	6	3	0,10	0,90
	20.000.000	4	12	5	0,19	0,81
	30.000.000	8	21	7	0,22	0,78

Fonte: dados do IBGE, na base Agrotec, SEA/Embrapa, 2002.

número de microrregiões que formaram cada faixa nos anos 1976 e 1998, respectivamente, tem-se que, para produzir os primeiros dez milhões de toneladas de soja, participaram 48 microrregiões em 1976 e apenas oito em 1998. Ao se analisar as microrregiões na faixa de 15 milhões de toneladas de soja (que é muito mais que o total da produção de 1976, da ordem de 11 milhões de toneladas) verifica-se que 215 microrregiões estavam envolvidas em 1976 (e, de fato, não alcançavam a reunir o volume escolhido), apenas 17 microrregiões foram suficientes em 1998. Logicamente, as novas microrregiões, situadas principalmente nas Regiões Centro-Oeste e Norte, em geral têm maior área que as do Sul do país. Até este ponto, os valores das áreas colhidas não foram utilizados; mas, mesmo assim, a simples servem para sugerir que deve ter havido algum aumento no rendimento. Ainda com respeito aos números para a soja, na Tabela 7, observam-se muito baixos valores para o índice de persistência (e, portanto, altos valores para as distâncias); ou seja, as situações para 1976 e 1998 são muito diferentes.

Uma análise similar pode ser realizada para os outros produtos, porém o caso do algodão, chama a atenção. É claro que os valores na coluna *a*, não podem diminuir ao se passar de uma faixa para outra maior, porque todas as microrregiões que entraram na primeira têm que entrar, *a fortiori*, na segunda. Em muitos outros casos, para determinado produto, as frequências nas colunas *b* e *c* também aumentam de acordo com as faixas, na medida em que são incluídas novas microrregiões; mas, isto pode não ocorrer, e os valores para o algodão ilustram essa situação. A produção total para 1976 foi ligeiramente superior a 1,2 milhões de toneladas, e a de 1998 foi um pouco menor que esse volume. Fixando a atenção na faixa de 1,2 milhões de toneladas, tem-se que ela reúne todas as 275 microrregiões registradas em 1998. Em 1976 foram registradas 301 microrregiões; de modo que a diferença com respeito às 128 (= 120 + 8, na Tabela 7) que, nesse ano, reuniram 1,2 milhões de toneladas, indica que houve 173 microrregiões (ou seja, mais da metade) que reuniram uma quantidade produzida praticamente irrelevante. No entanto, o mais interessante resulta de observar que, em 1998, as 275 microrregiões registradas não chegaram a alcançar o volume reunido por 128 microrregiões em 1976. De todos modos, existem 155 microrregiões “novas” em 1998; isto é, se bem que muitas delas podem coincidir com algumas das 173 que tiveram uma produção muito baixa em 1976, o fato sugere uma reorientação espacial na cultura do algodão, o que é confirmado por outros indicadores disponíveis na literatura, e principalmente pela expansão recente desta cultura no Mato Grosso e Mato Grosso do Sul.

### **Mudanças no rendimento de produtos agrícolas**

Nesta seção serão apresentados alguns resultados que se relacionam com as mudanças nos rendimentos mais altos, tomando como exemplos o algodão e a soja. Seguindo o enfoque adotado anteriormente, os rendimentos correspondem ao quociente entre as médias da quantidade produzida e da área colhida, nos triênios 1975-1977 e 1997-1999, e referidos como correspondendo a 1976 e 1998, respectivamente. Logicamente, podem ser calculados os índices de persistência e distância, entre determinados grupos (e.g., os grupos dos dez rendimentos mais altos, ou os grupos dos rendimentos maiores que um certo número, etc, de uma das culturas, para 1976 e 1998).

Novamente, os rendimentos foram ordenados em forma decrescente, para cada produto e cada ano. Por brevidade, a Tabela 8 apresenta apenas os cinco rendimentos mais altos, em cada ano, e as microrregiões onde foram registrados, para os dois produtos escolhidos. Os mapas no Anexo C mostram a evolução dos grupos com os dez, 20 e 30 rendimentos mais altos.

Da análise conjunta da Tabela 7, mapas locais e listagem impressa dos resultados para as primeiras posições, depreende-se o seguinte:

- 1) para o algodão, nenhuma das cinco microrregiões com mais alto rendimento em 1976 aparece entre as cinco melhores em 1998; para a soja, apenas uma (Foz do Iguaçu) persistiu de 1976 para 1998;
- 2) do exame da listagem com os dez primeiros lugares, confirmado pelos mapas respectivos, resulta que, para o algodão, só uma microrregião demonstrou persistência nesse grupo (Franca, que passou do oitavo lugar, em 1976, com rendimento de 1.772 kg/ha, para o segundo lugar, em 1998, com 3.655 kg/ha, como consta na Tabela 5); para a soja, da comparação dos grupos das dez melhores, apenas Foz do Iguaçu mostra persistência;

Em ambas culturas observa-se o deslocamento para o norte, se comparado com as microrregiões que ocupavam as primeiras posições em 1976; considerando as dez primeiras posições no rendimento, tem-se o seguinte: a) para o algodão, em 1976 havia três microrregiões no Paraná e sete em São Paulo, enquanto que em 1998 aparecem duas em São Paulo, duas em Minas Gerais e seis no Mato Grosso; b) para a soja, em 1976 havia uma microrregião no Rio Grande do Sul, sete no Paraná e duas em São Paulo, enquanto que em 1998 aparecem quatro no Paraná, uma em Minas Gerais, quatro no Mato Grosso e uma no Maranhão. Em ambas culturas registram-se aumentos notáveis no rendimento; comparando só a primeira posição em 1976 com a primeira em 1998, sem preocupar-se com o fato de que correspondem a diferentes microrregiões, tem-

**Tabela 8.** Microregiões de rendimentos mais altos da soja e do algodão herbáceo, em 1976 e 1998.

Produto	Ano	Rendimento (kg/ha)	UF	Microregiões
Algodão	1976	2.165	SP	Barretos
	1976	2.039	SP	São Joaquim da Barra
	1976	2.034	SP	Jaboticabal
	1976	1.933	PR	Pitanga
	1976	1.927	SP	Limeira
Algodão	1998	3.976	MG	Passos
	1998	3.655	SP	Franca
	1998	3.581	MT	Alto Araguaia
	1998	3.152	SP	Itapetinga
	1998	3.152	MT	Primavera do Leste
Soja	1976	2.524	PR	Porecatu
	1976	2.458	SP	São José dos Campos
	1976	2.436	PR	Toledo
	1976	2.406	PR	Foz do Iguaçu
	1976	2.385	PR	Ivaiporã
Soja	1998	3.000	MG	Ponte Nova
	1998	2.888	PR	Foz do Iguaçu
	1998	2.879	MT	Primavera do Leste
	1998	2.844	MT	Alto Araguaia
	1998	2.837	MT	Rondonópolis

Fonte: dados do IBGE, na base Agrotec, SEA/Embrapa, 2002.

se um acréscimo de 84% no algodão e de 19% na soja; se bem que um estudo adequado da evolução do rendimento requer a utilização de outras técnicas, e não deve limitar-se à comparação de dois valores (ver, por exemplo, Alves et al., 1999), o fato é que, para as diferentes culturas, podem ser localizados certos pólos de alta produtividade que, eventualmente, poderiam atuar como indutores de inovação tecnológica nas suas proximidades.

Embora trabalhando com poucos produtos, procurou-se fundamentalmente apresentar algumas mudanças representativas da dinâmica espacial da agricultura, identificando-se mudanças substanciais em termos de: a) concentração da produção; b) contribuição percentual no total de cada ano; c) contribuição por faixas de volume; e d) rendimento. Em termos gerais, cabe ainda destacar que algumas microrregiões mostram bom desempenho em mais de um tipo de exploração agrícola, tanto em volume quanto em rendimento. Portanto, cabe avaliar a possibilidade da existência de alguma forma de sinergismo, como já foi observada entre o milho e a soja por Alves et al., (1999).

### A dinâmica das Transformações Agropecuárias

Ao longo das décadas analisadas, constata-se que a agricultura cumpriu com eficiência seu papel na econo-

mia brasileira, ou seja, a de prover de alimentos, energia, fibras e outros para a população, gerando divisas via exportação de excedentes e capital para a industrialização do país.

Grandes investimentos em infraestrutura tornaram possível um sistema de transporte multimodal cada vez mais eficiente e barato, com efeitos catalíticos tanto na expansão como no aumento da produção agropecuária. Exportações de áreas com pouco acesso são agora possíveis a preços competitivos, como no Corredor Norte, o caminho fluvial que conecta o Rio Madeira ao Rio Amazonas através do Porto de Itacoatira e o Corredor Centro Norte conectando o Estado do Mato Grosso ao Porto de Ponta da Madeira (São Luís, MA) no nordeste do país, permitindo ainda incorporação de novas áreas produtivas dos Estados de Tocantins, Piauí e Maranhão. Nestes, como exemplo das possibilidades de transformações associadas às potencialidades das terras e vantagens comparativas, no ano agrícola de 1998 já cultivaram uma área da ordem de 210 mil hectares de soja, apresentando um potencial superior a 3 milhões de hectares, área equivalente á cultivada no Estado do Rio Grande do Sul.

Nas décadas de 70 e 80 o forte apoio financeiro e tecnológico promovido pelo governo através de programas e incentivos fiscais, como a criação da Embrapa e do Sistema de Nacional de Pesquisa Agrícola, marcaram o início de um forte processo de apoio a modernização da agricultura brasileira, com uso mais

intensivo de capital e de tecnologias de produção. Os efeitos mais evidentes destas políticas começaram a se manifestar desde o início da década de 80, quando o crescimento da agricultura brasileira passou a ser determinado mais pelos ganhos crescentes de produtividade do que pela expansão da área cultivada (Gasques & Villa Verde, 1990).

Exemplificando, ao se analisar a taxa de crescimento anual da produção de grãos (arroz, feijão, milho, soja e trigo), que representaram na última década 72% da área plantada com lavouras temporárias e 62% da produção agrícola brasileira, verifica-se no período 1975-2001, uma evolução da área plantada de 34% (28,36 para 38,11 milhões de hectares), enquanto a produção e a produtividade obtiveram ganhos da ordem de 148% (de 38,1 para 97,3 milhões de toneladas) e 84% respectivamente. Esta evolução, inverteu progressivamente a forma de resposta às demandas por produtos agrícolas. Na década de 60 esta era atendida exclusivamente pela expansão da área agrícola, pois a taxa média de rendimento era ligeiramente negativa e, ultimamente, quase que totalmente pelos ganhos de produtividade (Figura 2). Assim no período de 1991-95, a produção total de grãos cresceu 4,92%, graças ao ganho de produtividade que foi de 4,6%. A expansão da área de produção respondeu por apenas 0,32% da média de crescimento anual.

Por outro lado, Gasques & Conceição (1997) calcularam os índices de produtividade total da agricultura, produtividade da terra e do trabalho, através do índice de Tornqvist para o período 1976/1994. Concluíram que a agricultura brasileira apresentou crescimento na produtividade, embora esse crescimento tenha se dado a taxas decrescentes no último ano. Destaca-se que a redução da taxa de crescimento da produtividade total da agricultura é uma questão preocupante, pois os ganhos de produtividade ainda são considerados atualmente, condição essencial para a

garantia da competitividade do setor. Por outro lado, a tendência de crescimento a taxas decrescentes não seria uma situação preocupante se a agricultura brasileira já tivesse atingido um patamar bastante elevado de produtividade. Entretanto, esse fato ainda não ocorreu, como mostram os estudos e prospecções da Embrapa, que apontam para a existência de expressivos ganhos potenciais de produtividade, e ainda um amplo espaço para a adoção de tecnologias convencionais, que não completaram seu ciclo para todos os cultivos e regiões do País.

Outro indicador importante desta transformação tecnológica é a renda bruta das lavouras, ou seja, o valor monetário da produção obtida ao nível de produtor. Utilizando-se os produtos: arroz, batata inglesa, cebola, feijão, mandioca, milho, trigo, algodão em caroço, amendoim e soja, representativos de cerca de 80% da área cultivada e mais de 75% do volume de produção do País, França (2001) constatou que a renda bruta, ao longo das duas últimas décadas, teve um decréscimo da ordem de 40% (Figura 3). A tendência de queda verificada ao longo do período acentuou-se a partir de 1989, em parte como decorrência da abertura comercial brasileira. Nos anos 90, manteve-se constante com índices próximos a 60%, revelando que todo o esforço de ganhos de produtividade foi, em última análise, utilizados para compensar a queda de preços relativos pagos ao produtor.

Com relação ao comportamento da área colhida, verifica-se que após um período de expansão nos anos 80, a taxa de crescimento da área colhida reduziu-se na década de 90, sendo que ao seu final foi inferior ao início dos anos 80 (Figura 3). Contrastando com a área colhida, a quantidade total produzida cresceu de forma sistemática, como consequência do aumento significativo do rendimento físico agregado durante o período. Esses ganhos de produtividade são, por um lado, devido à mudança na composição da área de

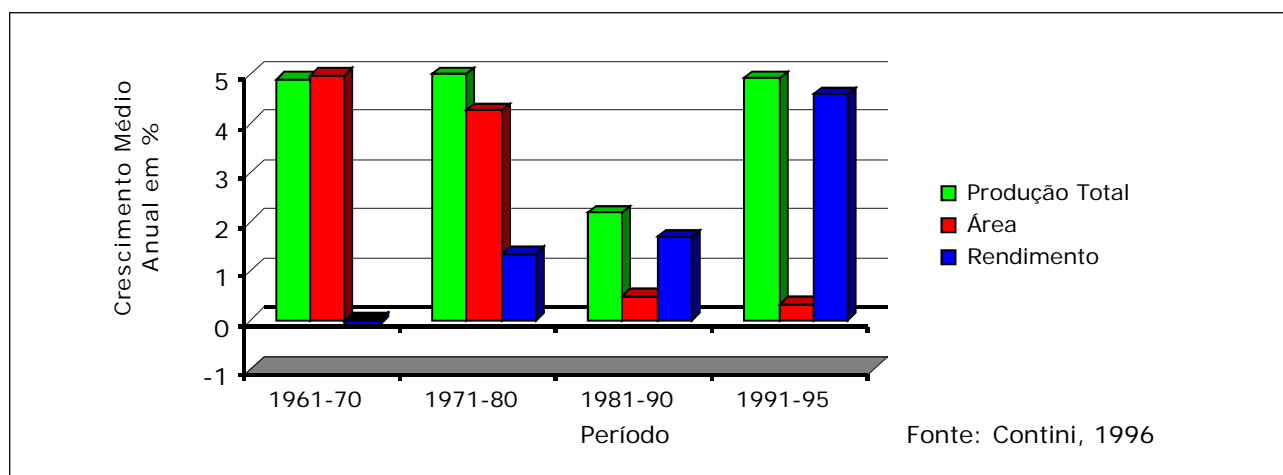
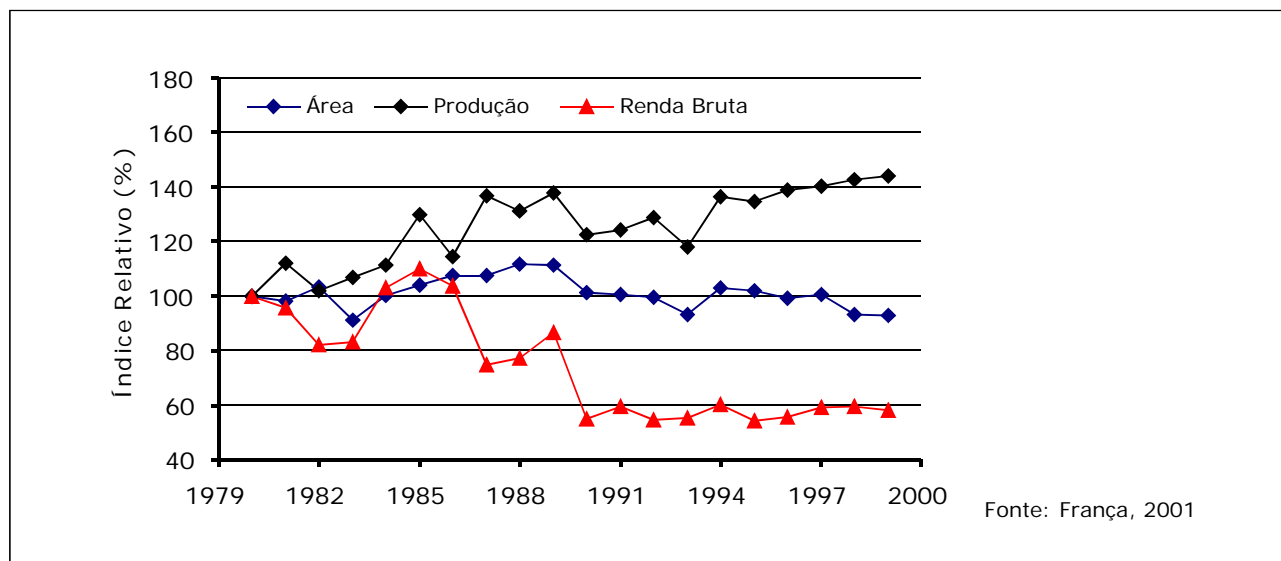


Figura 2. Taxas de crescimento anuais de produção de grãos (arroz, feijão, milho, soja e trigo).



**Figura 3.** Indicadores de desempenho relativo das lavouras (arroz, batata inglesa, cebola, feijão, mandioca, milho, trigo, algodão em caroço, amendoim e soja).

produção das culturas selecionadas e, por outro, devidos a modernização tecnológica e à retirada de produção das terras marginais que foram cultivadas no final da década de 80. Considera-se também que a abertura da economia e as mudanças das políticas de preços mínimos, crédito rural e zoneamento agrícola resultaram numa reorganização do espaço produtivo, mais consistente com as vantagens comparativas regionais. Estes fatos, podem também explicar em parte, situações conjunturais em relação a produtividade, como as observadas por Gasques & Conceição (1997) e outros, na década de 90.

Adicionalmente, as perdas e frustrações de safras em culturas temporárias em regime de sequeiro eram expressivas, sendo que nas **culturas de verão** (arroz, feijão, milho, soja, algodão, mandioca e outras plantadas na época das chuvas, de setembro em diante), as perdas por seca alcançavam até 60% e por chuvas fortes, 32%. Nas **culturas de inverno** (trigo, cevada e outras plantadas na região sul do Brasil, a partir de abril), as perdas por seca eram de 30%, por chuvas fortes à época da colheita 32% e por geada 30%. Neste quadro, podia-se constatar que a agricultura brasileira era uma atividade de alto risco e até mesmo deficitária.<sup>1</sup>

A introdução do Zoneamento Agrícola em 1996, um elemento novo e cientificamente elaborado, vem modernizando os instrumentos de política agrícola e a própria produção no País. Tornou-se também um instrumento indireto de reordenamento do espaço agrícola, ao priorizar terras com melhor oferta ambiental, diminuindo a pressão de uso em regiões de me-

nor potencial produtivo, oferecendo desta forma, uma resposta ao processo histórico de ocupação dos solos sem a observância das limitações e potencialidades das terras. Sua possível integração com políticas ambientais que tratam do processo de ocupação e ordenamento do território nacional, poderá se constituir num instrumento operacional e dinâmico da conservação dos recursos naturais.

Embora a produção de grãos no País tenha crescido mais rapidamente do que a área colhida ao longo dos últimos 25 anos (Figura 4), a dinâmica regional mostrou-se diversa, tanto na configuração do seu espaço produtivo, como já abordado nos itens anteriores, quanto na evolução da produção e produtividade obtidas ao longo do período. Assim Helfand & Rezende (2000) analisando a evolução da área colhida de grãos para o mesmo período, constataram uma diminuição no Sul e no Sudeste na década de 90, enquanto a produção aumentou na primeira região e se manteve relativamente constante na segunda. Já no Centro-Oeste, a produção de grãos tem crescido mais rapidamente do que nas demais regiões, enquanto a área colhida na década de 90 manteve-se no mesmo patamar da década anterior. Em contraste com as outras regiões, a característica predominante da produção de grãos no Nordeste tem sido o alto grau de instabilidade. Os autores ressaltam ainda, que deve-se encontrar um meio para solucionar o problema causado pelas secas periódicas, que permita que os rendimentos físicos da região cresçam, o que entretanto ainda permanece como um desafio fundamental para a política econômica. Destaca-se a importância e as ramificações que estes aspectos representam para o desenvolvimento econômico do Nordeste assim como para a questão da pobreza rural e a pressão que esta resulta sobre os seus recursos naturais.

<sup>1</sup>Para obter maiores detalhes, consulte a página do Zoneamento Agrícola na Home Page do Ministério da Agricultura, Pecuária e do Abastecimento. <<http://www.agricultura.gov.br>>

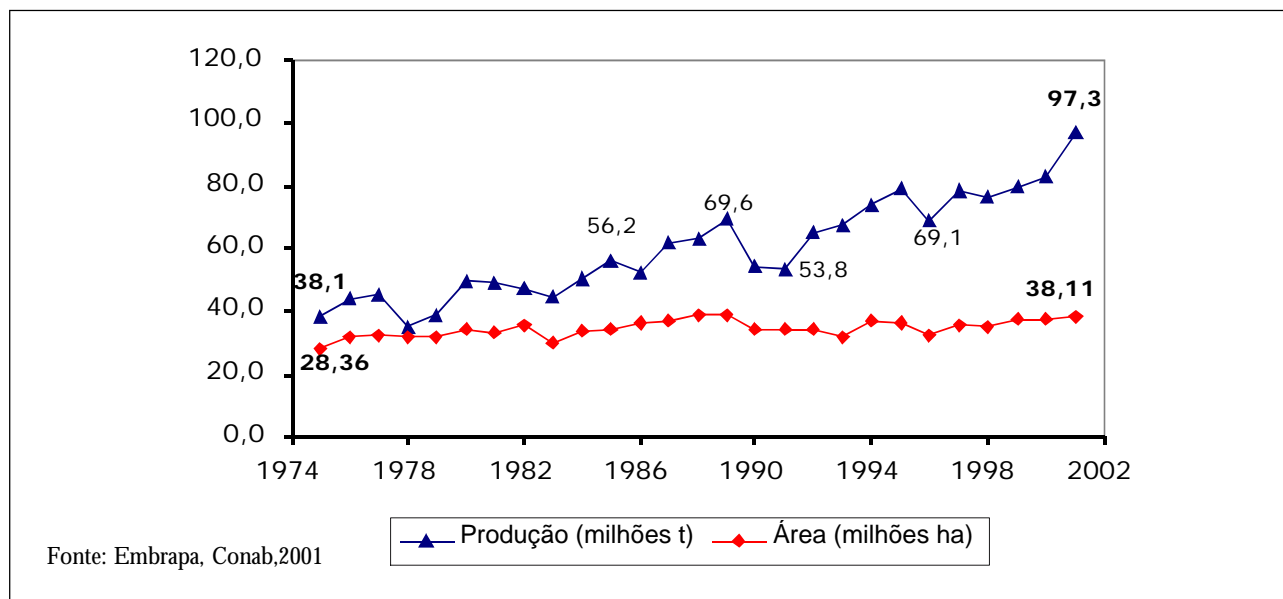


Figura 4. Evolução da área colhida e produção agrícola de grãos – arroz, feijão, milho, soja e trigo.

De fato a relativa estabilidade da área plantada observada não significa, necessariamente, que esta seja composta das mesmas áreas físicas utilizadas ao longo do período, como já anteriormente exposto, mesmo considerando as regiões com maior nível de especialização, como a produção de arroz que somente tem crescido na região Sul (e mais recentemente no Centro-Oeste), e as produções de algodão e soja que apresentam um crescimento mais concentrado na região Centro-Oeste. Helfand & Resende (2000) destacam que os rendimentos físicos da produção de grãos têm crescido mais rapidamente, ou pelo menos às mesmas taxas, no Centro-Oeste quando comparado com as demais regiões do Centro-Sul — o que reflete um nível tecnológico mais elevado, bem como a maior mecanização das lavouras nessa região. Por outro lado, este crescimento e a maior produção de grãos no Centro-Oeste também pode ter contribuído indiretamente, para aumentar a pobreza no meio rural, na medida em que criou um problema de competitividade para a pequena agricultura em outras regiões do Brasil.

Outros trabalhos demonstram ainda, que o crescimento dos diversos setores da agricultura também não é uniforme, tendo sido constatado que os produtos exportáveis crescem a taxas maiores do que os produtos de mercado interno (Homem de Mello, 1988). Uma possível explicação para essa diferenciação do crescimento seria que os produtos exportáveis tenham incorporado de forma mais intensa, a disponibilidade de tecnológica ao longo do tempo (Graziano da Silva 1995).

Ressalta-se novamente que a disponibilidade tecnológica sob condição de sequeiro ainda não é completa para todos os agricultores, condições ambientais e Regiões. Por exemplo o Nordeste, a região com a

menor oferta ambiental, ainda não dispõe de um sistema produtivo de sequeiro capaz de enfrentar a seca. Por outro lado, sob tecnologia irrigada é favorecida pela luminosidade, temperatura e baixa precipitação, podendo ser extremamente competitiva, desde que se promova o desenvolvimento tecnológico específico para as condições ambientais locais, buscando-se níveis de produtividades economicamente mais elevados que os atuais, principalmente para o milho, arroz, feijão e algodão.

Porém a irrigação no Brasil, que passou por um período de forte expansão até o ano de 1990 (Capítulo 2), apresenta atualmente um crescimento lento, embora ofereça uma série de vantagens comparativas ao processo de uso e ocupação das terras. Exemplificando, apenas 6,19% dos 38,3 milhões de hectares atualmente cultivados no país são irrigados, sendo que no mundo 17% dos 1,5 bilhão de hectares utilizam a irrigação. Entretanto, a produtividade da irrigação agrícola faz com que estes 17,7% respondam por 40% dos alimentos produzidos, sendo esta proporção ainda maior no Brasil, ou seja, 35% da produção agrícola é oriunda dos 2,87 milhões de hectares irrigados. Assim, pela sua extensão atual, e de forma geral, pelos baixos impactos causados aos solos brasileiros ao longo tempo, a irrigação não se configura como uma forma de pressão sobre os solos, e sim uma alternativa para diminuir a pressão pela ocupação e uso agrícola das terras, via aumento de renda econômica, produção e produtividade agrícola. Para tal, é necessário estabelecer uma nova política de crédito para o setor, que equacione a maior necessidade de investimentos nesta tecnologia, o acesso ao crédito e os elevados custos financeiros atuais permitindo ainda, a participação dos pequenos produtores, um problema que passa por exigências de



garantias, soluções de passivos e outros fora do domínio dos agricultores. Este é um outro desafio para a política econômica do País.

Quanto à exploração pecuária, atividade de maior expressão em termos de ocupação de área no País, o rebanho bovino nacional é atualmente o segundo maior do mundo, estimado em 157 milhões de cabeças (32 milhões de leite e 125 milhões de corte), distribuídos em 1,6 milhões de estabelecimentos pecuários. Para tanto, as variações com o uso da terra com pastagens, especialmente com pastagem plantada, foram extremamente superiores as demais formas de uso, revelando seu dinamismo espacial e sua importância relativa na expansão da fronteira agrícola do País.

Uma análise comparativa utilizando-se dados agregados indica que a área de pastagens plantadas somente não supera o volume de terras com aptidão para este fim na Região Norte (Figura 5). Embora esta comparação não signifique necessariamente que a atividade esteja utilizando terras com menor aptidão ou mesmo inaptas, serve como indicador indireto de pressão sobre o uso da terra. Assim nas Regiões Sul, Sudeste e Centro-Oeste, a tendência de ocupação por lavouras de áreas anteriormente com pastagens naturais, plantadas degradadas ou não, face à sua menor rentabilidade comparativa, tem determinado um deslocamento do setor para terras com menor potencial de uso, com maiores riscos de sobre utilização e degradação do recurso solo, como efetivamente se observa pela presença de pastagens degradadas e processos erosivos nestas regiões. No Nordeste, face a fragilidade do Bioma Caatinga, este indicador é ainda mais preocupante, face ao risco adicional de desertificação, gerada pela pressão que a atividade exerce sobre a biomassa vegetal.

Na Região Norte, estudos como os de Reis & Margulis (1991) e Reis & Guzman (1993) sobre os modelos que identificam as causas da expansão do desmatamento na Amazônia, demonstram econometricamente que até os anos 1990 estas foram, princi-

palmente, associadas aos investimentos em estradas e a concessão de crédito para formação de pastagem e exploração da pecuária. Assim a possibilidade de acesso à floresta oferecido pelas rodovias e as políticas setoriais de créditos, incentivaram a demanda pela propriedade da terra na região, resultando no médio e longo prazos, a elevação do preço da terra em função do crescimento da infraestrutura regional, permitindo ganhos patrimoniais futuros, e gerando uma pressão especulativa adicional por terras.

Também neste sentido, Ferraz (2001) utilizando-se de um modelo econométrico para explicar, separadamente, a demanda por terras para cultivo agrícola e pecuária na Amazônia, confirma que, a demanda por novas terras que incentivam o desmatamento sofre influência de fatores econômicos, como o preço dos produtos agrícolas, das terras e do nível de crédito rural. Constatou ainda que a rede de estradas pavimentadas e não-pavimentadas foi um dos principais determinantes para a expansão do desmatamento. O salário rural teve efeito explicativo na demanda por terra agrícola, mas não apresentou influência sobre a demanda por pastagens. Em suma, o processo de desmatamento na Amazônia resulta do avanço da fronteira agropecuária na busca de novas terras, respondendo de forma esperada aos incentivos de preço, tecnologias disponíveis e as economias externas da infraestrutura instalada na região.

Margulis (2001) propõe que o fator chave para explicar grande parte dos desmatamentos na Amazônia é a lucratividade da pecuária, e ao contrário do usualmente aceito, argumenta que do ponto de vista privado fazem todo sentido pois decorrem fundamentalmente de atividades produtivas, e não das especulativas. Os agentes que se apropriam destes ganhos são os madeireiros e os agentes intermediários que transformam a floresta nativa em pastagens (pequenos agentes com os menores custos de oportunidade), e principalmente os pecuaristas e fazendeiros que “vêm de-

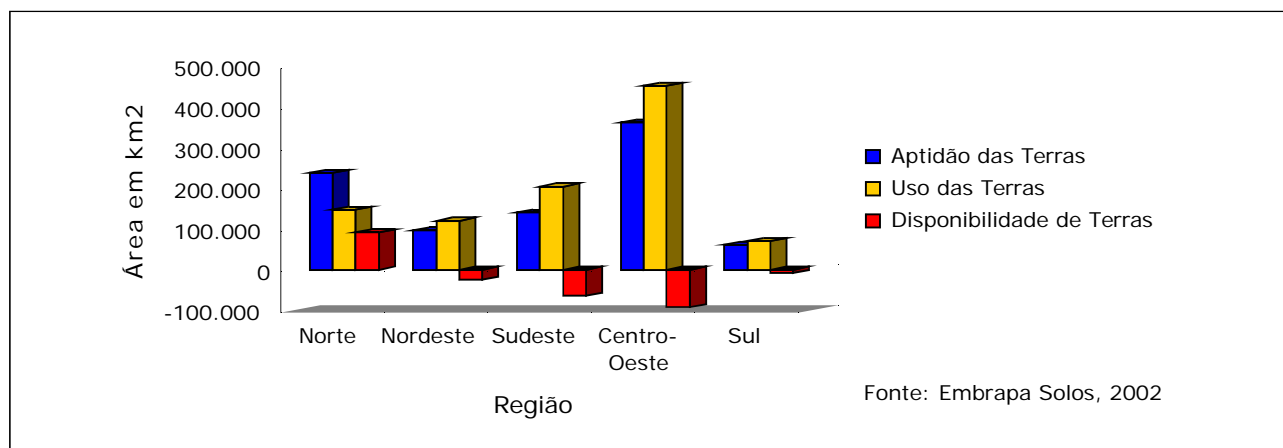


Figura 5. Uso atual, aptidão agrícola e balanço da disponibilidade das terras aptas para pastagem plantada por região do Brasil.

pois”. Também ao contrário do usualmente aceito, argumenta que: i) os madeireiros não são os principais atores do processo; ii) a especulação fundiária não é um fator de importância primordial; iii) a soja e outros grãos estão longe e não ameaçam: a agricultura pode vir atrás da pecuária, mas por enquanto só é significativa no Mato Grosso, e de concreto e consolidado, pouco existe nos demais estados; iv) os incentivos e créditos subsidiados do governo só puderam explicar uma parcela muito pequena dos desmatamentos no passado: hoje em dia, praticamente não têm relevância; v) por terem históricos de ocupação, origem de colonização, e tipos empresariais distintos, as políticas de controle têm que incorporar estas condições específicas locais.

Por outro lado, uma análise expedita sobre a rentabilidade média do setor pecuário (Embrapa, 2001 – projeções não oficiais) utilizando-se dados agregados revela que os pecuaristas possuem hoje em média 75 cabeças, que considerando uma margem líquida de 15% na atividade, resulta numa remuneração mensal de R\$ 100,00 para a sobrevivência deste médio pecuarista. Esta simulação ilustra especialmente as dificuldades dos pequenos produtores e a pressão que estes exercem sobre as terras de menor aptidão agrícola, como as que se verifica por exemplo nas regiões montanhosas do Sudeste e no semi-árido nordestino, e a necessidade de programas e políticas setoriais para a diversificação/ordenamento da agropecuária, recuperação das pastagens, solos e mesmo o reflorestamento de biomas mais ameaçados.

De fato o problema das pastagens no Brasil é preocupante, face principalmente a forma de apropriação e extensão de terras atualmente utilizadas. Embora alternativas tecnológicas existam e estejam disponíveis, a baixa rentabilidade do setor geralmente determina, especialmente entre os pequenos e médios pecuaristas, um baixo uso de tecnologias de manejo dos solos e pastagens. De forma geral, o produtor ao implantar áreas de pastagens plantadas, quando muito, consegue fazer a correção do solo, geralmente através

da utilização de culturas de ciclo curto (milho, arroz etc.), porém não consegue ter o nível financeiro requerido para manejá-las adequadamente, ocasionando geralmente o sobre pastejo. Nesta situação e em algumas regiões do país, ainda se observa o uso de queimadas como forma de “*manejo e recuperação*” de pastagens no período seco, geralmente com drásticos efeitos subsequentes sobre a conservação dos solos, das propriedades rurais, da saúde pública e dos demais recursos naturais.

Porém o desenvolvimento e uso de novas tecnologias, a exemplo da agricultura também vêm recentemente se configurando como uma alternativa para enfrentar os problemas de rentabilidade do setor pecuário, bem como para atender as demandas de consumo. A Figura 6 apresenta a evolução da produção de carnes no Brasil, que no caso dos bovinos, parte da produção foi oriunda da expansão pecuária através do aumento das áreas com pastagens, porém como indicadores indiretos sobre as taxas de expansão do uso da terra apresentam ultimamente sinais de estabilização, parte também é oriunda da modernização e ganhos produtividade do setor.

Como exemplos desta modernização cita-se os programas oficiais e privados de melhoria genética do plantel nacional, que incluem programas de melhoramento genético, inseminação artificial e transferências de embriões, integração lavoura-pecuária, confinamento e semi-confinamento e o recente programa oficial de rastreabilidade de animais. Como resultado a taxa de abate ou desfrute do rebanho nacional que era de 16% em 1990, terminou a década com 23%, taxa esta superior a média mundial que é de 20%. Estes indicadores, associados às novas ferramentas da biotecnologia para o melhoramento genético, indicam que a pecuária nacional pode manter a tendência de tecnificação, respondendo as demandas de consumo via ganhos crescentes de produtividade, diminuindo conseqüentemente, o processo de incorporação de novas áreas com pastagens, principalmente na Amazônia, hoje uma das principais formas de ocupação de suas terras.

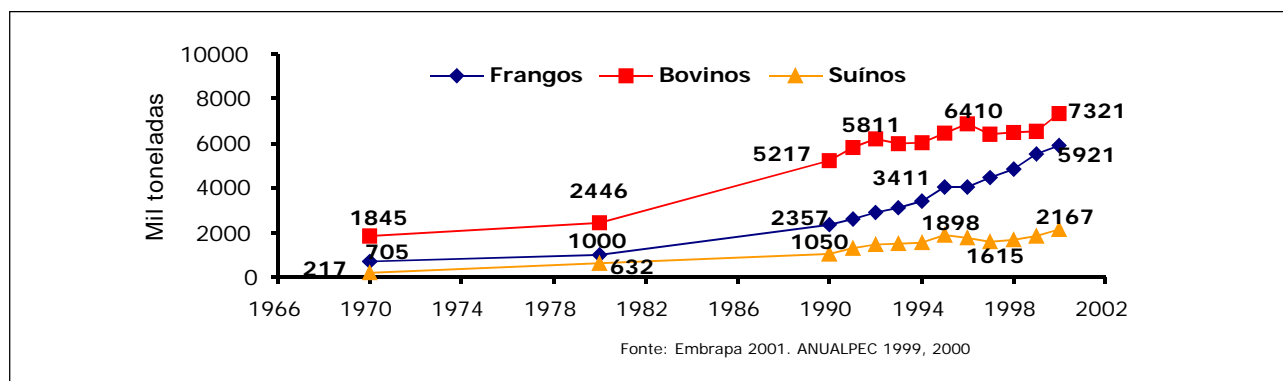


Figura 6. Evolução da produção de carnes no Brasil.

Suínos e especialmente aves tiveram ganhos de produção e produtividade excepcionais a partir da década de 90. Cita-se como exemplo, o modelo de pequenos agricultores integrados no Sul, adotado também em outras regiões do país, que contribuiu para um período de excelente crescimento na produção e na produtividade de suínos e aves. Embora nos últimos anos este modelo tradicional de sinais de esgotamento, face aos custos de logística e gerenciamento de um grande número de agricultores integrados, Helfand & Resende (1998) mostram, porém de forma não conclusiva, as possibilidades de se captar economias de escala na produção e abate de animais, e de reduzir custos de transação através de uma reorganização das instituições de integração. De qualquer forma, este modelo ainda se configura atualmente, como alternativa com maior ou menor nível de integração, para o sistema de produção de pequenos a grandes pecuaristas e agricultores de várias regiões brasileiras.

Portanto, atualmente o segmento mais tecnificado da agropecuária brasileira é o resultado das profundas transformações que ocorreram, especialmente, nas duas últimas décadas. O processo de modernização e tecnificação da agropecuária provocou profundas alterações no sistema de produção, apropriação de espaços produtivos e no seu relacionamento com os setores industriais, situados antes e depois da porteira, sedimentando o conceito de "agronegócio" ou complexo agroindustrial. Esse conceito que ganhou expressão principalmente nos países desenvolvidos, fornece à agricultura uma nova dimensão, projetando diversas atividades para fora da propriedade rural, criando um sistema que a tem como centro motor, gerando uma multiplicidade de novos negócios e que agregam valor ao produto agrícola (Barriga, 1997). Exemplos desta nova agricultura não faltam no país e mesmos em áreas de ocupação agrícolas recentes, em Estados como Mato Grosso, Maranhão, Piauí e outros, cabendo ao governo através de políticas setoriais, planejamentos, ordenamentos e reordenamentos de uso das terras, utilizar-se deste novo modelo como forma de preservação do patrimônio solo e dos demais recursos naturais, em benefício das gerações futuras.

## Referências Bibliográficas

- ALVES, E.; SOUZA, G. da S. e; GARAGORRY, F. L. A evolução da produtividade do milho. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, Brasília, DF, v. 37, n.1, p. 77-96, jan./mar., 1999.
- ANDERBERG, M. R. **Cluster analysis for applications**. New York: Academic Press, 1973.
- BARRIGA, C. **Pólo de agronegócio do norte de Minas Gerais**. Talagante: Banco Mundial, 1997. Informe de consultoria CODEVASF-IICA-Banco Mundial, 1997.
- FERRAZ, C. What causes agriculture expansion and deforestation? Evidence from the Brazilian Amazon, 1980-1995. In: MUNASINGHE, M. (Ed.). **Research project making long-term growth more sustainable: Brazil country case study**. The World Bank, 2001. p. (Texto para Discussão, 828).
- GASQUES, J. G.; CONCEIÇÃO, J. N. P. R. da. **Crescimento e produtividade da agricultura brasileira**. Brasília, DF: IPEA, 1997. (IPEA. Texto para Discussão, 502).
- GASQUES, J. G.; VILLA VERDE, C. M. Crescimento da agricultura brasileira e política agrícola nos anos oitenta. **Agricultura em São Paulo**, São Paulo, v.37, n.1, p.183-204, 1990.
- GRAZIANO DA SILVA, J. Evolução do emprego rural e agrícola. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ECONOMIA E SOCIOLOGIA RURAL, 33., 1995, Curitiba. **Anais...** Brasília, DF: SOBER, 1995. p.143-145.
- HELFAND, S. M.; REZENDE, G. C. **Mudanças na distribuição espacial da produção de grãos, aves e suínos no Brasil: o papel do Centro-Oeste**. Rio de Janeiro: IPEA, 1998. (IPEA. Texto para Discussão, 611).
- HELFAND, S. M.; REZENDE, G. C. **Padrões regionais do crescimento de grãos no Brasil e o papel da Região Centro-Oeste**. Rio de Janeiro: IPEA, 2000. (IPEA. Texto para Discussão, 731).
- HOMEM DE MELLO, F. Um diagnóstico sobre produção e abastecimento alimentar no Brasil. In: AGUIAR, M. N. (Org.) **Questão da produção e do abastecimento alimentar no Brasil: um diagnóstico macro com cortes regionais**. Brasília, DF: IPEA: PNUD: ABC, 1988.
- HUBBELL, B. J.; WELSH, R. An examination of trends in geographic concentration in U.S. hog production, 1974-96. **Journal of Agricultural and Applied Economics**, Lexington, v. 30, n. 2, p. 285-299, 1998.
- MARGULIS, S. **Quem são os agentes na Amazônia e porque eles desmatam**. Disponível em: <<http://www.bancomundial.org.br>>. 2001, 25 p. Acesso em: 06 ago. 2002.
- MEUDT, M. Implementation of environmental indicators in policy information systems in Germany. In: BROUWER, F.; CRABTREE, B. (Ed.). **Environmental indicators and agricultural policy**. Wallingford: CABI, 1999. Cap. 15, p. 229-245.
- REIS, E. J.; GUZMÁN, R. H. Um modelo econométrico do desflorestamento da Amazônia. **Pesquisa e Planejamento Econômico**, v. 23, n. 1, p. 33-64, abr. 1993.
- REIS, E. J.; MARGULIS, S. Options for slowing Amazon jungle clearing. In: DORNBUSCH, R.; POTERBAR, J. (Ed.). **Economic policy responses to global warming**. Cambridge, MA: MIT Press, 1991.
- SPORLEDER, T. L. Entropy measures of spatial concentration in poultry processing. **Southern Journal of Agricultural Economics**, Lexington, v. 6, n.1, p. 133-137, 1974.
- THEIL, H. **Economics and information theory**. Amsterdam: North-Holland, 1967. 488 p.
- CONTINI, E. Agricultura: desempenho e rumos. **Revista de Política Agrícola**, Brasília, v. 5, n. 2, p.61-63, 1996.
- FRANÇA, F.M.C. **A importância do agronegócio da irrigação para o desenvolvimento do Nordeste**. Fortaleza: Banco do Nordeste, 2001, v.1, 114p.

# A Erosão e seu Impacto

## 5

## Capítulo

Luís Carlos Hernani  
Pedro Luiz de Freitas  
Fernando Falco Pruski  
Isabella Clerici De Maria  
Celso de Castro Filho  
John Nicolas Landers

### Processos de Degradação das Terras

Terra, conforme FAO, citado por Lepsch et al. (1991), é um segmento da superfície do globo terrestre definido no espaço e reconhecido em função de características e propriedades compreendidas pelos atributos da biosfera, atmosfera, solo, substrato geológico, hidrologia e resultado das atividades humanas futuras e atuais. A redução da qualidade do solo pode ser devido a causas naturais ou induzidas pelo homem. A degradação da terra pode ser entendida como o resultado de qualquer ação que a faça menos utilizável em benefício dos seres humanos (Wasson, 1987). A qualidade do solo é definida por valores relativos à sua capacidade de cumprir uma função específica e, pode ser determinada para diferentes escalas: campo, propriedade agrícola, ecossistema, região (Gregorich & Carter, 1997). Pode-se, assim, entender a degradação do solo como sendo a perda da sua capacidade em desempenhar uma função e o grau da degradação como um indicador chave da sustentabilidade dos ecossistemas.

Os tipos de degradação dos solos podem ser: 1. Erosão hídrica: perda de horizontes superficiais; deformação do terreno; movimentos de massa; deposição. 2. Erosão eólica: perda de horizontes superficiais; deformação do terreno; movimentos de massa; deposição. 3. Química: perda de nutrientes e/ou matéria orgânica; desbalanço de nutrientes; salinização; acidificação; poluição. 4. Física: compactação; selamento, encrostamento; inundação; aeração deficiente, excesso ou falta de água. 5. Biológica: redução da biomassa, redução da biodiversidade.

No contexto da produção agropecuária, a degradação das terras está relacionada às ações que contribuem para o decréscimo da sustentabilidade da produção agrícola no tempo, através da diminuição da

qualidade do solo e de seus atributos físicos, químicos e biológicos. Esse conceito é aplicável para qualquer área na qual princípios básicos de conservação do solo não foram obedecidos quando por ocasião do estabelecimento da atividade agrícola após desmatamento ou outro uso (Castro Filho et al., 2001). A degradação da terra diz respeito também à perda de qualidade e da disponibilidade da água especialmente para consumo humano e, ainda, refere-se ao mesmo tempo à perda definitiva de biodiversidade devido a processos utilizados no manejo inicial ou antropização do solo.

A principal causa da degradação do solo em ambientes tropicais e subtropicais úmidos é a erosão hídrica e as atividades que contribuem para o aumento das perdas de solo. A erosão hídrica é um processo natural que acontece em escala de tempo geológica. As atividades humanas tendem a acelerar esse processo a ponto de tornar visíveis os seus efeitos. Naturalmente, sob condições climáticas adversas, como seca ou excesso de chuvas, os resultados são dramáticos e chamam a atenção. Mesmo ocorrendo em magnitude menores, a degradação das terras é ignorada até que eventos catastróficos ocorram, a exemplo das inundações que seguiram o longo tempo de estiagem que resultou na crise energética no ano 2001, causando elevados prejuízos à sociedade brasileira. Uma área de terras degradadas faz com que as populações sejam forçadas a tentar produzir em terras marginais, não aptas para lavouras ou pastagens, ou avancem em direção a terras mais frágeis (Amazônia e Pantanal, por exemplo), multiplicando desesperadamente a degradação (Castro Filho et al., 2001; Freitas et al., 2001).

A atividade humana sem conhecimento dos recursos naturais – solo, água e biodiversidade, a falta de planejamento em diferentes escalas, o uso de sistemas não adequados de manejo, o desmatamento incorreto,

a exploração do solo acima de sua capacidade (superpastoreio, agricultura extensiva), além do crescimento urbano e industrial desordenados, dão origem a uma seqüência de ações que influem sobre as propriedades e a natureza do solo, tornando-o mais susceptível às forças naturais de degradação (Freitas, 2002; Castro Filho et al., 2001).

Os processos de degradação estão associados a fatores edáficos, climáticos e antrópicos. Embora alguns autores separem a degradação do solo em física, química e biológica, os processos associados a cada um desses aspectos apresentam interações e influenciam-se mutuamente sendo que a alteração de um deles afeta a qualidade do solo e de todo o sistema. A intensidade e a taxa de desenvolvimento desses processos são muito ampliadas pelo uso e manejo inadequados da terra (uso intensivo de grades de discos no preparo do solo, por exemplo), que expõem o solo aos fatores intempéricos induzem a destruição gradativa de seus atributos físicos, químicos e biológicos. A perda da camada superficial do solo é a principal forma de expressão da degradação das terras no Brasil, sendo a erosão hídrica a sua causa maior.

No processo de degradação ambiental, Blum (1998) considerou haver envolvimento de três tipos de energia: a) gravitacional – a que controla grande parte do movimento dos sólidos, líquidos e gases e é determinante para os fenômenos da erosão e sedimentação; b) conservada – presente no material de origem e provenientes das forças internas da Terra (pressão e temperatura); e c) solar – captada e transformada pelos vegetais e cedidas ao solo. Esse autor propôs então que a degradação de um ecossistema seja relacionada à perda de sua energia armazenada. Com base nessa proposição, Kobiyama et al. (1993), conceituaram a degradação como os processos e fenômenos do meio ambiente, naturais ou antrópicos, que prejudicam as atividades de um ou mais de seus organismos. Kobiyama et al. (2001), associaram a degradação de um dado ambiente à sua entropia ( $S$ ) [definida como  $dS = dQ/dT$ , onde  $Q$  é o calor e  $T$  é a temperatura] ou à desarmonia dos processos envolvidos, relacionando-a à entropia existente em um ambiente equilibrado. Nesse sentido, quanto maior a entropia, maior é a degradação de uma área. O aumento da entropia pode ser lento, como no caso do processo natural da formação do solo ou da paisagem; ou então rápido, como o que se dá em função da adição de energia no sistema (agrícola, urbano e industrial) através da interferência humana.

De fato, a intervenção humana no ecossistema natural (remoção da cobertura vegetal, por exemplo) tem sido causa de degradação que remonta aos tempos do descobrimento do Brasil. Na Amazônia, os processos de degradação estão muito ligados ao desconheci-

mento do ecossistema e de como manejá-lo para que produza com sustentabilidade; a conservação da matéria orgânica é fundamental no processo de recuperação, assim como o uso de espécies nativas e plantas fixadoras de nitrogênio. Na região do Semi-Árido, as causas de degradação em condições naturais estão relacionadas ao elevado escoamento superficial, condições climáticas adversas (altas temperaturas, evaporação elevada, chuvas erosivas e período seco prolongado), presença de horizontes genéticos endurecidos, mudança textural abrupta (permeabilidade) e presença de sais solúveis; o processo é acelerado pela ação antrópica inadequada. A recuperação se baseia em técnicas de irrigação, drenagem, correção, gessagem, uso de plantas tolerantes, mas é um processo muito lento. No caso da região de mares de morros (no Estado de Minas Gerais, por exemplo), a topografia foi um aspecto facilitador do processo de degradação, iniciado pela remoção da cobertura vegetal nativa; o manejo inadequado sob o ponto de vista de culturas e preparo do solo, contribuiu para a aceleração do depauperamento. Os processos de recuperação são quase sempre lentos, destacando-se a importância do conhecimento dos solos como premissa básica para o adequado manejo e recuperação.

Essa questão, no entanto, preocupa a todos os povos da Terra. Haja vista o estudo desenvolvido pelo ISRIC/UNEP, do qual participou a Embrapa Solos, que mostrou que 15% das terras deste Planeta já foram severamente degradadas por atividades humanas. Entre as formas mais comuns de degradação, destacaram-se a perda da camada superficial (70%), a deformação do terreno (13%), a perda de nutrientes (6.9%) e a salinização (3.9%). Menores intensidades de degradação foram atribuídas à compactação, poluição, erosão eólica, inundação, acidificação e subsidência (ISRIC/UNEP, 1991). Segundo a FAO, a perda da camada superficial é o maior desafio para a sustentabilidade da agricultura, entre outras razões porque a sua recuperação exige um longo período de tempo. A causa maior da perda e deterioração da camada superficial do solo é a erosão hídrica, que por sua vez causa um decréscimo na produtividade dos solos, uma vez que afeta a camada mais favorável ao crescimento das plantas cultivadas, rica em nutrientes, em detrimento de subsolos não férteis. A baixa produtividade resultante, somente pode ser compensada através da adição de nutrientes, elevando os custos de produção (FAO, 1983). Uma vez que o custo de insumos deixa de ser economicamente viável, a terra é convertida para usos menos intensivos ou de menor inversão de recursos ou tecnologia, como, por exemplo, a conversão de lavouras para pastagens extensivas e o abandono de áreas que podem ficar sujeitas a processos que incrementam a degradação.

## 5.2. A Erosão

A erosão é um processo natural e ocorre mesmo em ecossistemas em equilíbrio. A intervenção humana eleva a taxa de incidência desse processo gerando a “erosão acelerada”. Esta constitui um fenômeno de grande importância em razão da rapidez de seu desencadeamento e por acarretar grandes prejuízos não só para a exploração agropecuária, mas também para diversas outras atividades econômicas e ao meio ambiente. A magnitude da erosão acelerada se relaciona às características do solo, às condições climáticas e ao uso e manejo dos recursos naturais.

O modelo agrícola predominante no país (baseado em uso de energia fóssil, de agroquímicos, na mecanização intensiva e que tem como principal preocupação a produtividade, em sua dimensão econômica) induz ao manejo inadequado do solo e promove a intensificação de processos erosivos pela exposição do solo ao sol e à chuva, com destruição de seus agregados, formação de camadas compactadas, decréscimo de permeabilidade e infiltração e, em consequência, aumento da erosão.

A evolução dessa questão pode ser exemplificada com o que aconteceu no Estado do Paraná, nos anos 70. O rápido crescimento da agricultura trouxe também o aumento da erosão. Para controlar o problema programas estaduais passaram, então, a incentivar a construção de terraços, geralmente comunitários. No entanto, o problema principal de degradação das terras naquele momento era a compactação do solo causada pelo uso intensivo, por dezenas de anos, de grades aradoras. Embora o tamanho dos terraços tenha aumentado, chegando a barreiras gigantes chamadas “murunduns” bastante eficazes em barrar o escoamento de água sobre a superfície do terreno, não se resolveu definitivamente o problema, porque os terraços não têm efeito sobre a compactação do solo. Apenas quando os produtores se voltaram para técnicas que visavam eliminar a compactação, o processo de erosão diminuiu, permitindo a melhoria da produção e a obtenção de maiores lucros (Castro Filho et al., 2001).

Desde essa época, especialmente nas regiões Sudeste e Sul do Brasil, ações regionalizadas de manejo integrado em bacias hidrográficas vem sendo gradativamente implantadas com sucesso. Ressaltando-se que tais ações foram bem sucedidas somente quando se verificou o envolvimento efetivo de poder público, setor produtivo e, enfim, da sociedade em geral. O uso de sistemas conservacionistas baseados em Plantio Direto, nos anos noventa, expandiu-se numa escala territorial mais ampla trazendo grandes mudanças no controle dos processos erosivos e na sustentabilidade da atividade agrícola, permitindo antever

perspectivas menos pessimistas ao desenvolvimento do agronegócio brasileiro em sua dimensão ambiental.

### *Tipos de Erosão*

A erosão pode ser causada pela água (hídrica), vento (eólica) ou pela combinação desses agentes. No Brasil a erosão hídrica é a mais importante.

As principais formas de expressão da erosão hídrica nas áreas agrícolas são a laminar, em sulcos e em voçorocas (Bertoni & Lombardi Neto, 1990). A laminar se caracteriza pela remoção de camadas delgadas do solo em toda uma área. Na erosão em sulcos, a enxurrada concentrada atinge volume e velocidade suficientes para formar canais de diferentes dimensões. A associação de grande volume de enxurrada e situações específicas de terreno, relativas tanto à pedologia e quanto à litologia, promovem o deslocamento de grandes massas de solo e a formação de cavidades de grande extensão e profundidade denominadas voçorocas. Existem outras formas de erosão, como solapamentos, deslocamentos ou escorregamentos de massas, que são mais características de áreas declivosas e/ou solos arenosos em condições particulares.

### *Os processos associados à erosão hídrica*

A erosão hídrica é caracterizada por processos que se dão em três fases: desagregação, transporte e deposição. A precipitação que atinge a superfície do solo inicialmente provoca o umedecimento dos agregados, reduzindo suas forças coesivas. Com a continuidade da chuva e o impacto das gotas, os agregados são desintegrados em partículas menores. A quantidade de agregados desintegrados cresce com o aumento da energia cinética da precipitação, que é função da intensidade, da velocidade e do tamanho das gotas da chuva. O transporte propriamente dito do solo somente começa a partir do momento em que a intensidade da precipitação excede a taxa de infiltração. Esta por sua vez, tende a decrescer com o tempo, tanto pelo umedecimento do solo como pelo efeito decorrente do selamento superficial. Uma vez estabelecido o escoamento, a enxurrada se move morro abaixo, podendo concentrar-se em pequenas depressões, mas sempre ganhará velocidade à medida que o volume da suspensão e a declividade do terreno aumentarem. Com isto a sua capacidade de gerar atrito e desagregação se amplia à medida que a enxurrada se movimentar. A deposição ocorre quando a carga de sedimentos é maior do que a capacidade de transporte da enxurrada. (Nuernberg, 1998; Pruski, 2000).

### O manejo do solo e a erosão

A administração incorreta está entre os principais fatores determinantes de erosão e degradação do solo. Entre as práticas inadequadas, cita-se o desmatamento indiscriminado, o sobreuso da terra além da aptidão recomendada, a ausência de planejamento e práticas conservacionistas e, enfim, o preparo de solo inadequado.

O preparo intensivo do solo com grades de discos tem sido uma das principais causas da degradação das terras nos ambientes subtropicais e tropicais brasileiros. Seus efeitos são sentidos, principalmente, pela redução rápida dos teores de matéria orgânica e as suas conseqüências sobre a perda de capacidade produtiva do solo. A Figura 1 apresenta uma visão global dos efeitos do preparo do solo, notando-se que este é um dos principais fatores desencadeadores da erosão e esta é o ponto central de todo o processo que gera a perda

de qualidade ambiental. Com a contínua inadimplência e empobrecimento da população rural, verifica-se êxodo rural, crescimento de favelas e dos conflitos sociais, induzindo á insustentabilidade do modelo de agrícola.

### Efeitos socioeconômicos e ambientais decorrentes da erosão no mundo

Pimental et al., citado por Pruski (2000), estimaram que mais de um terço da camada superficial de áreas agrícolas cultivadas nos Estados Unidos foi perdido nos últimos 200 anos. O Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (USDA) estima que as perdas de solo pelas erosões eólica e hídrica sejam, em média, de aproximadamente  $14t\ ha^{-1}\ ano^{-1}$ , considerando toleráveis taxas entre  $9$  e  $11t\ ha^{-1}\ ano^{-1}$  (USDA, 1994). Lal (1994) salienta que as perdas de solo e nutrientes, asso-

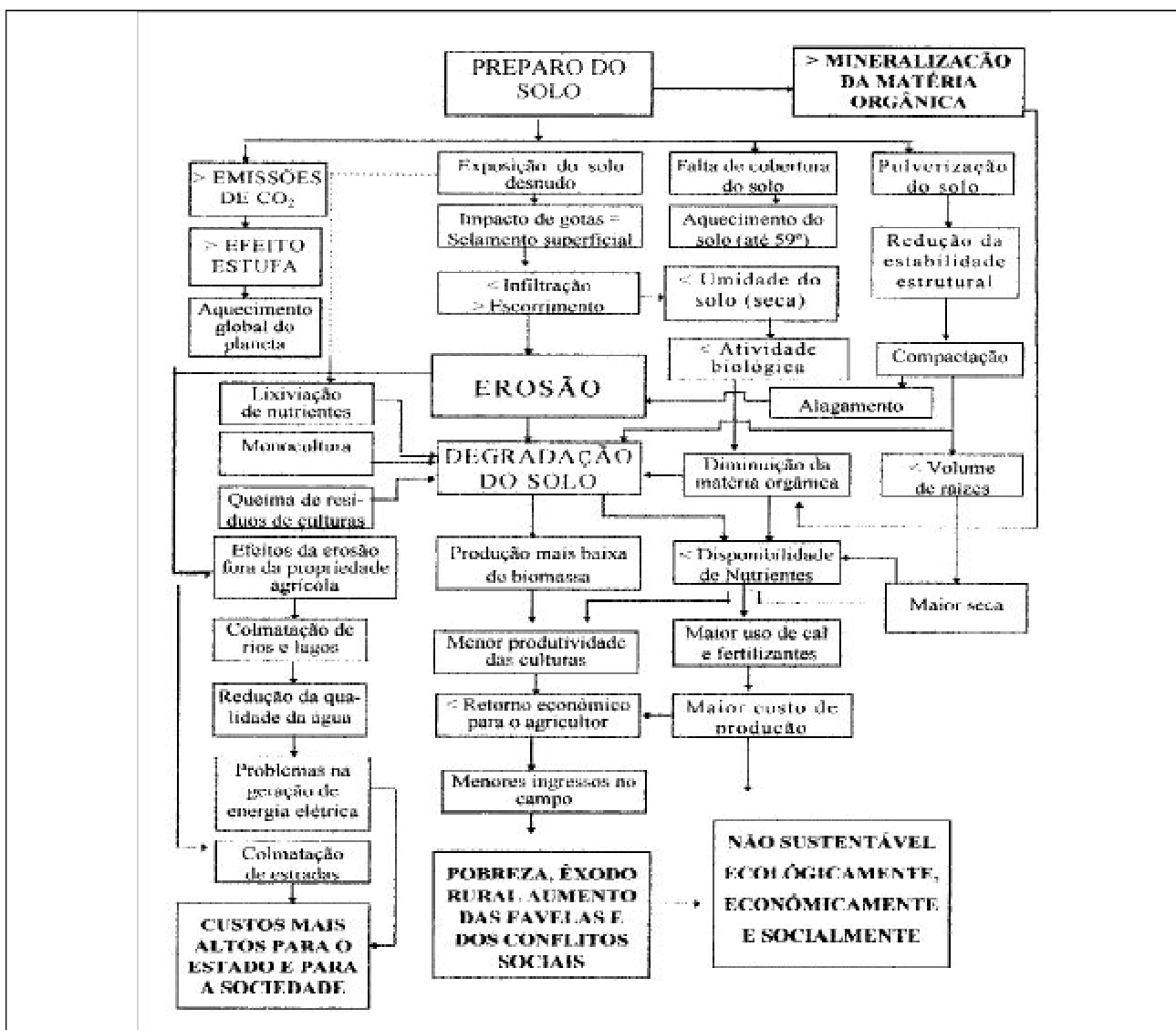


Figura 1. Degradação, perda de produtividade e conseqüências econômicas, sociais e ambientais resultantes do preparo do solo na agricultura tradicional (Adaptado de Derpsch, 1997).

ciadas a outros prejuízos decorrentes do assoreamento de rios, lagos e represas acarretam, somente nos Estados Unidos, prejuízos anuais estimados em US\$6 bilhões. Outras estimativas, como a realizada pelo Comitê sobre Necessidades e Oportunidades de Conservação (COMMITTEE ON CONSERVATION NEEDS AND OPPORTUNITIES, 1986), são ainda mais pessimistas, pois este considera que os danos causados pela erosão do solo nos Estados Unidos são da ordem de US\$ 10 bilhões ao ano.

Williams et al. (1999) salientaram que a maioria das terras agrícolas mundiais apresentava taxas de erosão ainda mais altas que aquelas observadas nas condições norte-americanas. Lal (1994) estimou que as áreas afetadas por erosão acelerada pela influência humana chegam a 12% na América do Norte, 18% na América do Sul, 19% na Oceania, 26% na Europa, 27% na África e 31% na Ásia.

### **Impactos das mudanças climáticas globais nas perdas de solo e de água**

Embora o panorama evidenciado na atualidade já caracterize a situação mundial como bastante preocupante e algumas medidas expressivas, como a inserção e expansão da área cultivada em plantio direto, estejam sendo tomadas no sentido de reduzir as perdas por erosão, diversas projeções indicam agravamento da situação em consequência das mudanças climáticas esperadas para o próximo século (Williams et al., 1996 e Williams, 2000). Esses incrementos nas taxas de ocorrência da erosão são esperados em virtude de uma série de fatores, incluindo, por exemplo, variações na produção de biomassa, na taxa de decomposição de resíduos, na atividade microbiana, na evapotranspiração e no selamento superficial do solo (Williams et al., 1996).

Estima-se que o efeito das mudanças climáticas globais no Meio Oeste dos Estados Unidos promova um acréscimo de 39% nas perdas de solo por volta do ano 2050, mesmo que os produtores rurais façam os necessários ajustes na adubação do solo a fim de manter a produção de biomassa e a produtividade constantes (Williams, 2000). Isso implica que o sistema convencional de manejo do solo embora possa vir a incorporar novas e avançadas tecnologias, como cultivares adaptadas a maiores temperaturas, não permitirá a diminuição ou mesmo a estabilização das perdas de solo nos agrossistemas.

Pruski & Nearing (2001) realizaram um estudo das variações potenciais no escoamento superficial e nas perdas de solo, considerando as mudanças climáticas esperadas durante o século XXI utilizando o HadCM3, que constitui a terceira geração dos Modelos

Climáticos Globais produzida pelo Hadley Center, da Inglaterra. Nesse caso, o escoamento superficial e as perdas de solo foram analisados utilizando o Water Erosion Prediction Project (WEPP) para milho e trigo em oito localidades dos Estados Unidos e para os tipos de solos mais freqüentemente encontrados nessas localidades. As variações estimadas para o período estudado (de 1990 a 2099), em relação àquelas estimadas para 1990, foram de -24,3 a 41,0% para o escoamento superficial e de -13,9 a 101,9% para as perdas de solo. As variações foram, normalmente, maiores para perdas de solo do que para escoamento superficial e, maiores para ambos do que para precipitação. Embora o aumento estimado nos níveis de CO<sub>2</sub> para o século XXI poderá contribuir para o aumento na produtividade das culturas e, conseqüentemente, para a produção de biomassa, por outro lado, o grande aumento esperado na temperatura deverá ter um efeito mais expressivo e tendendo a promover um decréscimo na produtividade, aumentando o escoamento superficial e as perdas de solo. Em Cookeville, onde o aumento esperado na precipitação foi significativo e superior a 90% (condição também esperada em 23,0% das células do HadCM3 localizadas nos Estados Unidos), o aumento no escoamento superficial teve significância maior que 93,5% e as perdas de solo foi maior que 99,5%. Para todas as outras condições em que foram evidenciados aumentos na precipitação (em 57,2% das células do HadCM3 localizadas nos Estados Unidos é esperado o aumento na precipitação) as perdas de solo também aumentaram. Mesmo em diversas condições em que decréscimos na precipitação são esperados, observou-se aumento nas perdas de solo em consequência do expressivo efeito que os acréscimos esperados na temperatura tiveram no decréscimo da produção de biomassa. Este decréscimo na produtividade sugere a necessidade de desenvolvimento de novas variedades, com melhor resposta aos aumentos de temperatura esperados. A tendência, entretanto, é de que estas novas variedades tenham área foliar e produção de biomassa menores, o que aumentará ainda mais as perdas de solo.

### **A situação atual da erosão do solo no Brasil**

A erosão hídrica constitui o principal problema relativo aos recursos naturais no Paraná, e apesar dos esforços já realizados para controlá-la, ainda alcança proporções alarmantes. Resultados de pesquisas indicam haver uma perda de 15 a 20t ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> de solo em áreas intensivamente mecanizadas (Paraná, 1994). Kronen, citado por Parchen & Bragagnolo (1991), salienta que uma perda média de solo equivalente a 20t ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> representa, no Paraná, uma perda anual de nutrientes



no valor de US\$ 250 milhões. Derpsch et al (1991) afirmaram que, em 1982, cerca de 12,5 milhões de toneladas de sedimentos foram depositados no reservatório de Itaipu. Destes, cerca de 4,8 milhões de toneladas são originários do Estado do Paraná. O valor total dos nutrientes mais importantes (nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio) existentes neste volume de solo foi considerado equivalente a US\$ 419 milhões por ano. A análise do teor de sedimentos, assim como de fósforo e nitrogênio na água no reservatório de Itaipu, caracterizou que as concentrações mais altas são encontradas durante o período de preparo do solo e plantio.

Pesquisas realizadas no Rio Grande do Sul mostram que, em termos médios, ocorre uma perda de mais de 40t ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> de terra em seis milhões de hectares de áreas cultivadas (Schmidt, 1989).

Na agricultura paulista, a erosão é também considerada um grave problema que vem comprometendo os recursos naturais e pondo em risco a rentabilidade das atividades agrícolas (Bertolini & Lombardi Neto, 1993). A perda anual devida à erosão é de aproximadamente 194 milhões de toneladas de terras férteis; destas 48,5 milhões de toneladas chegam aos mananciais em forma de sedimentos transportados, causando assoreamento e poluição. Estima-se, para este Estado, que as perdas de solo decorrentes da erosão correspondam a 10kg para cada kg de soja produzido e a 12kg para 1kg de algodão produzido; sendo que grande parte da área cultivada já perdeu de 10 a 15cm de solo fértil (Bertolini et al., 1993). Utilizando dados de perdas de solo destes autores e as perdas de nutrientes arrastados por erosão obtidos por Castro et al. (1986), Castro (1991) estimou que em todo o território paulista são perdidos anualmente cerca de 650.000t de corretivos e 850.000t de fertilizantes NPK. Estima-se também, que 80% da área cultivada neste Estado esteja sofrendo processo erosivo acima do tolerável.

Marques, citado por Bertoni & Lombardi Neto (1990), em 1949, enfatizava que o Brasil perdia, por erosão laminar, cerca de 500 milhões de toneladas de terra anualmente. Atualmente, em razão do uso intenso do solo e da ampliação da fronteira agrícola, as perdas de solo superam este valor e em diversos estados brasileiros a situação é muito grave. Citada por Bahia et al. (1992), a Federação das Associações dos Engenheiros Agrônomos do Brasil, no início da década de 90, relatava que no Brasil eram perdidas, em média, anualmente, 600 milhões de toneladas de solo agrícola devido à erosão e em consequência do mau uso do solo. A estas perdas de solo, associaram-se perdas de nutrientes da ordem de 1,5 bilhão de dólares. Estimativas feitas mais recentemente por profissionais ligados à conservação de solos projetaram prejuízos ainda maiores, da ordem de US\$ 4 bilhões por ano.

Além das partículas de solo em suspensão, o escoamento superficial transporta nutrientes, matéria orgânica, sementes e defensivos agrícolas que, além de causarem prejuízos à produção agropecuária, causam a poluição dos recursos hídricos. Assim, as perdas por erosão tendem a elevar os custos de produção, aumentando a necessidade do uso de corretivos e fertilizantes e reduzindo o rendimento operacional das máquinas agrícolas. A erosão causa também problemas à qualidade e disponibilidade de água, decorrentes da poluição e do assoreamento dos mananciais, favorecendo a ocorrência de enchentes no período chuvoso e aumentando a escassez de água no período de estiagem, elevando os custos de construção de barragens e de dragagem dos cursos e reservatórios d'água, reduzindo o potencial de geração de energia elétrica e causando prejuízos para o crescimento de espécies aquáticas.

No Brasil tem sido observada com grande frequência a ocorrência de chuvas capazes de provocar sérios prejuízos como quedas de barreiras nas estradas, deslizamentos de encostas nos morros, assoreamento de rios e enchentes, causando mortes e deixando várias famílias desabrigadas. O manejo adequado do solo e da água, buscando reduzir o escoamento superficial por meio do aumento da sua infiltração no solo, e conseqüente reabastecimento do lençol freático, representa uma prática fundamental para melhorar o aproveitamento das chuvas, minimizando os picos de vazão e reduzindo o déficit de água nos períodos de estiagem. O escoamento superficial constitui o principal meio de contaminação dos mananciais de água de superfície, devido ao arraste de sedimentos e produtos químicos. O transporte de produtos químicos pelo escoamento superficial pode ter efeito direto e imediato na deterioração da qualidade da água, ao passo que o transporte de material sólido pode ter um impacto a longo prazo sobre os recursos hídricos (Oliveira, 1999).

### ***Áreas Vulneráveis à Erosão no Brasil***

Em razão da ampliação da fronteira agrícola e do uso intensivo do solo, as perdas por erosão tenderam a se ampliar nas últimas décadas e, atualmente, em algumas regiões do país a situação já atingiu avançado estágio de degradação de difícil e custosa recuperação.

O resultado do cruzamento, através do SPRING-INPE, de informações relativas à pressão de uso das terras e a susceptibilidade à erosão dos solos está na Figura 2. Nesta figura, nota-se uma escala de vulnerabilidade ou criticidade onde as áreas mais críticas são as que associam grande pressão de uso a solos com alta suscetibilidade à erosão. Na região Norte, 98% das terras apresentam baixo grau de vulnerabilidade à erosão hídrica devido principalmente à pequena pressão de

uso. Na região Nordeste por causa das condições climáticas as áreas com baixa vulnerabilidade ocupam cerca de 82% do território dessa região. Embora apresente baixo nível de vulnerabilidade em 78% do total da sua área ocupada, a região Centro-Oeste apresenta áreas extremamente críticas relacionadas às bordas do Pantanal e às nascentes de rios importantes para as bacias do rio Amazonas e do Paraguai. A região Sul apresenta 40% de suas terras com elevado grau de vulnerabilidade indicando que solos de maior susceptibilidade à erosão estão sendo fortemente pressionados em seu uso. Em contrapartida, nessa região, desde os anos 80, cresce o uso de sistemas conservacionistas de manejo do solo baseados no Plantio Direto (mais de 70% da área cultivada com culturas anuais) e programas de manejo integrado em bacias hidrográficas, mudando essa criticidade para a perspectiva de uso intensivo como agricultura sustentável.

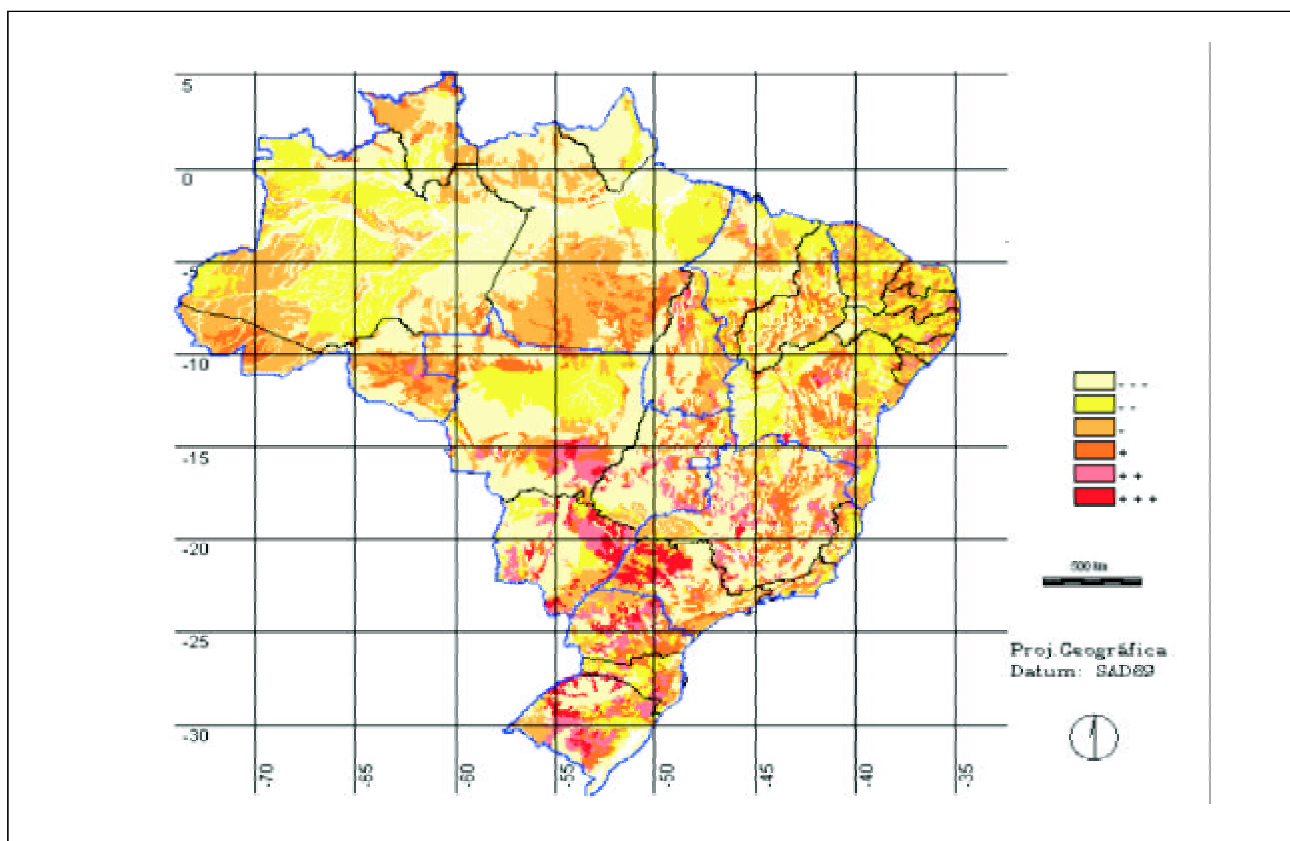
Em escala regional, fatores da Equação Universal de Perdas de Solo (USLE) podem ser usados individualmente para auxiliar a identificar áreas de riscos à degradação das terras e para encontrar possíveis formas de solucionar tais problemas (Castro Filho et al., 2001). Na Figura 3, tem-se um exemplo utilizando o fator erosividade “R”, que indica a capacidade das chuvas em provocar erosão na bacia do rio Paraná. Nota-se que à medida que se distancia do rio Parana-

ma, tanto em direção ao norte da região avaliada quanto em direção ao sul, a erosividade das chuvas aumenta gradativamente, identificando-se regiões de maior vulnerabilidade na região Centro-Sul do Estado de Goiás e no Sudoeste do Estado do Paraná. Por outro lado, a faixa que envolve aquele rio na direção leste-oeste apresenta os menores índices de erosividade de chuvas.

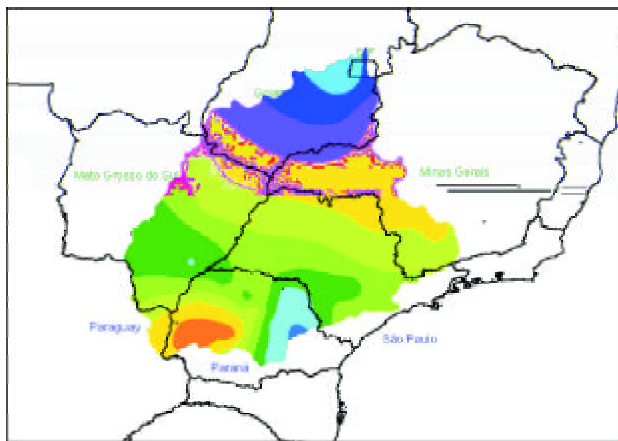
Em muitos casos, verifica-se que regiões de alta vulnerabilidade à erosão, agravada pelo uso intensivo de solos com alta suscetibilidade à erosão, nem sempre são áreas de alta erosividade de chuva.

### ***Impactos relativos à erosão hídrica no Brasil***

Os danos ambientais causados pelo processo da erosão do solo, segundo Marques (1998), podem ser enfocados sob duas formas: os internos (no âmbito da propriedade rural) e os externos à área de produção agrícola ou local de origem. Os custos referentes aos impactos externos são em geral maiores que os internos (normalmente envolvendo apenas a quantificação das perdas de nutrientes pela enxurrada). Entretanto, a valoração econômica dos danos causados pela erosão é bastante complicada, especialmente no Brasil, devido às dificuldades em definir e quantificar as formas e a extensão dos efeitos e impactos dos processos erosi-



**Figura 2.** Áreas vulneráveis à erosão resultantes do cruzamento entre a pressão de uso das terras e a susceptibilidade natural dos solos à erosão.



**Figura 3.** Fator erosividade da chuva (R) na bacia do rio Paraná, com a intensidade aumentando do azul para o verde e deste para o vermelho. (Castro Filho et al., 2001).

vos. Marques (1998) estimou o valor econômico dos danos ambientais baseando-se no conceito de valor de uso e nos métodos de mensuração do custo de reposição e produção sacrificada ou redução na produtividade. No entanto, esse autor ressalta a possibilidade de ter subestimado os impactos totais valorados para a bacia do rio Sapucaí, na divisa entre Minas Gerais e São Paulo, onde desenvolveu seu trabalho, visto que não considerou vários componentes como os valores de opção, de existência e outros.

Embora as estimativas do custo da erosão se baseiem quase sempre na perda de nutrientes, a camada superficial, onde ocorre o crescimento das raízes favorecido pela disponibilização de nutrientes e condições favoráveis de troca de gases e de água, tem um alto valor que deve ser estimado. Quando, por outro lado, efeitos indiretos como a retirada e deposição dos sedimentos em cursos d'água e reservatórios são considerados, o custo global torna-se astronômico, principalmente quando se avalia as perdas, a longo prazo, da capacidade produtiva e do custo de insumos, como combustível e adubos. Nesse caso, definitivamente, nenhuma erosão do solo é economicamente viável ou ao menos tolerável (Castro Filho et al., 2001).

Para estimar as perdas por erosão nas áreas com exploração agropecuária no Brasil, considerou-se, aqui, a área total ocupada com lavouras (anuais e perenes) e pastagens (naturais e plantadas) do censo de 1995/1996 (IBGE, 1996) e, admitiu-se como perda anual média de solo o valor de  $15,0t\ ha^{-1}$  para lavouras (valor baseado em sugestão de Bragagnolo & Pan, 2000 e, em De Maria, 1999) e de  $0,4t\ ha^{-1}$  para pastagens (valor baseado em citação de Bertoni & Lombardi Neto, 1990). As perdas médias de solo para lavouras estão bem próximas do valor médio obtido com base em dados citados por De Maria (1999), quando destes se excluíram os dados extremos. A média adotada para as pastagens

é justificada muito mais por uma quase ausência de informações sobre quantificação de perdas de solo por erosão em pastagens plantadas e pela inexistência desses valores para pastagens naturais.

Dessa forma, estimou-se em 822,7 milhões de toneladas as perdas totais anuais de solo em áreas de lavouras e pastagens no Brasil, sendo que 751,6 milhões são devido às áreas ocupadas com lavouras e que 71,1 milhões de toneladas provêm de terrenos cobertos com pastagens (Tabela 1).

Desse total, 247 milhões de toneladas de sedimentos por ano (ou 30% do total. Admite-se este percentual, mas o montante que chega aos mananciais depende de outros fatores que podem ocorrer numa microbacia, como o tamanho da área, o tipo de solo predominante, o sistema de manejo adotado etc; portanto este percentual pode ser considerado conservador) podem ser, finalmente, depositados em estradas, rios, represas etc, e gerariam efeitos fora das propriedades, acarretando prejuízos socioeconômicos e ambientais certamente de elevada magnitude.

Utilizando dados de perdas de solo determinados para diferentes culturas e em condições experimentais de solo e clima do Estado de São Paulo, e extrapolando tais valores pelas respectivas áreas cultivadas no Brasil, Vergara Filho (1994) estimou as perdas anuais médias de solo em 1,054 bilhões de toneladas, índice superior, portanto, aos relatados aqui.

Estabelecendo-se com base em De Maria (1999), que as perdas de água sejam de  $2,519m^3\ ha^{-1}\ ano^{-1}$  para as áreas de lavouras, valor obtido quando se extrapola os valores máximos citados por esse autor; admitindo-se que a perda média relativa às pastagens seja um décimo desse valor e extrapolando-se esses montantes médios para a área ocupada total (IBGE, 1996), obteve-se perdas anuais de água de 126,2 bilhões de  $m^3$  em áreas de lavouras e de 44,8 bilhões de  $m^3$  em áreas de pastagens, num total de 171 bilhões de  $m^3$ .

Considera-se que cerca de 30% desse montante não será retido nos terraços e nas áreas de captação das bacias e, portanto, não se infiltrará no solo e nem recomporá lençóis freáticos. Essa água embora possa atingir os mananciais e, sendo armazenada, venha eventualmente a gerar energia, promoverá assoreamentos e poluição desses corpos d'água e incrementos no custo do tratamento para consumo humano. Desta forma, por não suprir adequadamente os lençóis freáticos, as fontes e os rios vão minguando gradativamente, sendo esse um dos fatores que poderiam determinar impactos como a crise energética brasileira ocorrida em 2001.

Com o escoamento superficial, ocorre o transporte de nutrientes e matéria orgânica em suspensão, junto às partículas de solo ou de fertilizantes ainda não dissolvidos, ou em solução, que, além de causa-

**Tabela 1.** Estimativa de perda anual de solo e de água por erosão hídrica no Brasil em função do tipo de ocupação de solo.

Tipo de Ocupação	Área Ocupada <sup>(3)</sup> (ha)	Perda de Solo		Perda de Água	
		Média	Total	Média <sup>(4)</sup>	Total
		(t ha <sup>-1</sup> ano <sup>-1</sup> )	(ano <sup>-1</sup> )	(m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> ano <sup>-1</sup> )	(10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> ano <sup>-1</sup> )
Lavouras	50.104.483	15,0 <sup>(1)</sup>	751.567.248	2.519	126.213
Pastagens	177.700.471	0,4 <sup>(2)</sup>	71.080.189	252	44.781
Total	227.804.955	-	822.647.436	-	170.994

<sup>(1)</sup>Bragagnolo & Pan, 2000 <sup>(2)</sup>Bertoni & Lombardi Neto, 1990. <sup>(3)</sup>IBGE, 1996. <sup>(4)</sup>De Maria (1999)

rem prejuízos à produção agropecuária, causam a poluição dos recursos hídricos. Com base em Hernani et al. (1999) e nos dados acima descritos, estimou-se a perda anual de cálcio em 2,5 milhões de t, de magnésio em 186 mil t, de fósforo em 142 mil t, de potássio em 1,45 milhões de t e de matéria orgânica em 26 milhões de t (Tabela 2.). Admitindo-se perdas médias anuais por erosão hídrica em lavouras de 863 e 86 mil t, respectivamente para nitrogênio e enxofre (valores sugeridos em Malavolta, 1992) e que tais perdas nas áreas de pastagens sejam 50% menores, estimou-se em 2,4 milhões e 239 mil t por ano as perdas totais de nitrogênio e enxofre, respectivamente.

#### Estimativa dos custos internos à propriedade rural devido à erosão

Para valorar os custos internos às propriedades agrícolas, estimaram-se os custos relativos aos fertilizantes carreados pela erosão tanto em áreas de lavouras como

em pastagens, a partir dos resultados da Tabela 2. A estes foram acrescidos os valores de perda de produtividade e aumento de custos de produção para as culturas de soja, milho e trigo, verificados em sistema tradicional de manejo do solo (monocultura e preparo de solo com várias operações ao ano com grades de discos) em relação ao manejo da propriedade em plantio direto. Estes valores foram com base em produtividade média, extrapolados para a área total estimada cultivada em sistema tradicional com essas culturas. Dados relativos à produção animal não foram considerados.

Verifica-se dessa forma que a erosão gera perdas anuais correspondentes a 15,2 milhões de t de calcário dolomítico (23% de CaO) valorados em R\$563 milhões; 879 mil t de superfosfato triplo que valem R\$483 milhões e 3 milhões de t de cloreto de potássio valorados em R\$1,7 bilhões. A reposição das perdas de nitrogênio e enxofre, geram um custo de cerca de R\$3 bilhões, sendo 4,9 milhões de t de uréia a R\$2,58 bilhões

**Tabela 2.** Estimativa de perda anual de nutrientes e matéria orgânica (t ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>) por erosão hídrica em sistema convencional de manejo do solo no Brasil em função do tipo de ocupação de solo e total.

Tipo de Ocupação		Perda de nutrientes e de matéria orgânica						
		N <sup>(1)</sup>	P <sup>(2)</sup>	K <sup>(2)</sup>	Ca <sup>(2)</sup>	Mg <sup>(2)</sup>	S <sup>(1)</sup>	MO <sup>(2)</sup>
		Perda Média Anual (t ha <sup>-1</sup> )						
Lavoura	Solo	0,01726	0,000382	0,001794	0,015294	0,001147	0,00172	0,476471
	Água	—	0,001782	0,020200	0,024477	0,001806	—	—
Pastagem	Solo	0,00863	0,0000102	0,0000478	0,000408	0,0000306	0,00086	0,012706
	Água	—	0,000178	0,002021	0,002449	0,000181	—	—
		Perda Total Anual (t)						
Lavoura	Solo	863 000	19 157,6	89 893,34	766 303,9	57 472,79	86 000	23873 313
	Água	—	89 301,79	1012 087	1226 411	90 492,48	—	—
	<b>Total</b>	<b>863 000</b>	<b>108 459,4</b>	<b>1101 980</b>	<b>1992 715</b>	<b>147 965,3</b>	<b>86 000</b>	<b>23873 313</b>
Pastagem	Solo	1533 555	1 811,848	8 501,748	72 473,92	5 435,544	152 822,4	2257 841
	Água	—	31 684,33	359 089,1	435 131,5	32 106,79	—	—
	<b>Total</b>	<b>1533 555</b>	<b>33 496,18</b>	<b>367 590,8</b>	<b>507 605,4</b>	<b>37 542,33</b>	<b>152 822,4</b>	<b>2257 841</b>
<b>Total</b>		<b>2396 555</b>	<b>141 955,6</b>	<b>1469 571</b>	<b>2500 320</b>	<b>185 507,6</b>	<b>238 822,4</b>	<b>26131 154</b>

<sup>(1)</sup> As perdas se referem ao total (solo+água) para lavouras, adaptado de Malavolta (1992); admitiu-se as perdas em pastagem como sendo 50% das relatadas para a lavoura.

<sup>(2)</sup> Estimativas baseadas em Hernani et al. (1999), Bragagnolo & Pan (2000), De Maria (1999) e, Bertoni & Lombardi Neto (1990).

e cerca de 1 bilhão t de sulfato de amônio custando R\$430 milhões (Tabela 3). Portanto para reposição dos macronutrientes perdidos, gera-se um custo de R\$5,73 bilhões por ano. Soma-se a esses valores cerca de R\$871 milhões relativos ao adubo orgânico (cama de frango) necessário à reposição da matéria orgânica ao solo. Neste caso, fez-se abstração da quantidade que se perde (cerca de 50%) no processo de decomposição do material orgânico adicionado ao solo ao fazer essa reposição, da mesma forma que não se considerou as concentrações variáveis de nutrientes presentes neste adubo e no fertilizante superfosfato triplo. Estima-se que a erosão hídrica gere às propriedades, em média, prejuízo relativo às perdas de fertilizante, calcário e adubo orgânico, da ordem de R\$ 6,6 bilhões por ano. Para efeito deste trabalho, considerou-se a relação US\$1,0 = R\$2,5; portanto, os custos relativos aos fertilizantes carregados pela erosão no âmbito das propriedades agrícolas, excetuando-se os valores necessários à sua aplicação, são cerca de US\$2,64 bilhões.

Considerando, com base em Hernani et al. (1997) e em outros autores, que o sistema tradicional de manejo de solo proporciona rendimentos médios em torno de 17% menores do que sistemas mais conservacionistas como o plantio direto, tanto em soja, quanto em milho ou trigo. Estimando a produtividade média em 2.400, 5.400 e 1.480 kg/ha, respectivamente para a soja, o milho e o trigo, e que a área cultivada dessas culturas no sistema tradicional de manejo seja de cerca de 30% do total, de 70% e de 10%, respectivamente, e, multiplicando as diferenças devidas aos rendimentos menores por ha pela área cultivada correspondente e o resultado obtido pelo preço dos produtos na região de Dourados (soja: US\$9,0/sc de soja; US\$3,3/sc de milho; US\$8,2/sc de trigo; em fevereiro de 2002), pode-se estimar os efeitos da erosão sobre a queda da produtividade dessas culturas em cerca de 1,6 milhões de reais ou cerca de 638,6 mil dólares (US\$1,0 = R\$2,5).

Considerando que, comparativamente ao plantio direto, o sistema tradicional gera custos mais elevados de 6,9% em soja, 10% em milho e 5% em trigo (Melo Filho e Lemes, 2000 a, b, c) e extrapolando os

valores relativos a esses percentuais para as áreas estimadas em que o sistema tradicional é usado nessas culturas, tem-se um montante de R\$728 milhões (US\$291,2 mil) por ano relativos a custos mais elevados. Há que ressaltar que esses autores determinaram custos junto a agricultores e que não consideraram haver diferenças entre os dois sistemas de manejo comparados, tanto para produtividade quanto para a necessidade de adubação.

Neste sentido, somando os custos relativos à reposição de corretivos e fertilizantes (calculados para lavouras e para pastagens) aos valores referentes à menor produtividade e aos maiores custos de produção (calculados apenas para as lavouras anuais de soja, milho e trigo), tem-se que a erosão geraria um custo total anual no âmbito da propriedade rural de R\$ 7,33 bilhões, correspondentes a US\$2,93 bilhões.

A depreciação da terra que seria gerada pela erosão não foi aqui estimada. Isto porque ao se estimar os custos de fertilizantes necessários à reposição anual dos nutrientes e matéria orgânica perdidos por erosão, admitiu-se que haveria a recuperação da fertilidade do solo e, portanto, que a depreciação seria minimizada. Ressalta-se que outras perdas devidas à erosão na propriedade ainda podem se dar, mas estas não puderam ser valoradas.

#### Estimativa dos custos externos à propriedade rural devido à erosão

No Brasil, onde predomina o clima tropical justamente no período de implantação das culturas de verão, é freqüente a ocorrência de chuvas com alto potencial erosivo. Estas precipitações causam deslizamentos de encostas, enchentes, desabrigando centenas de famílias e causando mortes. A deposição de sedimentos diminui a capacidade armazenadora dos reservatórios, causa assoreamento de mananciais, aumenta custos com o tratamento de água potável e gera danos à ictiofauna.

Para estimar os custos externos à propriedade rural devido aos processos erosivos, tomou-se dados obtidos por diferentes autores.

**Tabela 3.** Estimativa<sup>(1)</sup> do custo adicional em fertilizantes em função da perda anual de nutrientes (N, P, K, Ca, Mg e S) e adubação orgânica por erosão hídrica no Brasil de acordo com o tipo ocupação de solo e total.

Tipo de Ocupação	Calcário dolomítico <sup>(2)</sup>		Uréia		Superfosfato triplo		Cloreto de potássio		Sulfato de amônio		Adubo orgânico <sup>(3)</sup>	
	10 <sup>3</sup> t	10 <sup>6</sup> R\$	10 <sup>3</sup> t	10 <sup>6</sup> R\$	10 <sup>3</sup> t	10 <sup>6</sup> R\$	10 <sup>3</sup> t	10 <sup>6</sup> R\$	10 <sup>3</sup> t	10 <sup>6</sup> R\$	10 <sup>3</sup> t	10 <sup>6</sup> R\$
Lavouras	12.123	449	1.784	928	672	369	2.289	1.260	391	155	26.526	796
Pastagens	3.088	114	3.170	1.648	207	114	763	419	695	275	2.509	75
<b>Total</b>	<b>15.211</b>	<b>563</b>	<b>4.954</b>	<b>2.576</b>	<b>879</b>	<b>483</b>	<b>3.052</b>	<b>1.679</b>	<b>1.086</b>	<b>430</b>	<b>29.035</b>	<b>871</b>

<sup>(1)</sup>Estimativa baseada em Hernani et al. (1999) e preços médios correntes de 2001 em Dourados, MS.

<sup>(2)</sup>Calcário Dolomítico, com 23% de CaO.

<sup>(3)</sup> Adubo orgânico: Cama de frango, com 90% de MO.

O incremento do custo do tratamento de água para consumo humano, devido à turbidez gerada pela erosão, foram estimados pelo Banco Mundial para o Estado do Paraná, como sendo de R\$10,67/10.000m<sup>3</sup> de água tratada. A mesma estimativa foi feita para o Estado de Santa Catarina por Bassi (1999), indicando um desperdício de 46% no custo de tratamento de água, o que representa um custo adicional de R\$ 6,37/10.000 m<sup>3</sup>. Nessa oportunidade, tomaram-se por base os dados de Bassi (1999), considerando que 60% da população brasileira é servida com água tratada, ou 102 milhões de pessoas, com um consumo médio diário de 40 l. Além disso, admitiu-se que desse total de pessoas cerca de 58% (aproximadamente 59 milhões de habitantes) vivem em áreas com mananciais superficiais não adequadamente protegidos mediante sistemas conservacionistas de manejo do solo. Neste sentido, estima-se que o consumo médio diário dessa população seja cerca de 2,4 bilhões de m<sup>3</sup> ou 861 bilhões de m<sup>3</sup>/ano, totalizando R\$124,3 milhões (US\$49,7 milhões) de custo adicional por ano (Tabela 4).

O custo de reposição de reservatórios em face da perda anual da sua capacidade de armazenamento foi estimada com base em Carvalho et al. (2000) que reporta uma perda anual de 0,5% da capacidade brasileira de armazenamento de água, ou 2 x 10<sup>9</sup>m<sup>3</sup>. Essa reposição, segundo esses autores, representa um custo de R\$ 1,75 bilhões ou R\$0,875/m<sup>3</sup>. Considerando a perda de solo calculada (822 milhões de t), com uma densidade de 1,1t m<sup>-3</sup>, tem-se um volume de 747 milhões de m<sup>3</sup> e, considerando ainda que 30% deste montante chegaria aos mananciais, ou seja, 224,1 milhões de m<sup>3</sup>, tem-se que a erosão estaria gerando um custo de reposição de reservatórios de cerca de R\$196 milhões por ano (Tabela 4). Portanto, o efeito da erosão estaria gerando um custo adicional de reposição de reservatórios de água relativamente pequeno se comparado ao total relatado por Carvalho et al. (2000).

O custo de manutenção de estradas pela ausência de medidas de conservação (terraceamento, planejamento e locação de estradas, sistemas conservacionistas de manejo do solo, etc.) foi baseado nas determinações de Bragagnolo et al. (1997). Estes autores estimaram que na ausência de adequado manejo conservacionista no âmbito de uma bacia hidrográfica, há um incremento de 50% no custo anual de manutenção das estradas, estimado em R\$2.375,00/km/ano (US\$950,00/km/ano). Considerando a existência de 1,27 milhões de km de estradas de terra (fonte: DNER, citado por Landers et al., 2001), estima-se um gasto de R\$1.508 milhões. Dessas estradas, 22% estão em áreas com culturas anuais, portanto, implicando em um custo adicional de R\$332 milhões por parte dos governos municipais e estaduais (Tabela 4). Ressalta-se assim a grande influência de estradas rurais e de áreas

periurbanas - principalmente loteamentos ou ocupações de populações de baixa renda, no impacto provocado pela erosão devido terem sido mal executadas ou estarem com inadequada conservação (Bertolini & Lombardi Neto, 1993).

Um dos custos indiretos das perdas de água por erosão se refere à redução na recarga de aquíferos, importante para a manutenção de reservatórios (Freitas et al., 2001). Estima-se, conforme Tabela 1, que do total da água que as áreas de lavouras e pastagens (171 bilhões de m<sup>3</sup>) perdem por erosão em todo o Brasil anualmente, cerca de 30% não se infiltra no solo, ou seja, 51,3 bilhões de m<sup>3</sup>. Landers et al. (2001) adotaram um custo de R\$0,025 por m<sup>3</sup> da água da chuva que não recarrega os aquíferos. Com base nesse valor verifica-se, portanto, que a redução na recarga de aquíferos gera um custo adicional de R\$1,28 bilhões por ano (Tabela 4).

O consumo de combustíveis fósseis para os trabalhos de preparo do solo e cultivo mecânico, típicos dos sistemas tradicionais de manejo do solo, é também relevante. O gasto desnecessário de combustíveis apresentado por sistemas tradicionais de manejo de solo, quando comparado a sistemas conservacionistas, tem sido mostrado por vários autores. Custos adicionais de 66% foram indicadas por Derpsch et al. (1991) para o Estado do Paraná. Nos cerrados, Gentil et al. (1993) indicaram aumentos relativos de 64 e 74% respectivamente para propriedades de 500 e 2.000ha. Dados reportados por Landers et al. (2001) indicam um desperdício de 31,0 l ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> de óleo diesel para as áreas de lavoura (considerando 1 cultura anual/ano, ou 38 milhões de ha). Isto implica em um consumo adicional de 1,18 10<sup>9</sup> l de óleo diesel, com um valor de R\$1,3 bilhões (R\$1,10/l óleo diesel). Nesse cálculo, não se considerou o desperdício que este montante gera em termos de importação de petróleo e nos efeitos na balança de pagamentos do país.

Por outro lado, o consumo desnecessário de combustível fóssil significa produção desnecessária de gases de efeito estufa. Cálculos baseados em Landers et al. (2001), utilizando a gravidade específica do óleo diesel (0,84t m<sup>-3</sup>) e um conteúdo de carbono com base em peso de 16%, estimou-se uma emissão de 158.600tC (0,99 10<sup>6</sup>t óleo), com valor estimado de R\$ 1,19 milhões (valor unitário de R\$7,50 ou US\$3,00/tC).

Nas áreas irrigadas por aspersão, presente na maioria das áreas sob culturas anuais e culturas perenes como o café, a falta de cobertura do solo aumenta perdas de água por evaporação e por erosão. Stone & Moreira (1998) estimaram, para a cultura de feijão, uma perda por evaporação de 40% da água aplicada, o que implica em menor disponibilidade de água para outros usos (valor de oportunidade do uso de água) e o maior consumo de energia elétrica. Considerando

uma lâmina média anual de 800mm em uma ou duas culturas/ano, aplicada em 1,1 milhões de ha irrigados em todo o país, tem-se um consumo de 8,8 bilhões de m<sup>3</sup>, implicando em um desperdício de 3,5 bilhões de m<sup>3</sup>. Admitindo-se que em 2001, 50% da área da área total irrigada foi conduzida em sistema convencional de manejo de solo, então o desperdício é de 1,75 bilhões de m<sup>3</sup> por ano. Considerando o custo de bombeamento de R\$0,03/m<sup>3</sup>, ou, de R\$115,50/ha irrigado, tem-se que esse desperdício implica, para os irrigantes, gasto adicional de R\$52,5 milhões por ano (Tabela 4). A necessidade de maior volume de água representa uma menor disponibilidade para outros usos, incluindo a disponibilidade de água para irrigação de 218 mil ha. Da mesma forma que, a utilização de maior quantidade de energia elétrica implica em menor disponibilidade para outros fins ou maior demanda por energia.

Somando os valores acima, tem-se que os custos externos à propriedade devidos aos processos erosivos somam anualmente cerca de 1,3 bilhões de dólares (Tabela 4). Os resultados assim obtidos estão provavelmente bastante subestimados visto que há uma extensa relação de efeitos externos deletérios provocados pela erosão que aqui não foram considerados.

Considerando os custos internos e os externos à propriedade agrícola, estima-se que a erosão promoveria R\$10,6 bilhões ou US\$ 4,2 bilhões de prejuízos por ano ao país (Tabela 5). Diversos autores relatam que os custos externos são em geral superiores aos custos internos. Marques (1998), por exemplo, em seu estudo realizado na bacia do rio Sapucaí relata que os custos externos foram em torno de duas vezes superiores aos custos internos. Neste caso, entretanto, os custos dentro da propriedade foram cerca de duas vezes superiores aos custos externos. Isto pode ter ocorrido devido ao fato de a maioria dos autores não considerarem a necessidade da reposição de matéria orgânica ao solo e que o sistema tradicional gera produtividade menor e custo de produção maior que sistemas mais conservacionistas. Além disso, neste caso, no cálculo dos custos externos, uma série de fatores não foi valo-

**Tabela 5.** Resumo da estimativa de valoração dos impactos anuais da erosão dos solos no Brasil.

Impactos	Total (10 <sup>6</sup> R\$) (10 <sup>6</sup> US\$)	
Internos à propriedade	2,93	7,33
Externos à propriedade	1,31	3,29
<b>Total</b>	<b>4,24</b>	<b>10,59</b>

(US\$1,0 = R\$2,5)

rada. Cita-se como exemplo, as perdas de outros insumos, pois além das partículas de solo em suspensão, o escoamento superficial transporta sementes e defensivos agrícolas que, além de causarem prejuízos à produção agropecuária, causam poluição dos recursos hídricos. Essa poluição pode gerar problemas sanitários e aumentos nos custos sociais de saúde.

Embora seja uma estimativa muito preliminar, incompleta e conservadora, os valores aqui indicados são alarmantes. Apenas para se ter um parâmetro comparativo, os custos potenciais que a erosão esta gerando são equivalentes a 2,65 bilhões de cestas básicas por ano (R\$40,00/cesta básica). Nesse sentido, é inaceitável que um país que não tem recursos nem para as coisas mais fundamentais ao ser humano, possa conviver com esse custo ambiental que pode induzir um empobrecimento irreversível da qualidade de vida de todos os seus cidadãos e comprometer a segurança nacional.

### Perspectivas para o controle da erosão

Os valores aqui delineados embora sejam resultados de uma estimativa preliminar, são alarmantes e excessivos e ilustram a grandeza de um problema que embora tenha se agravado nas últimas três décadas, é tão antigo quanto o próprio país. E não é possível que no Brasil se continue a negligenciar os recursos naturais como tem sido feito.

A saída é incrementar a adoção de sistemas conservacionistas que permitam minimizar a erosão hí-

**Tabela 4.** Estimativa dos custos anuais externos à propriedade devidos à erosão dos solos no Brasil.

Impactos	Total (10 <sup>6</sup> R\$) (10 <sup>6</sup> US\$)	
Tratamento de água para consumo humano	124,3	49,7
Reposição de reservatórios	196,0	78,4
Manutenção de estradas	332,0	132,8
Recarga de aquíferos	1280,0	512,0
Consumo de combustíveis	1300,0	520,0
Gases de efeito estufa	1,2	0,5
Energia elétrica em áreas irrigadas	52,5	21,0
<b>Total</b>	<b>3286,0</b>	<b>1314,4</b>

(US\$1,0 = R\$2,5)



drica (como de resto todas as demais formas de degradação) e suas conseqüências e que, a longo prazo, melhorem o solo, a água e todo o ambiente.

Nos últimos anos a legislação ambiental tem sido ampliada e melhorada e, nas últimas décadas, programas de manejo integrado do solo em microbacias hidrográficas têm tido sucesso em alguns Estados. Haja vista os programas desenvolvidos no Paraná e em Santa Catarina que, tendo sempre a participação e o comprometimento de todos os setores da sociedade direta ou indiretamente envolvidos, resultaram em substanciais melhorias para a qualidade de todo o ambiente nas unidades geográficas onde foram implantados. Com participação efetiva de toda a sociedade, a filosofia desses programas poderá ser extrapolada com sucesso para outras regiões.

Além disso, a adoção do Sistema Plantio Direto (discutido em capítulo subsequente), um sistema de manejo de solo altamente conservacionista, tem crescido vertiginosamente durante a década de 90, atingindo cerca de 15 milhões de ha em todo o Brasil. Esse sistema tem auxiliado ou promovido diretamente, melhorias no solo, na água e na qualidade de vida dos produtores rurais, gerando ainda reflexos positivos na sociedade como um todo. Há que se promover o seu crescimento em todo o país aliado a um processo contínuo de pesquisa visando o seu desenvolvimento especialmente no Cerrado.

Associando-se uma adequada aplicação do moderno conjunto de leis brasileiras relativas ao meio ambiente, ao fortalecimento de programas de educação ambiental, ao fomento à adoção de técnicas de conservação de solo e água e ao comprometimento de produtores rurais e técnicos no desenvolvimento de programas conservacionistas, pode-se gradativamente reverter esse quadro de 500 anos de degradação do solo no Brasil.

## Referências Bibliográficas

- BAHIA, V. G.; CURTI, N.; CARMO, D. N. Fundamentos de erosão do solo (tipos, formas, mecanismos, fatores determinantes e controle). **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 176, n. 16, p. 25-31, 1992.
- BASSI, L. **Impactos sociais, econômicos e ambientais na microbacia hidrográfica do Lajeado São José, Santa Catarina, Brasil**: estudo de caso. Relatório do Projeto Microbacias/BIRD, 1999. 1 v.
- BERTOLINI, D.; LOMBARDI NETO, F. **Manual técnico de manejo e conservação do solo e água**. Campinas: CATI, 1993a. v.1: Embasamento técnico do Programa Estadual de Microbacias Hidrográficas. (CATI. Manual Técnico, 38).
- BERTOLINI, D.; LOMBARDI NETO, F.; DRUGOWICH, M. I. **Programa Estadual de Microbacias Hidrográficas**. Campinas: CATI, 1993b. 15 p.
- BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo**. São Paulo: Ícone, 1990. 355 p.
- BLUM, W. E. H. Basic concepts: degradation, resilience, and rehabilitation. In: LAL, R.; BLUM, W. E. H.; VALENTINE, C.; STEWART, B. A. (Ed.) **Methods for assessment of soil degradation**. New York: CRC Press, 1998. p. 1-16.
- BRAGAGNOLO, N.; PAN, W.; THOMAS, J. C. **Solo**: uma experiência em manejo e conservação. Curitiba: N. Bragagnolo, 1997. 102 p.
- BRAGAGNOLO, N.; PAN, W. A Experiência de programas de manejo e conservação dos recursos naturais em microbacias hidrográficas. In: MUÑOZ, H. R. (Org.) **Interfaces da gestão de recursos hídricos**: desafios da lei de águas de 1997. Brasília, DF: Secretaria de Recursos Hídricos, 2000. p.176-198.
- CARVALHO, N. O.; FILIZOLA JÚNIOR, N. P.; SANTOS, P. M. C.; LIMA, J. E. F. W. Ocorrência de reservatórios assoreados no país. In: GUIA de avaliação de assoreamento de reservatórios. ANEEL Dupligráfica Editora, 2000. p.13-18
- CASTRO FILHO, C.; COCHRANE, T. A.; NORTON, L. D., CAVIGLIONE, J. H.; JOHANSSON, L.P. Land degradation assessment: tools and techniques for measuring sediment load. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON LAND DEGRADATION AND MEETING OF THE IUSS SUBCOMMISSION C – SOIL AND WATER CONSERVATION, 3., 2001, Rio de Janeiro. **Proceedings...** Rio de Janeiro: Embrapa Solos: SBCS: IUSS, 2002. 1 CD ROM.
- CASTRO, O. M. de. Conservação do solo e qualidade dos sistemas produtivos. **O Agrônomo**, Campinas, v. 43, n. 2-3, 1991.
- CASTRO, O. M. de; LOMBARDI NETO, F.; QUAGGIO, J. A.; DE MARIA, I. C.; VIEIRA, S. R.; DECHEN, S. C. Perdas de nutrientes vegetais na sucessão soja/trigo em diferentes sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.10, p. 293-297, 1986.
- COMMITTEE ON CONSERVATION NEEDS AND OPPORTUNITIES. **Soil conservation**: assessing the national resource inventory. Washington, D.C.: National Academic, 1986.114 p.
- DE MARIA, J. C. Erosão e terraços em plantio direto. **Boletim Informativo da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 24, p. 17-21, 1999.
- DERPSCH, C. H.; ROTH, C. H.; SIDIRAS, N.; KÖPKE, U. **Controle da erosão no Paraná, Brasil**: sistemas de cobertura do solo, plantio direto e preparo conservacionista do solo. Eschborn: Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ); Londrina: IAPAR, 1991. 272 p.
- DERPSCH, R. Agricultura sustentável. In: SATURNINO, H. M.; LANDERS, J. N. **O meio Ambiente e o plantio direto**. Goiânia: APDC: FEBRAPDP, 1997. p. 29-48.
- FREITAS, P. L. de. Harmonia com a natureza. **Agroanalysis**, Rio de Janeiro, v. 22, n.2, p. 12-17, fev. 2002.
- FREITAS, P. L. de; MANZATTO, C. V.; COUTINHO, H. L. da C. A crise de energia e a degradação dos recursos naturais: solo, ar, água e biodiversidade. **Boletim Informativo da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 26, n. 4, p. 7-9, 2001.
- GENTIL, L. V.; GONÇALVES, A. L. D.; DA SILVA, K. B. **Comparação econômica, operacional e agrônoma entre o plantio direto e o convencional no cerrado brasileiro**. Brasília, DF: UnB, 1993. 21 p.
- GREGORICH, E. G.; CARTER, M. R. **Soil quality for crop production and ecosystem health**. Amsterdam: Elsevier, 1997. 448 p. (Developments in Soil Science, 25)
- HERNANI, L. C.; KURIHARA, C. H.; SILVA, W. M. Sistemas de manejo de solo e perdas de nutrientes e matéria orgânica por erosão. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 23, n.1, p.145-154, 1999.



- HERNANI, L. C.; SALTON, J. C.; FABRÍCIO, A. C.; DEDECEK, R.; ALVES JUNIOR, M. Perdas por erosão e rendimentos de soja e de trigo em diferentes sistemas de preparo de um latossolo roxo de Dourados (MS). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 21, n. 4, p. 667-676, 1997.
- IBGE (Rio de Janeiro, RJ). **Censo Agropecuário 1995-1996**. Rio de Janeiro, 1996. 199 p.
- ISRIC/UNEP. **World map of the status of human-induced soil degradation** (by L.R. Oldeman, R.T.A. Hakkeling and W.G.Sombroek). Global Assessment of Soil Degradation (GLASOD), 2nd revised edition. Wageningen, 1991.
- KELLEY, H.W. **Keeping the land alive: soil erosion: its causes and cures**. Rome: FAO, 1983. 79 p. (FAO. Soils Bulletin, 50).
- KOBIYAMA, M.; MINELLA, J. P. G.; FABRIS, R. Áreas degradadas e sua recuperação. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 22, n. 210, p. 10-17, 2001.
- KOBIYAMA, M.; USHIWATA, C. T.; BARCIK, C. **Recuperação de áreas degradadas: conceito, um exemplo e uma sugestão**. Rio de Janeiro: Saneamento e Progresso, 1993. p. 95-102
- LAL, R. **Soil erosion: research methods**. Ankeny: Soil and Water Conservation Society, 1994. 340 p.
- LANDERS, J. N.; BARROS, G. S.; ROCHA, M. T.; MANFRINATO, W. A.; WEISS, J. Environmental impacts of zero tillage in Brazil: a first approximation. In: CONGRESS ON CONSERVATION AGRICULTURE. [Proceedings...] Madrid: FAO-Ecaf, 2001. v. 1, p. 317-326.
- LEPSCH, I. F.; BELLINAZZI JR., R.; BERTOLINI, D.; ESPINDOLA, C.R. **Manual para levantamento utilitário do meio físico e classificação de terras no sistema de capacidade de uso**. Campinas: SBCS, 1991. 175 p.
- MALAVOLTA, E. Fertilizantes, corretivos e produtividade: mitos e fatos. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 20., 1992, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: SBCS, 1992. p. 89-153.
- MARQUES, J. F. Custos da erosão do solo em razão dos seus efeitos internos e externos à área de produção agrícola. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, Brasília, DF, v. 36, p. 61-79, 1998.
- MELO FILHO, G.; LEMES, M. M. R. **Estimativa do custo de produção de trigo no SPD, safra 2000, em Mato Grosso do Sul**. Dourados: Embrapa Pecuária Oeste, 2000a. (Embrapa Pecuária Oeste. Comunicado Técnico, 13)
- MELO FILHO, G.; LEMES, M. M. R. **Estimativa do custo de produção de soja, safra 2000-2001, em Mato Grosso do Sul**. Dourados: Embrapa Pecuária Oeste, 2000b. (Embrapa Pecuária Oeste. Comunicado Técnico, 14) .
- MELO FILHO, G.; LEMES, M.M.R. **Estimativa do custo de produção de milho, safra 2000-2001, em Mato Grosso do Sul**. Dourados: Embrapa Pecuária Oeste, 2000c. (Embrapa Pecuária Oeste. Comunicado Técnico, 15)
- NUERNBERG, N. J. **Conceitos e fundamentos do sistema plantio direto**. Lages: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo – Núcleo Regional Sul, 1998. 160 p.
- OLIVEIRA, L. F. C. **Modelo para transporte de solutos no solo e no escoamento superficial**. 1999. 171 f.. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.
- PARANÁ. Secretaria de Estado da Agricultura e do Abastecimento. **Manual técnico do subprograma de manejo e conservação do solo**. Curitiba: 1994. 306 p.
- PARCHEN, C. A. P., BRAGAGNOLO, N. **Erosão e conservação de solos no Paraná**. Curitiba: EMATER, 1991. 16 p.
- PRUSKI, F. F. Aplicação de modelos físico-matemáticos à engenharia de conservação de água e solo. In: OLIVEIRA, T. S.; ASSIS JUNIOR, R. N.; ROMERO, R. E.; SILVA, J. R. C. (Ed.) **Agricultura, sustentabilidade, e o semi-árido**. Fortaleza: Universidade Federal do Ceará; Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2000. p.231-296
- PRUSKI, F. F.; NEARING, M. A. Climate-induced changes in erosion during the 21st century for eight U.S. locations. **Journal of Soil and Water Conservation**, 2001. No prelo
- SCHMIDT, A. V. Terraceamento na região sul. In: SIMPÓSIO SOBRE TERRACEAMENTO AGRÍCOLA, 1988, Campinas. **Anais....** Campinas: Fundação Cargill, 1989. p. 23-25.
- STONE, L. F.; MOREIRA, J. A. A. A irrigação no plantio direto. **Direto no Cerrado**, Brasília, DF, v. 3, n. 8, 1998.
- USDA. **National resources inventory**. Washington, D.C.: USDA-Soil Conservation Service, 1994. 1 v.
- VERGARA FILHO, O. Estimativa econômica das perdas de solo provocadas pela erosão hídrica no Brasil. **Revista Geográfica Instituto Panamericano de Geografia e História**, n. 120, p. 41-58, 1994.
- WASSON, R. Detection and measurement of land degradation processes. In: LAND degradation: problems and policies. Melbourne: University of Cambridge, 1987. p. 49-69
- WILLIAMS A. **The costs of reducing soil erosion given global climate change: the case of Midwestern U.S. farm households**. 2000. 1v. Ph.D. Dissertation. Department of Agricultural Research, Purdue University.
- WILLIAMS A.; DOERING, O.; HABECK, M.; LOWENBERG-DEBOER, J.; PFEIFER, R.; RANDOLPH, J. C.; SOUTHWORTH, J.; MAZZOCCO, M.; NEARING, M. A. Global climate change: implications of extreme events for soil conservation strategies and crop production in the Midwestern United States. In: INTERNATIONAL SOIL CONSERVATION, 10., 1999, May 23 -28, 1999. **Proceedings...** West Lafayette. (in press).
- WILLIAMS, J.; NEARING, M. A.; NICKS, A.; SKIDMORE, E.; VALENTINE, C.; KING, K.; SAVABI, R. Using soil erosion models for global change studies. **Journal of Soil and Water Conservation**, Ankeny, v. 51, n. 5, p. 381-385, 1996.

# Fertilidade do Solo e Demanda por Nutrientes no Brasil

# 6

Capítulo

Alberto Carlos de Campos Bernardi  
Pedro Luiz O. de A. Machado  
Carlos Alberto Silva

## Introdução

A grande maioria dos solos do Brasil é ácida e pobre em nutrientes para o crescimento das principais culturas. Assim, a fertilidade natural dos solos é baixa e não há reservas de nutrientes suficientes para sustentar produtividades ótimas destas culturas. A agricultura moderna preconiza a aplicação de insumos, como fertilizantes e corretivos, para eliminar as limitações químicas dos solos e atender às exigências nutricionais das culturas.

Embora o Brasil venha atingindo recordes de produtividade de grãos, muitas culturas, principalmente aquelas que se constituem em produtos da cesta básica (milho, feijão, trigo, arroz e mandioca) ainda apresentam produtividades médias muito abaixo do chamado ponto de máximo rendimento econômico. Há disponibilidade de tecnologia gerada pela pesquisa agrônômica brasileira, mas, como exposto por Lopes e Guilherme (2001), deve-se investir em ações que permitam elevar as médias da produtividade das principais culturas. Baixa produtividade das culturas é o caminho mais curto para a abertura de novas áreas por meio do desmatamento. Será possível constatar neste capítulo que, no Brasil, há uma histórica falta de adubação do solo.

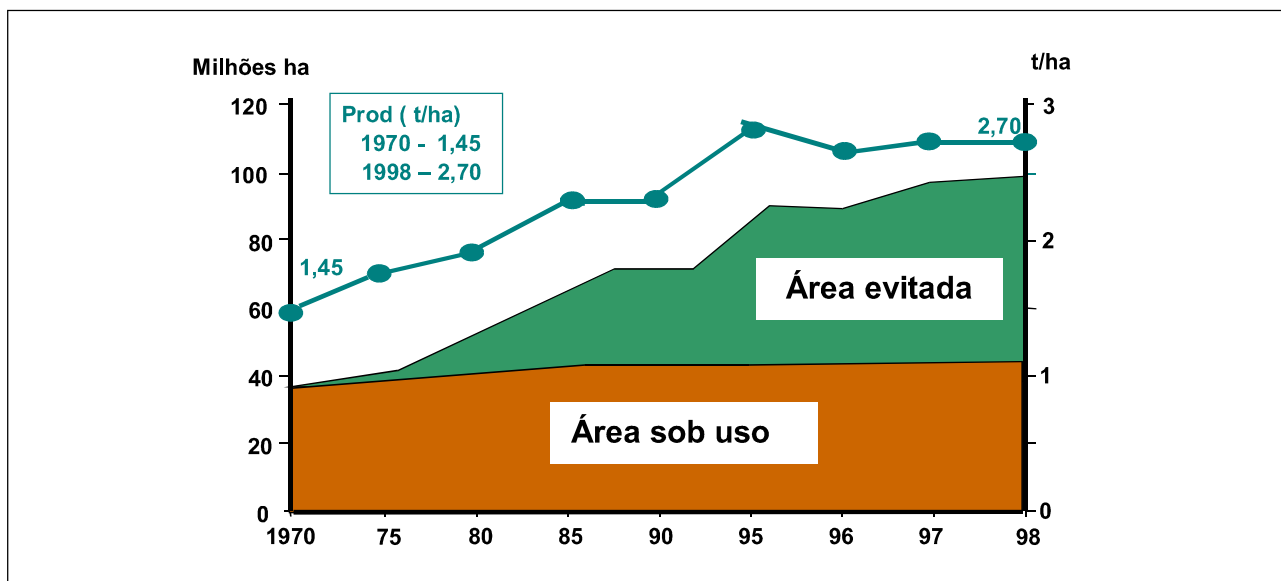
O fornecimento de nutrientes para as principais plantas cultivadas no Brasil é efetuado principalmente pela adubação mineral e orgânica. Ambos são importantes para o sucesso do empreendimento agrícola ou florestal. Até à década de 1950, a produção da agricultura brasileira dependia praticamente da fertilidade natural dos solos, que, na sua maioria é baixa pela alta acidez e presença de teores tóxicos de alumínio para as principais culturas. As práticas

modernas de adubação, introduzidas há mais de um século e baseadas no conceito químico de nutrição de plantas, contribuíram significativamente para o aumento na produção agrícola, resultando na melhor qualidade de alimentos, florestas e forrageiras. A melhoria da fertilidade dos solos resultando em níveis mais estáveis de produtividade das lavouras, assim como numa melhor resistência (induzida pela melhor nutrição vegetal) contra pragas e doenças podem ser considerados como benefícios paralelos da prática da adubação balanceada. A adubação combinada com o uso de variedades mais produtivas contribui para o aumento da produtividade e para os retornos econômicos aos agricultores, independentemente do tamanho da propriedade rural. O aumento na produtividade média das culturas no período de 1970-1998, resultou numa economia de cerca de 60 milhões de hectares (Figura 1).

Deste modo, o objetivo deste estudo foi o de elaborar um diagnóstico do balanço de nutrientes na agricultura brasileira atual e apresentar alternativas ecologicamente viáveis de fornecimento de nutrientes.

## Nutrientes exigidos pelas culturas

As plantas contêm praticamente todos os elementos químicos (92), mas necessita apenas 16 para o crescimento adequado. Treze são elementos nutritivos minerais essenciais comumente denominados de nutrientes. Eles são fornecidos pelo solo e pelo adubo mineral ou orgânico. Há alguns nutrientes como sódio, silício e cobalto que têm efeito benéfico para algumas culturas, mas não são essenciais (Box 1).



**Figura 1.** Economia de uso de área agrícola no Brasil no período de 1970-1998, em função do acréscimo da produtividade média das culturas (Lopes e Guilherme, 2001)

#### Box 1. Nutrientes essenciais e benéficos para as plantas

Nutrientes essenciais (13) exigidos para o crescimento (todos importantes):

- **Macronutrientes (6)**

- ❖ Macronutrientes primários (3), aplicados na forma de adubos para a quase totalidade das culturas na maioria dos solos

N = nitrogênio (absorvido na forma de  $\text{NO}_3^-$  ou  $\text{NH}_4^+$ )

P = fósforo (absorvido na forma de  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  etc)

K = potássio (absorvido na forma de  $\text{K}^+$ )

- ❖ Macronutrientes secundários (3), aplicados na forma de adubos para algumas culturas em alguns solos:

S = enxofre (absorvido na forma de  $\text{SO}_4^{2-}$ )

Ca = cálcio (absorvido na forma de  $\text{Ca}^{2+}$ )

Mg = magnésio (absorvido na forma de  $\text{Mg}^{2+}$ )

- **Micronutrientes (7)**

- ❖ Metais pesados (5)

Fe = Ferro

Mn = Manganês

Zn = Zinco

Cu = Cobre

Fe, Mn, Zn, Cu são absorvidos na forma de cátions bivalentes (ex.  $\text{Zn}^{2+}$ ) ou quelatos.

Mo = molibdênio absorvido na forma de molibdato ( $\text{MoO}_4^{2-}$ )

- ❖ Não-metais

Cl = cloreto, absorvido na forma de  $\text{Cl}^-$

B = boro absorvido na forma de  $\text{H}_2\text{BO}_3^-$

## Solos do Brasil e suas limitações

Conforme exposto no Capítulo 1, o território brasileiro é caracterizado por uma grande diversidade de tipos de solos condicionados pelas diferentes formas e tipos de relevo, clima, material de origem, vegetação e organismos associados. Existe uma grande predominância de Latossolos e Argissolos, os quais ocupam respectivamente 39 e 20% do território nacional.

As principais limitações físicas e químicas ao desenvolvimento da agropecuária na América Tropical, sua extensão e porcentagem de ocorrência foram apresentadas por Sanchez e Salinas (1981), e estão ilustradas na Tabela 1. Devido às dimensões continentais, estas limitações apresentadas, principalmente as relacionadas aos solos ácidos, são representativas dos solos do Brasil. Além dos problemas já citados, destacam-se ainda as baixas disponibilidades dos macronutrientes primários (N, P e K), secundários (Ca, Mg e S), e de micronutrientes (Zn e Cu). Existem também grandes extensões de solos ácidos com baixa CTC e alto poder de fixação de fósforo, assim como elevada acidez trocável ( $Al^{3+}$ ). Com relação às limitações físicas há, para o Brasil, problemas com o alto risco de erosão (ver Cap. 5).

## USO DE FERTILIZANTES

### Uso mundial

O consumo de fertilizantes no mundo tem sido sistematicamente avaliado por 3 organizações: IFA – Inter-

national Fertilizer Industry Association, IFDC – International Development Center e FAO – Food and Agriculture Organization of the United Nations. O levantamento mais recente (FAO, 1999), mostra que as culturas do trigo, arroz e milho consomem 50% do total de fertilizantes no mundo. Somados os consumos com pastagens, hortaliças, algodão, soja e cana-de-açúcar este valor fica próximo de 80%.

Os principais consumidores mundiais de fertilizantes estão na Tabela 2. Observa-se que o Brasil ocupa a 5ª posição. Além destes países destacam-se ainda Paquistão, Inglaterra, Espanha, Itália, México, Turquia, Japão, Rússia, Polônia, Tailândia, por apresentarem consumo acima de 1 milhão de toneladas de fertilizantes por ano. Estes resultados mostram que a maior parte do consumo de fertilizantes está em países situados no Sul e Leste da Ásia, América do Norte, e Europa ocidental.

Considerando a relação de consumo de N:  $P_2O_5$ :  $K_2O$ , observa-se que no Brasil ela é de 1:1,43:1,60. Já na China é de 8,4:3,2:1, EUA, 2,7:1:1,2; Índia, 8,5:2,5:1; e França, 2,4:1:1,4. Tem-se no Brasil um dos menores consumos proporcionais de fertilizantes nitrogenados, sendo um indicativo das baixas produtividades observadas no país. Esta relação de consumo é histórica, e segundo Yamada e Lopes (1999) é, em média, 1: 1,43: 1,55.

### Uso de adubos no Brasil

Como exposto anteriormente, os solos brasileiros são em geral ácidos, pobres em fósforo, cálcio, magnésio e com

Tabela 1. Extensão geográfica das maiores limitações na América tropical.

Limitações do solo	América tropical		Solos ácidos	
	1.000.000 ha	% total	1.000.000 ha	% total
Deficiência N	1332	89	969	93
Deficiência P	1217	82	1002	96
Deficiência K	799	54	799	77
Deficiência Ca	732	49	732	70
Deficiência Mg	731	49	739	70
Deficiência S	756	51	745	71
Deficiência Cu	310	21	310	30
Deficiência Zn	741	50	645	62
Alta fixação P	788	53	672	64
CTC efetiva baixa	620	41	577	55
Toxidez Al	756	51	756	72
Baixa disponibilidade de água	626	42	583	56
Alto risco erosão	543	36	304	29
Encharcamento	306	20	123	12
Compactação	169	11	169	16
Laterização	126	8	81	8
Estresse hídrico (> 3 meses)	634	42	299	29

**Tabela 2.** Área cultivada, proporção da área que recebe fertilizantes e o consumo total de fertilizantes dos principais países consumidores.

País	Área Cultivada (1.000 ha)	% área fertilizada			Taxa de aplicação			Consumo			
		N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	Total
		(% )			(kg ha <sup>-1</sup> )			(1.000 Mt)			
China <sup>(b)</sup>	157.132	98,0	80,2	49,4	108,9	57,6	43,3	18.816	7.255	2.248	28.319
EUA <sup>(d)</sup>	112.775	90,6	66,4	62,5	128,4	85,1	110,6	11.185	4.145	4.871	20.200
Índia <sup>(c)</sup>	173.739	83,0	83,0	83,0	108,6	31,4	8,4	9.823	2.898	1.156	13.876
França <sup>(d)</sup>	26.562	-	-	-	87,9	46,0	80,7	2.525	1.052	1.488	5.065
Brasil <sup>(d)</sup>	44.402	83,7	83,7	83,7	43,0	67,6	64,8	1.197	1.708	1.941	4.847
Alemanha <sup>(d)</sup>	15.993	-	-	-	98,2	37,6	67,3	1.758	415	646	2.819
Indonésia <sup>(a)</sup>	16.406	60,0	50,0	27,5	70,0	23,8	52,5	1.558	540	219	2.317
Canadá <sup>(a)</sup>	32.841	77,0	77,0	77,0	60,0	36,5	32,5	1.426	637	317	2.379

Ano dos dados levantados: <sup>(a)</sup>1993; <sup>(b)</sup> 1994; <sup>(c)</sup> 1995; e <sup>(d)</sup> 1996.  
Fonte: FAO (1999).

teores altos de alumínio. No entanto, aplica-se muito menos fertilizante e corretivo que o recomendado. Observa-se que apenas nas culturas da soja e cana-de-açúcar há uma utilização mais abrangente de fertilizantes, sendo que as taxas médias de adubação estão na faixa de 95 e 97%, respectivamente. As demais as taxas de fertilização não ultrapassam os 88% da área total (Tabela 03).

Os dados apresentados pela FAO (1999) mostraram que as culturas que mais utilizaram fertilizantes são soja (24%), milho (23%), cana-de-açúcar (21%), seguidas pelo café, arroz, feijão, trigo, laranja, batata e algodão. Essas 10 culturas consomem aproximadamente 94% dos fertilizantes do País (Tabelas 2 e 3). Os dados mostrados por Yamada e Lopes (1999) corroboram estas constatações.

Embora responsável por 75% do consumo total de fertilizantes (N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e K<sub>2</sub>O) na América Latina,

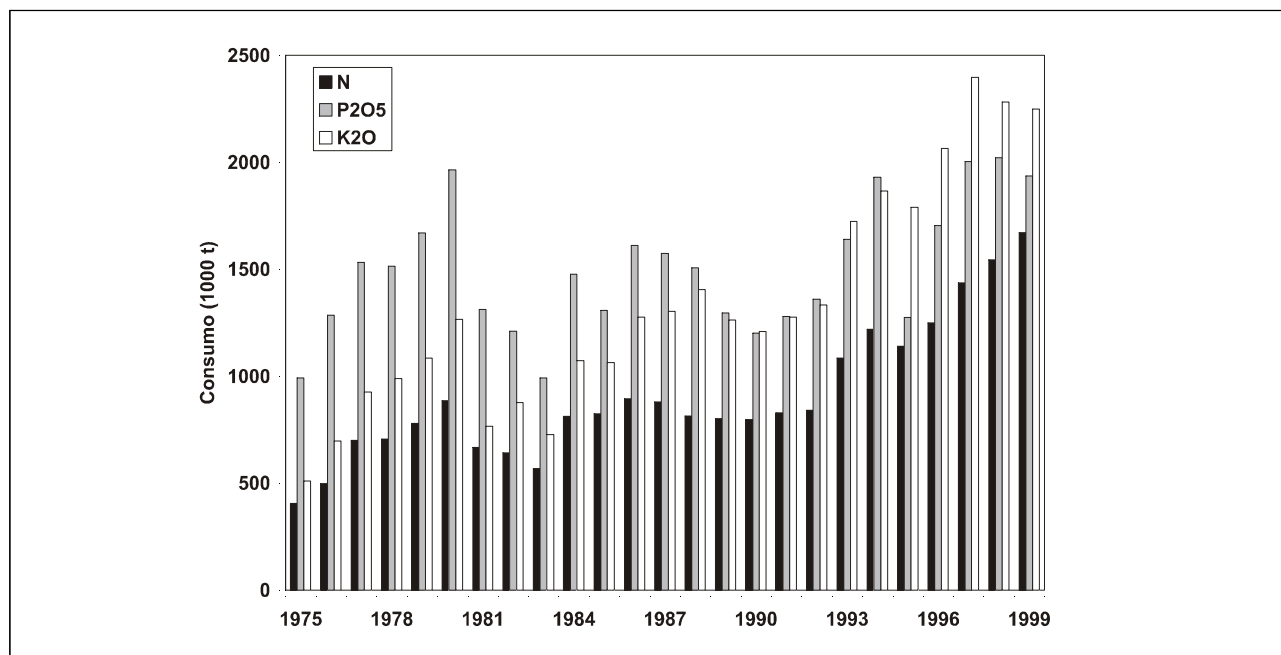
o Brasil ainda não ultrapassou o consumo de 5,0 milhões de toneladas anuais (período 1970 a 1989), sendo que entre 1989 e 1999 o consumo aumentou apenas 800 mil toneladas, atingindo 5,8 milhões de toneladas. O consumo de fertilizante nitrogenado, entre 1970 e 1989, foi de 0,5 a 0,9 milhão de toneladas por ano e entre 1989 e 1999 houve um aumento para cerca de 1,5 milhão toneladas por ano (Figura 2). As quedas no consumo se relacionam a problemas de crédito, frustração de safras e baixos preços dos produtos agrícolas, enquanto os aumentos envolvem geralmente relação de troca favorável entre fertilizantes e produtos agrícolas associados a safras satisfatórias quanto à produtividade.

A Tabela 4 mostra o consumo aparente de fertilizantes e matérias primas no Brasil no período de 1991 a 2000. A principal fonte de fertilizante nitroge-

**Tabela 3.** Área plantada das principais culturas no Brasil, porcentagem da área fertilizada, taxa de aplicação e utilização total de nutrientes, dados referentes a 1996.

Culturas	Área	% Área	Taxa de aplicação			Consumo			
	Cultivada	Fertilizada	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	Total
	1.000 ha		kg ha <sup>-1</sup>			1.000 Mt			
Milho	13.888	76	35	36	36	369,4	380,0	380,0	1.129,4
Soja	11.376	97	5	51	51	55,2	562,8	562,8	1.180,8
Feijão	4.939	68	11	21	12	36,9	70,5	40,3	147,7
Cana-de-açúcar	4.902	95	70	56	95	326,0	260,8	442,4	1.029,2
Arroz	3.605	76	30	46	27	82,2	126,0	74,0	282,2
Café	2.021	84	97	24	97	164,7	40,7	164,7	370,1
Trigo	1.837	83	8	41	41	12,2	62,5	62,5	137,2
Laranja	971	85	55	28	55	45,4	23,1	45,4	113,9
Algodão	682	85	26	49	49	15,1	28,4	28,4	71,9
Batata	181	88	93	324	185	14,8	51,6	29,5	95,9
Total	44.402	-	-	-	-	1.121,9	1.606,5	1.829,9	4.558,2

Fonte: FAO (1999).



**Figura 2.** Consumo de fertilizante N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e K<sub>2</sub>O no Brasil no período de 1975 a 1999.  
Fonte: FAO (1999).

**Tabela 4.** Consumo aparente de fertilizantes, nutrientes e matérias primas no Brasil no período de 1991 a 2000.

	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
<b>Fertilizantes (1000 t)</b>										
Sulfato de amônio	921	843	960	918	1.077	1.239	1.347	1.195	1.365	1.864
Uréia	868	942	1.298	1.278	1.284	1.407	1.672	1.570	2.155	2.250
Nitrato de amônio	199	213	216	270	327	374	423	396	346	711
Superfosfato simples	2.145	2.267	2.812	2.954	2.707	2.949	3.529	3.701	3.650	4.297
Superfosfato triplo	776	755	701	844	653	774	945	844	760	937
Fosfato mono-amônio (MAP)	553	583	975	1.060	1.058	1.210	1.496	1.519	1.616	2.045
Fosfato di-amônio (DAP)	123	110	128	157	91	76	80	63	35	175
Fosfato parcialmente acidulado	93	119	131	144	171	89	49	37	-	8
Cloreto de potássio	2.071	2.175	2.851	2.802	2.369	3.384	3.955	3.619	3.733	4.784
Outros	824	914	895	787	658	866	887	608	423	474
<b>Total</b>	<b>8.573</b>	<b>8.921</b>	<b>10.967</b>	<b>11.214</b>	<b>10.395</b>	<b>12.368</b>	<b>14.383</b>	<b>13.552</b>	<b>14.083</b>	<b>17.545</b>
<b>Matérias primas (1000 t)</b>										
Amônia	940	938	821	1.016	1.011	1.000	1.147	876	1.099	989
Ácido fosfórico	649	520	659	619	630	646	640	647	627	817
Ácido sulfúrico	2.452	2.066	2.221	2.631	2.776	2.397	3.026	3.161	3.070	3.543
Enxofre	1.021	843	887	1.133	1.167	1.172	1.229	1.208	1.349	1.335
<b>Total</b>	<b>5.062</b>	<b>4.367</b>	<b>4.588</b>	<b>5.399</b>	<b>5.584</b>	<b>5.215</b>	<b>6.042</b>	<b>5.892</b>	<b>6.145</b>	<b>6.684</b>

Fontes: IBGE; SECEX/MDIC; ANDA; SIACESP

nado utilizada é a uréia, apesar dos grandes problemas de perdas por volatilização quando aplicado em superfície ou sobre a palha, como no sistema plantio direto. Já o fertilizante fosfatado mais utilizado é superfosfato simples, sendo uma excelente fonte, além de fósforo, também de cálcio e enxofre. E a maior parte do fertilizante potássico é comercializada como

cloreto de potássio. Destaca-se ainda o consumo de fosfato monoamônio (MAP) e sulfato de amônio.

A partir da década de noventa, houve grandes investimentos na indústria de fertilizantes, que modificou uma situação em que a maior parte das matérias primas para fabricação de fertilizantes era importada. As produções nacionais das principais matérias pri-

mas estão na Tabela 4. A situação em 1996, de acordo com Yamada e Lopes (1999), era de que cerca de 47% da oferta de fertilizantes era suprida pela indústria nacional, e o restante suprido pela importação.

Para os micronutrientes não existem dados estatísticos disponíveis, como existem para os macronutrientes. Segundo Yamada e Lopes (1999), a estimativa do consumo total de produtos como fonte de micronutrientes foi de 150 mil toneladas por ano, com as concentrações médias de: 4 a 8% de boro, 2 a 6% de cobre, 8 a 15% de manganês e, 12 a 15% de zinco. Em termos de quantidades seriam: 9 mil t de boro, 6 mil t de cobre, 17 mil toneladas de manganês e, 20 mil toneladas de zinco.

Em função da acidez excessiva dos solos, deveriam ser aplicadas cerca de 75 milhões de toneladas anuais de calcário. Atualmente, são aplicadas cerca de 20 milhões de toneladas de calcário por ano (Tabela 5). Embora a capacidade instalada para mineração e processamento seja atualmente de 50 milhões de toneladas anuais, a quantidade aplicada permaneceu praticamente constante nos últimos anos (Yamada e Lopes, 1999). Portanto, a cada ano, cerca de 60 milhões de toneladas de calcário deixam de ser aplicadas, resultando em menor eficiência dos fertilizantes, menor produtividade das lavouras, menor renda para os agricultores, maior perda da capacidade produtiva dos solos e, conseqüentemente, pressão sobre os recursos naturais. Na Tabela 6 estão apresentados os Estados com os maiores consumos de corretivos, os quais têm as maiores áreas agrícolas e a agricultura é mais tecnificada.

Provavelmente nas regiões onde não se esteja utilizando calcário, ou que este uso esteja abaixo do

recomendado, deve estar havendo uma menor eficiência na ação dos fertilizantes. Isso ocorre, pois existe uma interação positiva da calagem com eficiência da adubação. Por exemplo, para uma melhor eficiência da adubação fosfatada, é imprescindível que antes se faça correção do solo. O efeito da calagem na melhoria da eficiência de utilização de P pelas culturas está associado à precipitação de alumínio e ferro liberando fosfato para ser absorvido pelas plantas (Pavan e Oliveira, 1997).

## EXTRAÇÃO DE NUTRIENTES

### Principais culturas

A produtividade média e os teores de macro e micronutrientes na parte colhida das principais culturas brasileiras (algodão, arroz, batata, cacau, cana-de-açúcar, café, laranja, eucalipto, feijão, mandioca, manga, melão, milho, soja, tomate e trigo) estão na Tabela 7. A partir destes dados, calculou-se as quantidades extraídas através da multiplicação da concentração de nutrientes na parte colhida pela respectiva produção brasileira. A partir do estabelecimento de produtividades ótimas, foi feita uma simulação das quantidades a extração de nutrientes para estas produtividades.

A Figura 3 mostra uma avaliação da quantidade de macronutrientes primários extraídos em 1999 pelas principais culturas brasileiras. Observa-se que o nitrogênio foi o nutriente mais extraído com 3.519 mil toneladas, seguido do potássio com 1.553 mil toneladas, equivalentes a 1.842 mil toneladas de  $K_2O$ , e do fósforo com 437 mil toneladas, equivalentes a 999,8 mil

Tabela 5. Produção e consumo aparente calcário no Brasil no período de 1991 a 2000.

	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
	1.000 t									
Produção	10.525	15.624	19.390	20.457	12.245	14.763	17.432	16.285	15.768	19.305
Consumo aparente	10.525	15.408	19.659	20.435	12.262	15.617	17.059	16.136	15.304	19.812

Fontes ANDA/ABRACAL

Tabela 6. Consumo aparente de calcário nos principais Estados (1.000t).

Estado	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
	1.000 t									
São Paulo	2.000	3.430	3.611	4.567	3.362	3.437	3.724	3.597	3.205	3.323
Mato Grosso	1.000	1.426	2.228	2.284	774	1.343	1.254	1.914	1.351	3.100
Minas Gerais	1.700	1.800	2.300	2.341	1.770	1.870	1.958	1.877	2.177	2.987
Goiás	800	1.762	1.940	2.330	1.180	2.350	1.644	1.591	1.990	2.550
Paraná	2.000	2.073	2.812	3.481	1.852	2.422	2.907	2.532	2.166	2.285
Rio Grande do Sul	1.175	2.818	3.696	3.122	1.392	1.799	2.319	2.103	1.871	2.004

Fontes ANDA/ABRACAL

**Tabela 7.** Produtividade atual e ótima e extração de nutrientes das principais culturas no Brasil.

Culturas	Produtividade		Macronutrientes					Micronutrientes						
	Atual	Ótima	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn	Mo
	t ou m <sup>3</sup>		kg por t					g por t						
Algodão	2,13	3,0	23,0	4,0	16,0	8,4	3,7	7,7	33,0	10,0	243,0	14,6	12,3	150
Arroz	3,09	4,5	12,0	3,0	3,0	1,0	1,0	0,7	4,4	6,3	60,9	25,2	40,9	160
Batata	16,35	35,0	3,0	0,3	4,0	0,2	0,2	0,2	2,0	2,0	20,0	20,0	4,0	1.000
Cacau	0,30	1,5	32,0	6,0	48,0	1,0	2,0	1,0	12,0	16,0	80,0	28,0	47,0	40
Café	1,48	3,6	18,0	1,2	27,0	3,4	1,4	1,5	25,0	16,5	105,0	25,0	39,3	6
Cana	68,51	120,0	1,2	0,2	1,1	0,1	0,2	0,2	2,0	1,8	25,0	12,0	5,0	20
Citros	12,14	50,0	2,2	0,2	1,8	0,5	0,1	0,1	2,2	1,2	6,6	2,8	0,9	8
Eucalipto	47,30		1,1	0,1	0,7	1,6	0,4	0,5	3,7	2,3	10,0	20,0	1,1	29
Feijão	0,69	3,0	35,0	3,5	14,7	3,1	2,6	3,7	70,0	10,0		17,0	30,0	1.000
Mandioca	13,20	30,0	3,0	0,3	3,0	0,6	0,3	0,1	1,8	0,8	24,0	1,6	4,6	-
Manga	27,28	50,0	1,3	0,2	1,6	-	-	0,2	0,9	1,3	3,6	3,5	1,4	4,40
Melão	12,95	30,0	2,0	0,5	2,4	-	-	-	8,8	22,0	45,2	28,3	10,9	-
Milho	2,62	8,0	20,0	4,0	5,5	0,1	1,8	1,7	1,5	8,0	40,0	8,0	40,0	1.000
Soja	2,37	3,5	60,6	5,2	18,7	1,9	2,2	3,2	30,0	15,0	100,0	20,0	42,5	3.000
Tomate	50,15	70,0	1,8	1,0	2,1	0,1	0,2	0,3	5,0	10,0	25,0	24,0	25,0	12
Trigo	1,95	3,0	22,5	4,5	13,5	1,0	3,0	1,3	133,0	0,0	40,0	30,0	0,1	-

Fontes: Barbosa Filho (1987); Burton (1989); Castlane et al. (1991); Haag et al. (1991a), Haag et al. (1991b), IBGE (1996), Malavolta (1986); Malavolta e Violante Neto (1989); Malavolta et al. (1997); Oliveira e Thung (1988); Nakagawa (1991); Raij et al. (1997); Yamada e Lopes (1999).

toneladas de  $P_2O_5$ . A relação  $N:P_2O_5:K_2O$  foi de 3,52:1,00:1,84. Quanto aos macronutrientes secundários, as extrações de cálcio, magnésio e enxofre foram respectivamente, 320, 275 e 304 mil toneladas. Dos micronutrientes, o ferro foi o mais extraído pelas plantas em 1999 (15.875t), seguido pelo manganês (7.437t), zinco (5.295t), boro (2.778t), cobre (1.794t) e molibdênio (142t).

Em termos regionais, no Sul, em 1999, as culturas proporcionaram as maiores quantidades de extração de nutrientes primários: 1297 mil toneladas de N, 377 mil toneladas de  $P_2O_5$  e 552 mil toneladas de  $K_2O$ , as quais respectivamente representaram 37, 38 e 30% do total do país. A segunda maior extração foi a da Região Sudeste com 792 mil toneladas de N; 238 mil toneladas de  $P_2O_5$  e, 612 mil toneladas de  $K_2O$ , que representaram respectivamente 23, 24 e 33% do total. Em seguida as extrações da região Centro-Oeste (25, 23 e 20% do total de N, de  $P_2O_5$  e  $K_2O$ ), Nordeste (8, 9 e 10% do total de N, de  $P_2O_5$  e  $K_2O$ ) e, Norte (2, 3 e 3% do total de N, de  $P_2O_5$  e  $K_2O$ ). No entanto, há uma inversão das quantidades extraídas dos macronutrientes secundários (Ca, Mg e S) e dos micronutrientes (B, Cu, Fe, Mn e Zn), na qual a ordem decrescente de extração por região é: Sudeste, Sul, Centro-Oeste, Nordeste e Norte (Figura 3). A extração de molibdênio não foi apresentada na Figura por ser de ordem muito inferior aos demais valores. Porém a ordem de extração de molibdênio por região é: Sul, Centro-Oeste, Sudeste, Nordeste e Nor-

te, com respectivamente 40, 28, 18, 6 e 1% do total de 142 toneladas extraídas.

Pela estimativa da extração de nutrientes para produtividades ótimas das principais plantas cultivadas no Brasil, listadas na Tabela 07, constata-se que os valores comparados aos anteriores (Figura 3A) praticamente dobram, subindo para 6.810 mil toneladas de N, de 2.095 mil toneladas de  $P_2O_5$  e 3.568 mil toneladas de  $K_2O$  (Figura 4).

### Situação das pastagens

Dos quase 178 milhões de hectares sob pastagem, cerca de 100 milhões são de pastagens plantadas ou cerca de 13% da área total do País. As principais forrageiras utilizadas são: braquiária (*Brachiaria decumbens*, *B. humidicola* e *B. brizantha*), colônio (*Panicum maximum*), andropogom (*Andropogon gayanus*), jaraguá (*Hyparrhenia rufa*) e pangola (*Digitaria decumbens*).

Na Região Amazônica, a maior parte das pastagens é estabelecida sem nenhuma adubação, estando a produtividade normalmente dependente dos resíduos das cinzas das queimadas. Nas outras regiões, geralmente a introdução ocorre após cultivo pioneiro de uma cultura anual, normalmente arroz ou outro cereal. Neste caso, a produtividade fica condicionada ao efeito residual do adubo químico aplicado para o cereal. Além dos problemas na implantação, outros também são observados no estabelecimento e condução destas pasta-



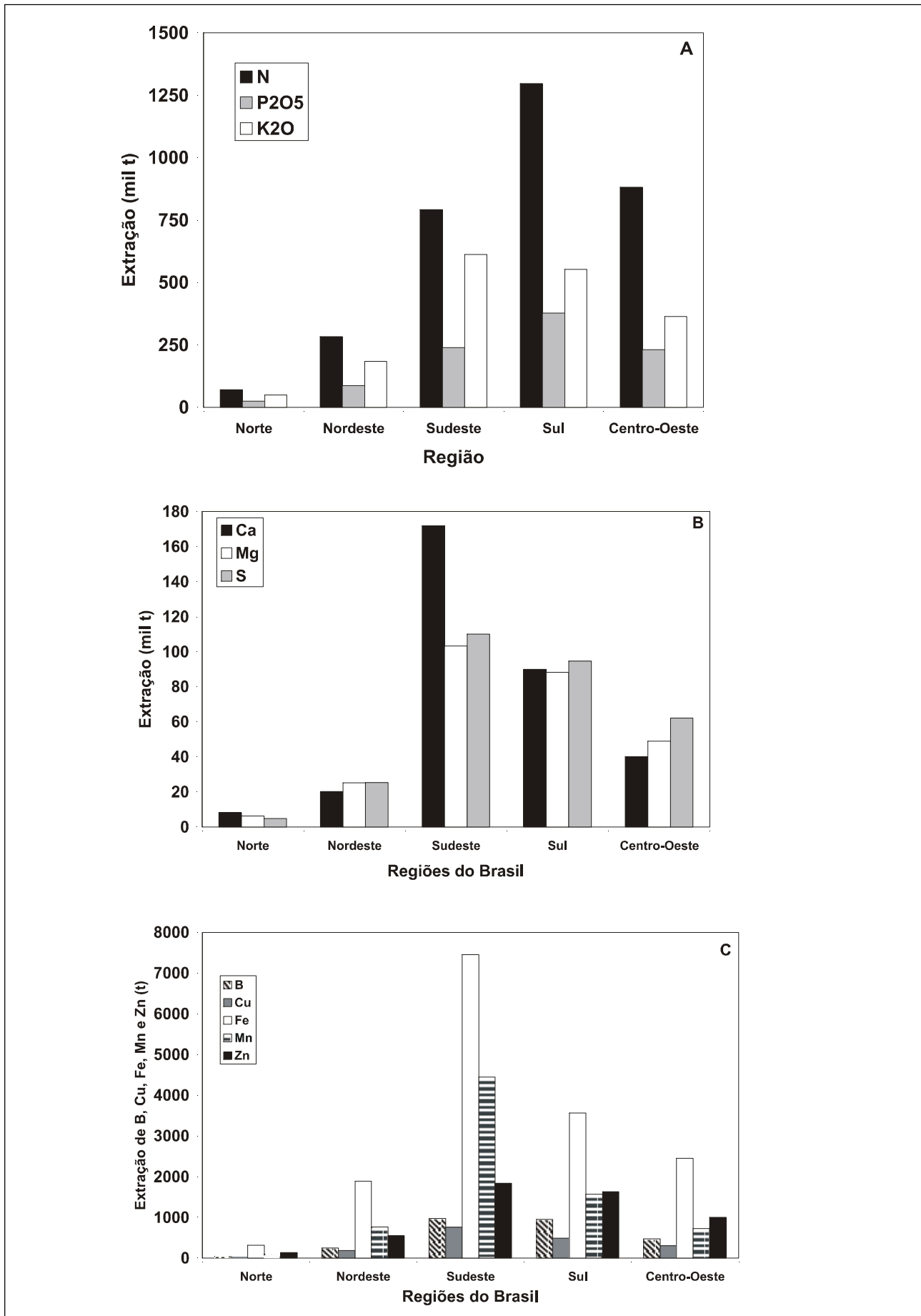


Figura 3. Extração de macronutrientes primários N, P e K (A), secundários Ca, Mg e S (B) e micronutrientes B, Cu, Fe, Mn e Zn (C).

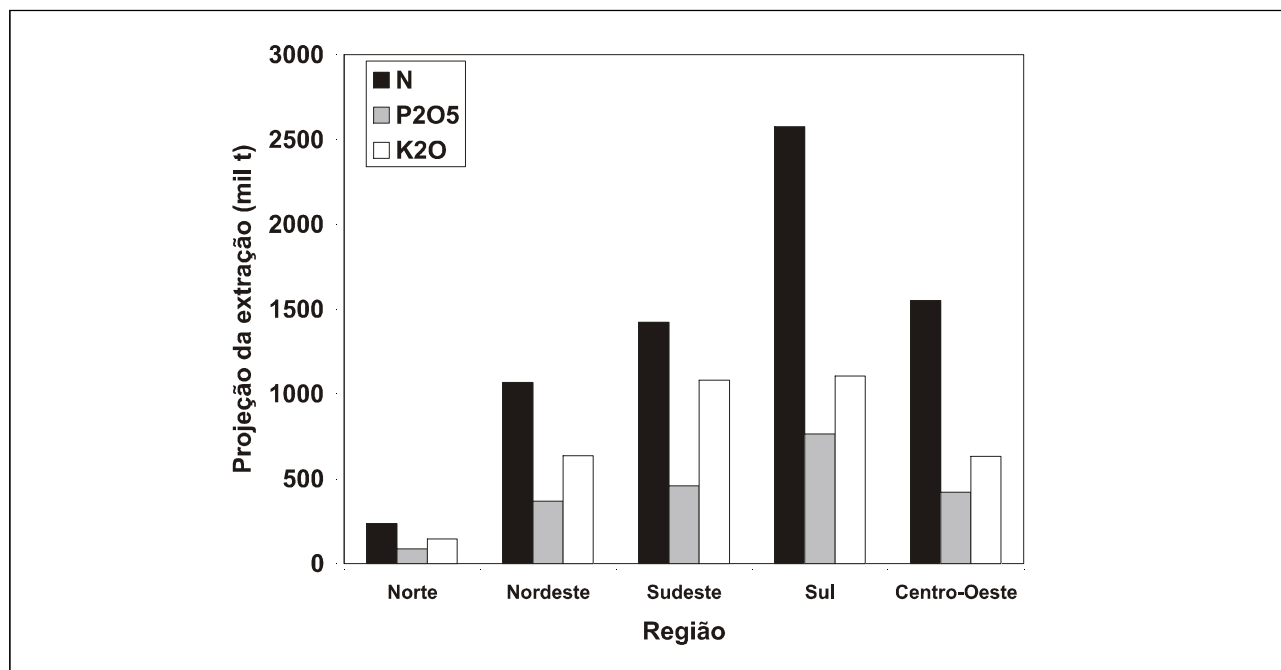


Figura 4. Projeção de extração dos macronutrientes N, P e K para produtividades ótimas.

gens, como o uso de solos exauridos por outras culturas ou pela erosão, a ausência da adubação (principalmente de fósforo e nitrogênio) e o sobrepastejo. Este modelo de exploração extrativista é uma das principais causas da degradação das pastagens e dos solos no Brasil. Nessas condições, as exigências das plantas forrageiras não são atendidas, a não ser após o curto período em que as cinzas das queimadas ou a decomposição da matéria orgânica, favorecida pelo preparo recente do solo, colocam em disponibilidade alguns nutrientes (Maraschin, 2000).

A remoção de nutrientes pelas forrageiras varia de 200 a 300kg de N, 30 a 60kg de P e 200 a 500kg de K por hectare. Já a remoção devida aos animais é muito baixa, pois numa pastagem de braquiária de alta produção com 2 a 4 cabeças por hectare, com ganho de peso diário de 1kg por ha, a exportação anual é de cerca de 9kg de N, 5kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e 0,84kg de K<sub>2</sub>O por hectare (Monteiro e Werner, 1994).

No Brasil, a adubação da pastagem nativa ou plantada é insignificante gerando índices zootécnicos pífios. Entretanto, os efeitos benéficos da adubação são observados já no primeiro ano após a aplicação, enquanto a reposição das perdas pode melhorar em muito a eficiência da adubação, uma vez que a reciclagem é muito alta em pastagens produtivas e de qualidade.

### Balanço de nutrientes

Os balanços para macronutrientes primários (N, P e K), representados pela diferença entre as entradas (*input*) e saídas (*output*) encontram-se na Tabela 8. Observa-se inicialmente que há um balanço negativo ape-

nas para o nutriente nitrogênio, sendo que para os demais a situação está praticamente equilibrada.

Refazendo o cálculo e descontando-se as 1.873 mil toneladas de nitrogênio extraídas pela cultura da soja, que no Brasil é cultivada sem fornecimento deste nutriente, ainda assim ter-se-ia um balanço negativo com um déficit 449 mil toneladas. Outro aspecto a se considerar seria a eficiência de utilização dos fertilizantes, que segundo dados da literatura são de 60% para o nitrogênio, 30% para o fósforo e de 70% para o potássio. Assim obter-se-ia uma nova realidade, mais voltada à situação prática do campo, com déficit de: 2.801 mil toneladas de nitrogênio (928 mil toneladas, descontando-se o nitrogênio da fixação biológica da soja); 488 mil toneladas de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e, 483 mil toneladas de K<sub>2</sub>O.

Tabela 8. Balanço de macronutrientes primários na agricultura brasileira.

	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	Total
	1.000 toneladas			
Entradas	1.197	1.708	1.941	4.847
Saídas	3.519	1.000	1.842	6.361
Balanço	-2.322	+ 708	+ 99	- 1.514

### Adubações Balanceadas e Meio Ambiente

A prática da adubação é um dos principais fatores para a obtenção de produtividades ótimas e qualidade adequada dos produtos agrícolas. A questão reside na possibilidade de obter-se altas produtividades com o mínimo de impacto no meio ambiente.

Resultados experimentais têm mostrado que a resposta está no fornecimento balanceado de nutrientes pela adubação como ponto chave para a redução do impacto ambiental dos adubos. Dentre as ferramentas à disposição a análise de solo talvez seja a mais facilmente acessível. Esta técnica permite avaliar a disponibilidade de nutrientes às culturas, e é atualmente a principal prática utilizada para a recomendação das doses de corretivos e adubos. Outro fator são as boas práticas de manejo visando o uso eficiente de adubos, as quais incluem a forma de aplicação do adubo e época adequada de fornecimento.

Como já foi mostrado, uso de adubos minerais (fertilizantes químicos) e orgânicos (adubação verde de inverno e verão e esterco) no país é ainda baixa, por isso ainda não causam problemas ao ambiente (contaminação de águas subterrâneas, por exemplo) como os registrados em países como Holanda e Alemanha. Os itens a seguir servem para destacar como o manejo integrado de nutrientes deve nortear a estratégia de adubação das culturas na busca do aumento da produtividade como da proteção ao meio ambiente para as gerações futuras (Gruhn et al., 2000).

### Fatores que interferem na eficiência do uso de nutrientes

Inicialmente a fertilidade do solo atendia às necessidades de produção na agricultura. Os esforços e conheci-

mentos eram basicamente dirigidos para os fatores que influenciam a disponibilidade dos elementos essenciais no solo, métodos de análise de solo e tecidos vegetais para avaliação dos teores destes elementos, as interações entre os nutrientes e o solo, ciclagem de nutrientes, métodos de aplicação de fertilizantes, e o desenvolvimento de técnicas de manejo de solo para otimização e o uso eficiente de nutrientes. Várias técnicas têm surgido nas últimas décadas com potencial para alterar significativamente o manejo da fertilidade do solo (Sims, 2000). Entendimentos mais profundos sobre os processos de difusão e fluxo de massa dos nutrientes na rizosfera foram obtidos nas décadas de 70 e 80 (Barber, 1984). No entanto, atualmente se sabe que cada planta tem uma influência diferenciada no ambiente radicular, indicando a necessidade de novos estudos sobre as interações do sistema solo-planta. A disponibilidade de nutrientes para as plantas é controlada por um complexo conjunto de fatores ligados às características dos vegetais e às condições do solo. Estes fatores foram listados por Baligar et al. (1990) e são apresentados no Box 2.

### Práticas visando o uso eficiente

Na busca pela otimização da utilização de insumos é necessário que inicialmente se alcance o aperfeiçoamento da eficiência na utilização desses insumos. Por

**Box 2.** Mecanismos e processos que contribuem para o uso eficiente de nutriente nas plantas.

Fatores da Planta	
<b>Efeitos ambientais</b>	<b>Fisiológicos</b>
Intensidade e qualidade da luz	Estado nutricional
Temperatura e umidade	Idade e taxa de crescimento
Efeitos do pH do solo	Relação raiz/parte aérea
<b>Geometria da raiz e pêlos radiculares</b>	Taxa de absorção de água
Número e comprimento	Taxa de efluxo de nutriente
Taxa de crescimento	Taxa de transporte de nutriente
Raio da raiz	Distribuição do nutriente na planta
<b>Rizosfera</b>	Eficiência de utilização
Solubilidade do nutriente	Baixa necessidade funcional do nutriente
Exudados	
Associação microbiana	
Fatores do Solo	
<b>Solução do solo</b>	<b>Difusão e Fluxo de massa</b>
Equilíbrios iônicos	Umidade do solo
Solubilidade, precipitação	Tortuosidade
Íons competitivos	Propriedades iônicas
Íons orgânicos	Concentrações iônicas
pH	<b>Outros fatores</b>
Umidade e temperatura	Propriedades físico-químicas do solo

isso, a seguir são apresentados sucintamente, aspectos que devem ser considerados para a otimização do uso destes insumos.

### ***Uso de genótipos mais eficientes***

O emprego de cultivares eficientes na absorção e utilização de nutrientes é uma importante estratégia para a redução de custo da produção agrícola, por permitir menor uso de fertilizantes e corretivos na agricultura. A literatura indica que existe grande diferença entre os cultivares quanto à capacidade de absorção e utilização de nutrientes. Essas diferenças entre cultivares podem ser relacionadas ao processo fisiológico da planta ou às mudanças favoráveis para a cultivar na rizosfera (Fageria, 1992).

### ***Calagem e gessagem***

As raízes das plantas não se desenvolvem adequadamente em solos muito ácidos, contendo excesso de alumínio trocável ou teores muito baixos de cálcio. A origem da acidez pode ser decorrente da rocha de origem, remoção das bases (Ca, Mg, K), decomposição da matéria orgânica e absorção de nutrientes pelas plantas. A prática agrícola pode aumentar a acidificação através da aplicação de fertilizantes, especialmente os nitrogenados na forma amoniacal (sulfato de amônio). A calagem possibilita a correção da acidez nos solos, porém para que os resultados sejam adequados, aspectos como a qualidade do calcário, dose, época e modo de aplicação desse insumo devem ser considerados. Outros efeitos benéficos são o aumento da disponibilidade dos nutrientes (principalmente fósforo e molibdênio), aumento do volume de solo explorado pelas raízes, aumento da capacidade de troca de cátions, diminuição da fixação do fósforo, diminuição dos teores excessivos de alumínio tóxico e de manganês, favorecimento da fixação simbiótica do nitrogênio, e melhoria das propriedades físicas e biológicas do solo.

Os efeitos da calagem podem ficar restritos à camada arável ou superficial do solo e, o a camada imediatamente abaixo permanecendo ácido impossibilita o desenvolvimento do sistema radicular e limita a absorção de água e nutrientes, principalmente em períodos curtos de seca (veranicos). Existem vários resultados mostrando que a correção da acidez das camadas profundas favorece a produção das culturas, e essa correção pode ocorrer com a prática da gessagem (Raij, 1988).

### ***Fertilizantes nitrogenados***

Nos principais adubos nitrogenados comercializados no Brasil, o nitrogênio está presente nas formas amídi-

ca, nítrica e amoniacal, sendo todas solúveis em água. Quando aplicadas no solo, em curto período de tempo, a maior parte do N amídico ou amoniacal sofre oxidação e passa para a forma nítrica. Esta é a forma predominantemente absorvida pelas plantas, no entanto, pouco retida no complexo de troca do solo e sujeita a perdas por lixiviação. A eficiência da adubação nitrogenada é aumentada por meio de diversas práticas como: emprego de formas com disponibilidade controlada, parcelamento das doses recomendadas, localização adequada em relação às plantas e sementes, e calagem. Outra fonte de perda de N é através da volatilização de amônia e pode ocorrer em solos com pH acima de 7 quando os adubos contendo o N amoniacal aplicados na superfície. A uréia, aplicada em superfície está sujeita a perdas por volatilização, mesmo em solos ácidos. Estas perdas são potencializadas se a uréia for aplicada na superfície de solos úmidos, ou sobre resíduos de plantas, como no caso do plantio direto. Em solos de várzea, que permanecem inundados, não se deve utilizar adubos com N na forma nítrica, pois as condições redutoras do solo provocam rápida desnitrificação e formação de  $N_2$  e  $N_2O$  (FAO, 1998; Isherwood 1998; Johnston, 2000).

### ***Fertilizantes fosfatados***

O fósforo é o nutriente que mais limita a produtividade na maioria dos solos tropicais. Com a prática das adubações os teores no solo tendem a se elevar, devido ao efeito residual. Considerando-se que os fosfatos são recursos naturais não renováveis, é imperioso utilizá-los de forma eficiente. Para que as culturas utilizem o fósforo aplicado é necessário que ocorra uma reação entre o fosfato e o solo, por isso a disponibilidade deste nutriente depende do equilíbrio e dinâmica no solo. A fração argila dos solos da região tropical é constituída predominantemente por caulinita e óxidos de Fe e Al, ou seja, minerais de carga variável, e que possuem um alto poder de fixação do fosfato. Como consequência, a maior parte do fósforo aplicada em solos argilosos é adsorvida de forma não-trocável, com poucas chances de retornar à solução do solo e de ser aproveitada pelas plantas. Desse modo, uma opção para melhorar a recuperação do fosfato aplicado via fertilizante é diminuir, antes de sua aplicação, a capacidade do solo em fixar o íon-fosfato. Os fatores que afetam a disponibilidade deste nutriente no solo são as quantidades adicionadas, o tempo e o volume de contato do fertilizante com o solo, o tipo e a quantidade de minerais presentes no solo, e o pH do solo. Por isso, a observação e controle destes fatores podem, efetivamente, reduzir a adsorção do fosfato aplicado. Assim, as práticas essenciais no manejo da adubação fosfatada e na economia deste nutriente são: análise de solo e

recomendação de doses adequadas, melhoria do volume de solo explorado pelas raízes através da calagem, redução do contato do fosfato com o solo através do uso de adubos na forma granulada, e a incorporação localizada nos sulco ou covas de plantio (FAO, 1998; Isherwood 1998; Novais e Smyth, 1999; Johnston, 2000).

### **Fertilizantes potássicos**

A adubação potássica nos solos tropicais é de grande importância, em função da grande extração pela maioria das culturas, associada às baixas reservas do nutriente nestes solos muito intemperizados. Portanto, a sua restituição às plantas deve ser feita através da adubação potássica. O suprimento de potássio às plantas varia em função da forma em que se encontra no solo, da sua quantidade e do seu grau de disponibilidade nas diferentes formas, além dos fatores que interferem no deslocamento do nutriente na solução do solo até as raízes. O manejo da adubação, com relação às doses e modos de aplicação (sulcos, a lanço e parcelada) deve ser considerado, devido ao alto potencial de perdas por lixiviação que alguns solos podem apresentar. A aplicação de plantio normalmente é recomendada para ser realizada no sulco, porém também possa ser feita a lanço, antes do plantio, sendo que em solos com baixa fertilidade, aplicação no sulco pode ser mais viável economicamente. No entanto, a aplicação de altas doses de potássio no sulco de plantio deve ser evitada devido ao efeito salino pelo aumento do potencial osmótico e, em alguns casos, para diminuir as perdas por lixiviação, principalmente nos solos arenosos, com baixa capacidade de troca. Por isso, as doses elevadas devem ser reduzidas no plantio e o restante da aplicação pode ser feita em cobertura e a lanço, no período de maior exigência da cultura. Outro aspecto que deve ser considerado é o de que a adubação tardia em cobertura a lanço em solos argilosos pode não ser eficiente (FAO, 1998; Isherwood 1998; Johnston, 2000).

### **Fertilizantes com micronutrientes**

Os micronutrientes desempenham papéis importantes no metabolismo vegetal, seja como constituintes de compostos ou como reguladores do funcionamento de sistemas enzimáticos. O suprimento adequado destes elementos é importante, para se evitarem diminuição da produção agrícola. No entanto, tem se observado no Brasil, um aumento da deficiência de micronutrientes. Isso tem ocorrido devido ao aumento de produtividade das culturas, à incorporação de solos de baixa fertilidade ao processo produtivo, ao uso crescente de calcário e adubos fosfatados, à incorporação inadequada de corretivos, e ao cultivo de variedades

com alto potencial de produção e alta demanda por micronutrientes. As quantidades destes nutrientes requeridos pelas plantas são muito pequenas, quando comparadas aos macronutrientes. As aplicações em excesso podem ser mais prejudiciais às plantas que a própria deficiência. Existem ainda grandes diferenças de comportamento de espécies vegetais, e até mesmo de variedades das mesmas espécies, com relação às exigências de micronutrientes. As formas de fornecimento dos micronutrientes podem ser através da aplicação no solo (no sulco ou covas, ou na superfície em culturas perenes), da adubação foliar, da fertirrigação ou das sementes. Nas aplicações localizadas as formas solúveis em água são mais prontamente disponíveis, já as fontes insolúveis devem ser utilizadas em área total (Lopes, 1999).

### **Alternativas aos fertilizantes minerais**

Visando a redução ou substituição dos fertilizantes comerciais utilizados, existem diversos sistemas alternativos, os quais utilizam novas técnicas e conceitos de manejo de solo e da fertilidade. Estas incluem o uso de espécies leguminosas como adubo verde, rotação de culturas, uso de adubos orgânicos, e o uso de resíduos urbanos, industriais e agrícolas. Algumas destas alternativas são destacadas a seguir.

### **Adubação orgânica**

O principal efeito que se deseja com a adubação orgânica é a melhoria das propriedades físicas e biológicas do solo. Com sua utilização, observa-se melhoria na porosidade, retenção de umidade e menor temperatura do solo (com cobertura morta na superfície ou 'mulch'). Estes produtos podem também ser utilizados como fontes de nutrientes, levando-se em conta que possuem em teores mais baixos e desbalanceados, necessitando, muitas vezes, de complementação com fertilizantes minerais. Alguns nutrientes, presentes nos adubos orgânicos, principalmente nitrogênio e fósforo, sofrem um processo de disponibilização mais lenta que os adubos minerais, no entanto este efeito é mais prolongado. De modo geral, pode-se considerar que no 1º ano de aplicação 50% do N, 70% do P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e 100% do K<sub>2</sub>O serão disponibilizados. Um aspecto importante que deve ser observado é o processo de cura (fermentação), o qual é essencial para a utilização de esterco e compostos. O objetivo é a obtenção de um produto homogêneo, estruturado, sem os odores desagradáveis característicos, isento de sementes viáveis de plantas daninhas, pragas e patógenos causadores de doenças. Além disso, este processo auxilia na obtenção de produtos com uma relação C/N ideal, boa mineralização

dos compostos orgânicos, e conseqüente liberação dos nutrientes através da mineralização (Ribeiro et al., 1999).

Comparações diretas entre adubo orgânico e mineral não são convenientes e geram mais polêmica que esclarecimento, pois os adubos orgânicos têm efeito de amplo espectro nas propriedades do solo, ou seja, efeitos físicos e biológicos, além do químico, sem considerar a diversidade de fontes e composições, modo, época e quantidade de aplicação e os efeitos específicos da matéria orgânica no solo. O maior interesse atual talvez esteja em estudos do uso associado destas duas fontes de nutrientes (Sanchez, 1997).

Um aspecto muito importante na adubação orgânica é a escolha do adubo. O melhor adubo orgânico é aquele que atenda às necessidades do solo e da planta cultivada. Este deve ser obtido em quantidades compatíveis com a área cultivada e a um custo compatível com a capacidade do agricultor e também com o benefício que ele irá trazer a longo prazo. É sempre importante consultar um agrônomo para auxiliar na escolha do adubo orgânico, pois é preciso saber das exigências da cultura, analisar o solo, analisar o adubo orgânico existente na região, verificar sua origem (adubos oriundos de resíduos industriais podem conter metais pesados em excesso como zinco e cádmio, que podem causar problemas à saúde pública) e verificar se ele atende às necessidades.

### **Fixação biológica do $N_2$ e associações com fungos micorrízicos**

A substituição da parte de N mineral aplicado como adubo, pela fixação biológica do  $N_2$  é uma opção para que se possa reduzir os custos de produção, através da redução da utilização deste insumo. A fixação biológica do  $N_2$  é o processo pelo qual os organismos vivos conseguem aproveitar o N do ar, incorporando-o à biosfera. Em termos de importância agrícola, o principal sistema de fixação biológica do  $N_2$  é a simbiose rizóbio-leguminosa. Na cultura da soja tem-se verificado os maiores sucessos e avanços na utilização desta simbiose, sendo que atualmente a principal fonte desse nutriente é a fixação biológica do  $N_2$ . Esse processo supre totalmente as necessidades de N da planta, sendo inclusive desnecessárias as pequenas doses utilizadas nos plantios (Vargas e Suhet, 1982; Hungria et al., 1997). Entretanto, é necessário que a soja esteja bem nodulada e, para isso, as condições de solo mais apropriadas ao processo devem ser observadas, assim como a adequada inoculação das sementes (nos primeiros anos de cultivo).

A associação simbiótica de fungos micorrízicos com raízes de certas plantas é um fenômeno muito conhecido, no qual as hifas desses fungos se constitu-

em em uma extensão do sistema radicular das plantas. Isso resulta em maior superfície para absorção de nutrientes, principalmente aqueles que se movimentam no solo por difusão, por exemplo, P e Zn. A grande maioria das plantas que nodulam e fixam nitrogênio atmosférico, formam associações micorrízicas. Isto é de grande importância ecológica e agrônômica, pois a nodulação e a fixação biológica de nitrogênio (FBN) dependem de um adequado balanço nutricional na planta hospedeira, especialmente do fósforo. Uma vez que plantas micorrizadas absorvem maiores quantidades de P do solo, a micorrização pode beneficiar o processo de FBN, e as plantas nodulada e micorrizadas estarão melhor adaptadas para enfrentar as situações de deficiências nutricionais existentes nos solos tropicais (Lopes e Siqueira, 1981).

A natureza dos efeitos do P na simbiose leguminosa-rizóbio-MVA não é bem entendida, mas evidências indicam que o efeito benéfico das MVA sobre FBN é conseqüente ao melhor estado nutricional da planta micorrizada (Bethlenfalvay e Yoder, 1981), pois a atividade da nitrogenase é dependente de ATP e fonte redutora, que são processos que possuem elevado requerimento de P.

### **Adubos verdes**

Além de contribuir com a matéria orgânica do solo, as leguminosas utilizadas como adubos verdes poderiam ainda auxiliar no controle da erosão e propiciar reciclagem às camadas superficiais do solo de alguns nutrientes que são perdidos por lixiviação. Além da reciclagem estas espécies poderiam funcionar como fontes de nutrientes pouco disponíveis no solo como P e Mo. Há ainda evidências de que a mucuna e a *Crotalaria juncea* podem não apenas controlar os nematóides como também algumas plantas daninhas (Alvarenga et al., 1995). A grande vantagem da adubação é a possibilidade de ser conduzido em grandes áreas a um custo muito mais baixo que a adubação orgânica convencional.

### **Uso de resíduos**

O uso de resíduos orgânicos de diferentes origens deve ser incentivado pelo fato de que, quando isso não acontece, aumentam as chances do meio ambiente ser prejudicado. Isso ocorre, por exemplo com o lodo de esgoto que é uma fonte de matéria orgânica e nutrientes, principalmente fósforo. Na maioria dos casos, o destino que se dá ao lodo no Brasil não é o agrícola, sendo comum o descarte desse insumo em rios e córregos, que se tornam altamente poluídos e desprovidos de peixes e outros organismos.

A aplicação de compostos de lixo urbano em solos cultivados proporciona aumentos na fito dispo-

nibilidade de P, K, Ca e Mg, elevação do pH, da CTC e redução da acidez potencial do solo. Entretanto, é comum encontrar na composição de compostos de lixo metais pesados, cujas concentrações variam conforme as regiões onde são gerados. Dessa forma, a utilização agrônômica desses resíduos, por anos sucessivos, traz preocupações quanto ao acúmulo desses elementos no solo e à possibilidade de sua absorção pelas plantas cultivadas. Os metais pesados, em solos tratados com compostos orgânicos de lodo de esgoto e lixo urbano, são mantidos em formas que não estão prontamente disponíveis às plantas, demonstrando que a capacidade de adsorção específica dos metais provenientes dos resíduos irá persistir pelo tempo que esses elementos persistirem no solo (Hoitnk e Keener, 1993).

### **Uso de rochas trituradas**

Ultimamente vem crescendo o interesse pelo uso de rochas trituradas ou moídas como adubos fertilizantes para as culturas. A justificativa reside na combinação entre fatores químicos dos solos tropicais e econômicos. No Brasil, há uma vasta fonte de rochas ricas em potássio, fósforo, magnésio e cálcio que poderia reduzir a excessiva dependência nas fontes convencionais de adubos. Segundo algumas análises, os teores de fosfato ( $1.215$  a  $3.038\text{mg kg}^{-1}$ ), cálcio e magnésio ( $40$  a  $73\text{mg kg}^{-1}$ ) e potássio ( $158$  a  $308\text{mg kg}^{-1}$ ) são adequados para serem utilizados como adubos de liberação lenta. Como exemplo destas rochas, pode-se citar as rochas ígneas como o basalto, andesito, fonolito, anortosito e sienito, assim como as rochas metamórficas ou sedimentares como a marga e o serpentinito. Entretanto, há a necessidade de mais pesquisas para avaliar o desempenho das rochas moídas, misturadas ou não com adubos minerais convencionais e adubos orgânicos, na agricultura tropical em solos ácidos (Leonardos, et al., 2000).

### **Novas tecnologias para o manejo integrado de nutrientes**

Nas últimas décadas três tecnologias têm se destacado como sendo propostas de alteração no manejo do solo, e que podem alterar significativamente o uso de fertilizantes. Estas técnicas são o preparo conservacionista (incluindo o plantio direto), os sistemas agroflorestais, e as técnicas de agricultura de precisão.

O preparo conservacionista ou plantio direto representa a mais significativa alteração no manejo de solos da história moderna da agricultura. Esta técnica permite que se obtenha a produção agrícola com um mínimo risco de erosão. Foi inicialmente introduzida na América do Norte, e atualmente está sendo largamente utilizada, na América do Sul (especialmente no

Brasil), Austrália e em menores extensões na Europa (Bradford and Peterson, 2000). Aproximadamente 37% das terras agricultáveis nos Estados Unidos estão sendo manejadas com sistemas conservacionistas, que incluem o plantio direto e o cultivo mínimo (Lal et al., 1999). O sistema de plantio direto está tomando impulso em várias regiões do Brasil, como já foi apresentado anteriormente, ocupando cerca de 25% das terras com culturas anuais. Neste sistema, as características físicas, químicas e biológicas do solo são afetadas diferencialmente em relação ao plantio convencional, tais como retenção de umidade, oscilação térmica, distribuição do fósforo e matéria orgânica, teor de nitrogênio e distribuição de alguns organismos do solo (Muzzilli, 1983; Wiethölter, 2000; Machado e Silva, 2001). Há ainda evidências indicando que esta prática pode conduzir à economia da utilização de nutrientes, pois em solo sob plantio direto o maior acúmulo de matéria orgânica nos primeiros 10cm de solo, em relação ao solo sob aração ou gradagens freqüentes, permite que haja menor fixação de fósforo nos minerais do solo pois frações orgânicas como os ácidos húmicos podem bloquear os sítios de adsorção no mineral. Em sistemas de plantio direto, a inclusão da rotação de culturas com leguminosas resulta em economia no uso de adubo mineral nitrogenado na cultura subsequente. Atualmente abrange uma área de mais de 14 milhões de hectares no Brasil (Saturnino e Landers, 2001), que representa aproximadamente 30% da área plantada com lavouras temporárias. Foi estabelecido inicialmente na região Sul do país, e na década de 90, verificou-se um incremento de mais de 1,2 milhões de ha na região do Cerrado.

A utilização dos sistemas agroflorestais tiveram maior destaque a partir da década de 1980. Propõem a combinação de árvores de crescimento rápido com sistemas agrícolas, que incluem também a utilização de pastagem para alimentação animal (Mergen, 1986). Este sistema proporciona uma maior biodiversidade associada com a produção agrícola, além disso proporciona um aumento no sequestro de carbono (Schroeder, 1993).

As técnicas de agricultura de precisão, ou de manejo de sítios específicos, têm sido utilizadas com sucesso em alguns locais, como uma alternativa economicamente viável para a otimização do uso de nutrientes. Esta técnica se baseia na amostragem intensa das áreas de cultivo e uso de técnicas de geoestatística e de modelagem. Como propõem a quantificação, processamento e diagnósticos de vários fatores que interferem na produção agrícola, representa atualmente um das alternativas de manejo mais científicas e avançada. A agricultura de precisão pode ser considerada como o início de uma revolução no manejo de recursos naturais baseada na tecnologia de informação. Mas esta técnica também pode ser vista como uma evolução,

uma vez que o manejo mais preciso dos solos e das culturas é possível através do uso de informações mais precisas e novas tecnologias. Com o uso destas técnicas a agricultura alcançou um novo patamar, no qual as etapas do processo produtivo são integradas e todo o processo controlado através de tecnologias de aquisição e processamento de informações (Heuvel, 1996; Bouma et al., 1999; Sims, 2000).

### Efeitos benéficos das adubações balanceadas

#### *Aumento da eficiência do uso do solo, nutrientes e água*

Culturas nutridas de forma balanceada podem produzir mais com a mesma quantidade de água disponível. Estas plantas serão mais saudáveis e vigorosas, com maior produção de biomassa e, conseqüentemente, com uma melhor cobertura da superfície solo, levando à redução das perdas de solo e de nutriente por lixiviação e escoamento superficial. O processo foi esquematizado por Resek (1996) da seguinte maneira: melhor condição química > CTC > maior produção de biomassa vegetal > população microbiana > maior decomposição > cargas e subprodutos cimentantes > agregação do solo > maior armazenamento > de água > disponibilidade de nutrientes para as plantas.

#### *Preservação ambiental*

O uso adequado de nutrientes através das adubações balanceadas pode aumentar significativamente o potencial de seqüestro de carbono, uma vez que culturas mais produtivas tendem a aumentar os níveis de carbono orgânico dos solos e seqüestro do CO<sub>2</sub> atmosférico (Stewart, 2002).

O uso de adubações balanceadas também pode reduzir o potencial de desflorestamento e preservação ambiental. De acordo com Lopes e Guilherme (1991, 2001), mostraram que com a utilização adequada de fertilizantes e corretivos é possível verticalizar a produção agrícola por área (produtividade), evitando dessa forma que haja a necessidade de incorporação de novas áreas para aumentar o volume de produção. Esta redução da área necessária para agricultura, propiciaria mais áreas para lazer e preservação ambiental. Um exemplo desta troca é apresentado na Tabela 13, adaptada de Sanchez et al. (1990) que avaliaram diversas opções de manejo para Yurimaguas no Peru. Para cada hectare adaptado às tecnologias de manejo do solo visando uma agricultura sustentável, 5 a 10 hectares por ano de florestas tropicais são salvos do cultivo convencional, em função da alta produtividade que pode ser alcançada pelas tecnologias alternativas.

**Tabela 9.** Áreas que podem ser salvas do desflorestamento por várias opções de manejo, estimada para Yurimaguas no Peru.

1 ha em opção de manejo sustentável	ha salvos do desflorestamento anualmente
Arroz irrigado	11,0
Pastagens de leguminosas e gramíneas	10,5
Culturas com alto uso de insumos	8,8
Culturas com baixo uso de insumos	4,6

Fonte: Sanchez et al. (1990).

#### *Diminuição do efeito estufa*

Em 1997, na cidade de Quioto, Japão, muitos países assinaram um acordo de redução de emissão de gases de efeito estufa (GEE – ex. dióxido de carbono, metano e óxido nitroso). Embora o Brasil não tenha que reduzir suas emissões como os países industrializados (ex. EUA, Japão, França e Alemanha), hoje em dia, a agricultura moderna sustentável deve considerar a proteção da atmosfera, além das águas superficiais e subterrâneas. Neste início de século, a tendência de aquecimento da Terra tem sido cada vez mais evidente: os últimos anos foram os mais quentes jamais registrados anteriormente e, segundo estimativas, haverá aumento na incidência de temporais intercalados por anos de seca prolongada. Em modelos de simulação da agricultura mundial, os impactos da mudança climática na produção agropecuária no Brasil estão entre os mais severos de todas as regiões. Os teores de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), metano (CH<sub>4</sub>) e óxido nitroso (N<sub>2</sub>O) na atmosfera vêm aumentando de forma consistente. Ao contrário do vapor d'água, que é o gás mais eficaz na manutenção do aquecimento global, pequenas alterações na concentração de CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> e N<sub>2</sub>O podem causar impacto significativo na mudança climática. A contribuição da agricultura para o aumento na emissão de gases de efeito estufa se dá através da decomposição da matéria orgânica do solo (emissão de CO<sub>2</sub>), de ruminantes e arroz de terras baixas (emissão de CH<sub>4</sub>) e durante o processo de nitrificação e denitrificação no solo (emissão de N<sub>2</sub>O). Entretanto, o papel dos solos agrícolas em atuarem como redutores na emissão de GEE tem sido comprovado também, particularmente para sistemas de plantio direto. Este sistema promove o aumento da cobertura da superfície do solo pela palha residual de uma planta resultando na proteção do solo contra a erosão e, assim, acumulando paulatinamente carbono no solo. O sistema passa a atuar mais como dreno, que como emissor de carbono para a atmosfera.



## Referências Bibliográficas

- BALIGAR, V. C.; DUNCAN, R. R.; FAGERIA, N. K. Soil-plant interaction on nutrient use efficiency in plants: an overview. In: BALIGAR, V. C.; DUNCAN, R. R. (ed.) **Crops as enhancers of nutrient use**. Washington: National Academic, 1990. p.351-73.
- BARBER, S. A. **Soil nutrient bioavailability**. New York, NY: Wiley. 1984. 1v.
- BARBOSA FILHO, M. P. **Nutrição e adubação do arroz** (sequeiro e irrigado). Piracicaba: Potafos, 1987. 120 p. (POTAFOS. Boletim técnico, 9)
- BETHLENFALVAY, G. J.; YODER, F. The Glycine-Glomus-Rhizobium symbiosis: I. Phosphorus effect on nitrogen fixation and mycorrhizal infection. **Physiologia Plantarum**, v.52, p.141-145, 1981.
- BOUMA, J.; STOOBVOGEL J.; VAN ALPHEN B.J.; BOOLTINK H. W. G. Pedology, precision agriculture, and the changing paradigm of agricultural research. **Soil Science American Journal**, Madison, v.63, p.1763-1768, 1999.
- BURTON, W. G. **The potato**. 3.ed. Harlow, Longman Scientific & Technical, 1989. 1v.
- CASTELANE, P. D.; SOUZA, A. F.; MESQUITA FILHO, M. V. Culturas olerícolas. In: FERREIRA, M. E.; CRUZ, M. C. P. (ed.) **Micronutrientes na agricultura**. Piracicaba: Potafos, 1991. p. 549-584.
- FAO. **Fertilizer use by crop**. 4.ed. Rome: FAO/IFA/IFDC. 1999. 52 p
- FAO. **Guide to efficient plant nutrition management**. Rome: FAO. 1998. 19 p.
- GRUHN, P.; GOLETTI, F., YUDELMAN, M. **Integrated nutrient management, soil fertility, and sustainable agriculture**: current issues and future challenges. 2020 Vision for Food, Agriculture, and the Environment. International Food Policy Research Institute – IFPRI. Brief 67. 2000. 2 p.
- HAAG, H. P.; DECHEN, A. R.; CARMELLO, Q. A. C. Culturas estimulantes. In: FERREIRA, M. E.; CRUZ, M. C. P. (eds) **Micronutrientes na agricultura**. Piracicaba, Potafos. 1991a. p. 501-548.
- HAAG, H. P.; DECHEN, A. R.; CARMELLO, Q. A. C. Essências florestais. In: FERREIRA, M. E.; CRUZ, M. C. P. (eds) **Micronutrientes na agricultura**. Piracicaba, Potafos. 1991b. p. 683-734.
- HEUVEL, R. M. V. The promise of precision agriculture. **Journal of Soil and Water Conservation**, v. 51, p. 38-40, 1996.
- HOITINIK, H. A.; KEENER, H. M. **Science and engineering of composting**: design, environmental, microbiological and utilization aspects. Washington, Renaissance Publications, 1993.
- HUNGRIA, M.; VARGAS, M. A. T.; CAMPO, R. J.; GALERANI, P. R. **Adubação nitrogenada na soja?** Londrina, PR: Embrapa - Centro Nacional de Pesquisa de Soja. 1997. 4 p. (Embrapa. Centro Nacional de Pesquisa de Soja. Comunicado Técnico, 57).
- IBGE. **Anuário estatístico do Brasil**. Rio de Janeiro, RJ: IBGE. 1999. 1 v.
- IBGE. **Censo Agropecuário 1995-1996**. Rio de Janeiro, IBGE. 1996. 1 v.
- ISHERWOOD, K. F. **Fertilizer use and the environment**. Paris: IFA:UNEP. 1998. 51 p.
- JOHNSTON, A. E. **The efficient use of plant nutrients in agriculture**. Paris, IFA, 2000. 14 p.
- LAL, R.; FOLLET, R. F.; KIMBLE, J. M.; COLE, V. R. Managing U.S. cropland to sequester carbon in soil. **Journal of Soil Water Conservation**, v. 54, p. 374-381, 1999.
- LEONARDOS, O. H., THEODORO, S. H., ASSAD, M. L. Remineralization for sustainable agriculture: a tropical perspective from a Brazilian viewpoint. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, v. 56, n. 1, p. 3-9, 2000.
- LOPES, A. S. **Micronutrientes**: filosofias de aplicação e eficiência agrônoma. São Paulo: ANDA, 1999. 58 p. (Boletim Técnico, 8).
- LOPES, A. S.; GUILHERME, L. R. G. **Preservação ambiental e produção de alimentos**. São Paulo: ANDA. 1991. 14 p.
- LOPES, A. S.; GUILHERME, L. R. G. **Vocaçao da terra**. São Paulo: ANDA. 2001. 23 p.
- LOPES, E. S.; SIQUEIRA, J. O. Vesicular-arbuscular mycorrhizas, their potential in phosphate nutrition in tropical regions. In: RUSSELL, R.S.; IGUE, K.; MEHTA, Y.R. (ed.) **The soil/root system in relation to Brazilian agricultures**. Londrina: IAPAR, 1981. p. 225-242.
- MACHADO, P. L. O. A.; SILVA, C. A. Soil management under no tillage systems in the tropics with special reference to Brazil. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, v. 61, p. 119-130, 2001.
- MALAVOLTA, E. Fertilizantes, corretivos e produtividade – mitos e fatos. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 20., 1992, Piracicaba. **Anais...** SBSCS, 1992. p. 89-153.
- MALAVOLTA, E. Nutrição mineral e calagem para o cafeeiro. In: RENA, A. B.; MALAVOLTA, E.; ROCHA, M.; YAMADA, T. (eds) **Cultura do cafeeiro**: fatores que afetam a produtividade. Piracicaba: Potafos. 1986. p. 165-274.
- MALAVOLTA, E.; VIOLANTE NETO, A. **Nutrição mineral, calagem, gessagem e adubação de citros**. Piracicaba: Potafos. 1989. 1 v.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas** – princípios e aplicações. 2 ed. Piracicaba: Potafos. 1997. 319 p.
- MARASCHIN, G. E. Relembrando o passado, entendendo o presente e planejando o futuro – uma herança em forrageiras e um legado em pastagem. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA. 37. **Anais...** 2000. Disponível: SBZ site. HYPERLINK URL:<http://www.sbz.org.br> Consultado em 08 mar 2002.
- MERGEN, F. Agroforestry – an overview and recommendations for possible improvements. **Tropical Agriculture**, v. 63, n. 1, p. 6-9, 1986.
- MONTEIRO, F.A., WERNER, J.C. Reciclagem de nutrientes em pastagens. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DE PASTAGENS. 11. **Anais...** Piracicaba, SP. Piracicaba, SP: FEALQ. 1994. 325 p.
- MUZILLI, O. Influencia do sistema de plantio direto, comparado ao convencional, sobre a fertilidade da camada arável do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.7, p. 95-102, 1983.
- NAKAGAWA, J. Fruteiras. In: FERREIRA, M. E.; CRUZ, M. C. P. (eds) **Micronutrientes na agricultura**. Piracicaba: Potafos. 1991. p. 585-623.
- NOVAIS, R. F.; SMYTH, T. J. **Fósforo em solo e planta em condições tropicais**. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa -UFV, Departamento de Solos - DPS, 1999. 399 p.
- OLIVEIRA, I. P.; THUNG, M. D. T. Nutrição mineral. In: ZIMMERMANN, J. J. O.; ROCHA, M.; YAMADA, T. (eds). **Cultura do feijoeiro**: fatores que afetam a produtividade. Piracicaba: Potafos. 1988. p. 175-212.
- PAVAN, M. A., OLIVEIRA, E. L. **Manejo da acidez do solo**. Londrina, PR: IAPAR, 1995. 86 p. (Circular, n. 95)
- RAIJ, B. van, CANTARELLA, H., QUAGGIO, J. A., FURLANI, A. M. C. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2.ed. Campinas, SP: IAC, 1997. 285 p. (Boletim Técnico, n. 100)
- RAIJ, B. van. **Gesso agrícola na melhoria do ambiente radicular no subsolo**. São Paulo: ANDA. 1988. 88 p.

- RESEK, D. V. S. Manejo de solos e sustentabilidade dos sistemas agrossilvipastoris na região dos Cerrados. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON TROPICAL SAVANNAS, I; SIMPÓSIO SOBRE CERRADOS, 8. 1996. Brasília, DF. **Proceedings=Anais...** Planaltina: EMBRAPA-CPAC, 1996. p. 81-89.
- RIBEIRO, A. C., GUIMARÃES, P. T. G., ALVAREZ V., V. H. (eds.). **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª aproximação.** Viçosa, MG: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais. 1999. 359 p.
- SANCHEZ, P. A. Changing tropical soil fertility paradigms: from Brazil to Africa and back. In: MONIZ, A. C.; FURLANI, A. M. C.; SCHAEFFERT, R. E.; FAGERIA, N. K.; ROSOLEM, C. A.; CANTARELLA, H. (eds.) **Plant-soil interactions at low pH.** Campinas, SP: Brazilian Soil Science Society, 1997. p.19-28.
- SANCHEZ, P. A.; PALM, C. A.; SMYTH, T. J. Approaches to mitigate tropical deforestation by sustainable soil management practices. In: SCHARPENSEEL, H. W.; SCHOMAKER, M.; AYOUB, A. **Soils on a warmer earth.** Amsterdam: Elsevier, 1990. p. 211-220.
- SANCHEZ, P. A.; SALINAS, J. G. Low-input technology for managing Oxisols and Ultisols in tropical America. **Advances in Agronomy**, New York, v. 34, p. 280-407, 1981.
- SCHROEDER, P. Agroforestry systems: integrated land use to store and conserve carbon. **Climate Research**, v. 3, n. 1, p. 53-60, 1993.
- SIMS, J. T. Soil fertility evolution. In: SUMNER, M. e. (ed.) **Handbook of soil science.** Boca Raton: CRC Press. 2000. p. D113-D153.
- STEWART, M. **Balanced fertilization and the environment.** Disponível: Potafos site. HYPERLINK URL:<http://www.potafos.org/ppiweb/ppibase.nsf> Consultado em 26 fev. 2002.
- VARGAS, M. A. T.; SUHET, A. R. Adubação nitrogenada, inoculação e épocas de calagem para a soja em solo sob Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 17, n. 8, p. 1127-1132, 1982.
- WIETHÖLTER, S. Manejo da fertilidade do solo no sistema plantio direto: experiência nos Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina. In: REUNIAO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRICAÇÃO DE PLANTAS, 25.; REUNIAO BRASILEIRA SOBRE MICORRIZAS, 8.; SIMPOSIO BRASILEIRO DE MICROBIOLOGIA DO SOLO, 6.; REUNIAO BRASILEIRA DE BIOLOGIA DO SOLO, 3., 2000. Santa Maria, RS. **Fertbio 2000: biodinâmica do solo.** Santa Maria, RS: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo; Rio de Janeiro: Sociedade Brasileira de Microbiologia, 2000. 35 p. 1 CD ROM
- YAMADA, T., LOPES, A. S. Balanço de nutrientes na agricultura brasileira. In: SIQUEIRA, J. O., MOREIRA, F. M. S., LOPES, A. S., GUILHERME, L. R. G., FAQUIN, V., FURTINI NETO, A. E., CARVALHO, J. G. (Ed.) **Inter-relação fertilidade, biologia do solo e nutrição de plantas.** Viçosa: SBCS; Lavras: UFLA-DCS. 1999. p. 143-161.

# Contaminação dos Solos em Áreas Agrícolas

# 7

Capítulo

Heloisa F. Filizola  
Maria Conceição P. Y. Pessoa  
Marco Antônio Ferreira Gomes  
Manoel Dornelas de Souza

## Introdução

A agricultura requer grande quantidade de insumos, como fertilizantes, agrotóxicos e reguladores de crescimento. Uma porcentagem dos agroquímicos aplicados nas culturas é incorporada ao solo, seja na aplicação, por não atingir o alvo (Chaim et al 1999a & 1999b), seja através da infiltração, dissolvidos na solução do solo, ou ainda perdida para a atmosfera por volatilização. Os principais agentes poluentes dos solos e água são os agrotóxicos, os metais pesados e o nitrogênio. O solo tem uma função “filtro” que é muito importante na retenção e degradação destes poluentes. A eficácia deste mecanismo está ligada à quantidade de matéria orgânica e à biota do solo, ao tipo e quantidade de argila presentes no solo e às suas características físicas e químicas.

Um solo pode ser considerado “limpo” quando a concentração de um elemento ou substância de interesse ambiental é menor ou igual ao valor de ocorrência natural. Esta concentração é denominada como valor de referência de qualidade e estes números não estão fixados como padrões em legislação.

Para a CETESB (2001), uma área será considerada contaminada se, entre outras situações, as concentrações de elementos ou substâncias de interesse ambiental estiverem acima de um dado limite denominado valor de intervenção, indicando a existência de um risco potencial de efeito deletério sobre a saúde humana, havendo necessidade de uma ação imediata na área, a qual inclui uma investigação detalhada e a adoção de medidas emergenciais, visando a minimização das vias de exposição como a restrição do acesso de pessoas à área.

## Agrotóxicos

O Brasil não é um dos grande consumidores de agrotóxicos do mundo, como mostra a Figura 1, mas o uso destes produtos está concentrado em áreas onde a agricultura é mais moderna e intensiva, como pode ser visto na Figura 2, podendo em estados como São Paulo, Paraná, Santa Catarina, Rio Grande do Sul e Minas Gerais, consumir tanto quanto os maiores consumidores mundiais.

Dos 269 pesticidas utilizados no Brasil (base de dados da Agrofit do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento), dos quais foram calculados o índice de GUS, 61 são potencialmente lixiviantes, 52 são indefinidos, ou seja, dependendo das características do solo podem ser lixiviados ou ficar retidos. Noventa e cinco são classificados como não lixiviantes, seja por

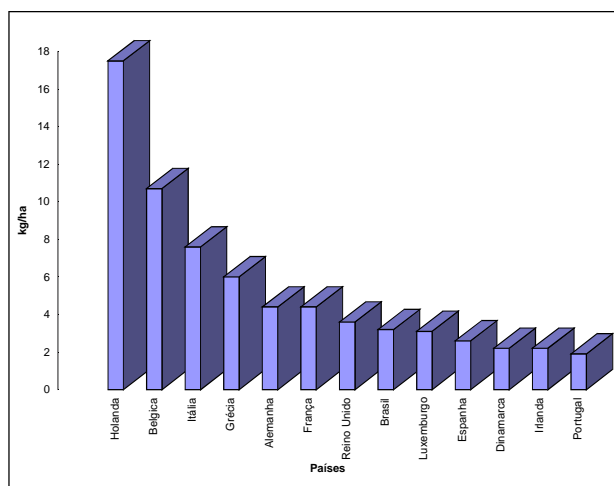


Figura 1. Consumo de defensivos agrícolas.  
Fonte dos dados: Sindag<sup>1</sup>

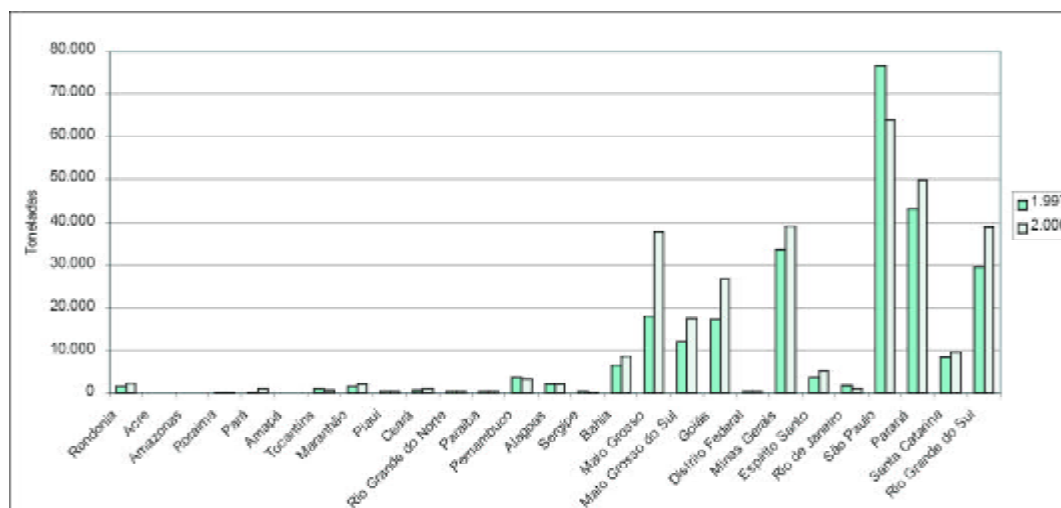


Figura 2. Consumo de agrotóxicos por estado.

Fonte dos dados: Sindag<sup>2</sup>

terem uma meia vida muito curta o que implica em degradação rápida, seja pelo valor do coeficiente de partição ( $K_p$ ) que depende do teor de carbono orgânico que poderá ficar adsorvido nas camadas superficiais do solo. Para os restantes não houve possibilidade de cálculo dada a inexistência na literatura do  $K_p$ , da meia-vida, ou ainda de ambos. Estes dados foram conseguidos a partir do BDP Software elaborado por Paraíba et al., 2002. Outro trabalho, elaborado por Pessoa et al. (2001) também utilizou o índice de GUS e o método de GOSS (que avalia o potencial de contaminação do produto associado a sedimento e dissolvido em água) para 190 princípios ativos presentes em 246 produtos comerciais em uso no país. Dos princípios ativos avaliados, 14 apresentaram potencial de contaminação de águas subterrâneas por lixiviação, 28 possuem alto potencial de contaminação de água associado a sedimento e 57 apresentaram alto potencial de contaminação de água dissolvidos em água. Somente 28 princípios ativos não puderam ser avaliados por falta de informações.

O uso de agrotóxicos deve ser feito de maneira a minimizar seus efeitos nocivos sobre o meio ambiente. Para isto é necessário o conhecimento do solo onde o mesmo será aplicado, incluindo a dinâmica da água na área e as características e o comportamento de cada princípio ativo. De maneira geral, houve nos últimos trinta anos um avanço no conhecimento sobre a atuação e a forma como a maior parte dos agrotóxicos interage com o meio.

Para entender o comportamento dos agrotóxicos no solo ou na água, e utilizá-los da maneira mais correta possível, é necessário considerar suas propriedades físico-químicas de uma forma particular, ou seja, cada composto irá interagir com o solo de acordo com suas características. Assim, o impacto dos agrotóxicos no ambiente é resultado da interação entre a molécula (regida por suas propriedades físico-químicas) e as pro-

priedades físico-químicas e biológicas do meio onde ele é introduzido. Os principais processos envolvidos nas transformações de agrotóxicos no solo são a degradação microbiológica e química. O destino dos agrotóxicos no ambiente é determinado por fatores bióticos e abióticos. Entre os vários fatores, pode-se destacar:

### Degradação Microbiológica

Os agrotóxicos são degradados no ambiente pela ação de microrganismos e de enzimas por eles produzidas, no processo chamado de biodegradação. O solo é habitado por um número muito grande de microrganismos, bactérias, protozoários, algas, fungos e também por organismos macroscópicos como anelídeos e artrópodes, formando uma comunidade complexa.

Os compostos orgânicos que sofrem reações de biodegradação são geralmente classificados em três grupos: compostos que sofrem degradação imediata, sem sofrerem prévia alteração; compostos que requerem uma fase de adaptação antes que uma decomposição ocorra e compostos orgânicos recalcitrantes, os quais podem persistir no ambiente sem modificações por vários anos, como é o caso dos hidrocarbonetos clorados.

A biodegradação é afetada pelo tipo de solo, pH, umidade e temperatura. O efeito do tipo de solo na persistência de um pesticida não pode ser facilmente definido, solos com altos teores de matéria orgânica tendem a ter grande atividade microbiana mas ao mesmo tempo tendem a adsorver fortemente o pesticida e mantê-lo no solo.

### Solubilidade dos Agrotóxicos em Água

A solubilidade em água de um agrotóxico é a quantidade máxima do produto que se dissolve em água sob uma determinada temperatura e pH. Esta característi-

ca determina a mobilidade e o destino do produto no ambiente. A solubilidade dos agrotóxicos em água é dada em função da temperatura, pH, força iônica e matéria orgânica do solo. A maioria dos compostos orgânicos torna-se mais solúvel com o aumento da temperatura. Com o aumento da concentração dos íons hidrogênio, pH, os agrotóxicos ácidos aumentam sua solubilidade, enquanto os agrotóxicos básicos podem atuar de modo contrário. A presença de matéria orgânica dissolvida, como ácidos fúlvicos e húmicos, pode aumentar a solubilidade de vários agrotóxicos, pois estes sofrem partição na matéria orgânica. Moléculas altamente solúveis geralmente apresentam coeficientes de adsorção baixos e fatores de bioconcentração também relativamente baixos. Tendem a ser mais rapidamente biodegradáveis no solo e na água.

Alguns agrotóxicos são hidrofílicos (>2% de solubilidade em água) enquanto outros são hidrofóbicos (solubilidade em água de 1ppb). Podemos relacionar a solubilidade com a mobilidade de agrotóxicos no solo. Deve-se sempre considerar a solubilidade em água em conjunto com outras propriedades do pesticida e do ambiente.

### **Volatilização**

A volatilização é o processo pelo qual um composto passa à fase de vapor e nesta forma para a atmosfera, a pressão de vapor é um índice deste fenômeno. É um importante mecanismo de perda de produtos.

Quando um produto é incorporado ao solo, a perda por volatilização envolve a dessorção, movimento na superfície do solo e volatilização para a atmosfera. A influência da adsorção na pressão de vapor, depende da natureza e da concentração do produto, da umidade e das propriedades do solo, como conteúdo de matéria orgânica e de argila. A incorporação de agrotóxicos no solo diminui a concentração deste na superfície de evaporação, diminuindo a volatilização. Ocorre uma volatilização mais rápida em solos úmidos do que em solos secos, devido ao aumento da pressão de vapor, resultado do deslocamento do pesticida da superfície do solo pela água.

### **Meia Vida de um Produto**

A meia vida de um produto é o tempo necessário para que metade da concentração do princípio ativo desapareça e é determinada em condições normais de utilização do produto. Para compostos orgânicos, a meia vida pode ser calculada para diferentes tipos de reações como volatilização, fotólise, potencial de lixiviação e degradação. Os valores de meia vida, são importantes para o entendimento do potencial de impacto no ambiente, causado pelo agrotóxico. Por exemplo,

se um produto altamente tóxico tem meia vida alta, a permanência deste no solo será longa e o impacto deste no ambiente poderá ser desastroso.

### **Adsorção - Dessorção**

Alguns agrotóxicos são predominantemente adsorvidos na argila, enquanto outros se ligam à matéria orgânica. Vários fatores influenciam a adsorção de agrotóxicos no solo: o tipo e a concentração dos solutos na solução do solo, o tipo e a quantidade de minerais de argila, a quantidade de matéria orgânica no solo, o pH, temperatura e o composto específico envolvido. Além destes, o tipo de cátion que está saturando a argila (Fe, Ca ou H), a capacidade de troca de cátions (CTC) e a superfície específica também são importantes. A maioria dos principais processos de adsorção ocorrem na superfície das argilas e materiais húmicos, os quais tem grande superfície específica por unidade de área. A adsorção na fração orgânica do solo é maior que nas argilas, principalmente os compostos hidrofóbicos.

Os ácidos húmicos podem retardar a mineralização de alguns compostos, com o aumento da adsorção. A adsorção pode reduzir a velocidade e a extensão da degradação, mas não impede que esta ocorra, moléculas adsorvidas podem ser utilizadas como fontes de carbono, energia, nitrogênio, pela microbiota do solo e os compostos serem transformados lentamente.

### **Matéria Orgânica**

A matéria orgânica presente no solo é importante, como já dito, na adsorção de agrotóxicos no solo. A adição de materiais orgânicos aumenta a atividade microbiana e conseqüentemente acelera a degradação de muitos agrotóxicos, além disso, a fração orgânica do solo tem o principal papel no comportamento dos agrotóxicos no ambiente. Apesar da CTC da matéria orgânica do solo ser relativamente alta na faixa de pH que predomina nos solos, ela é pH dependente, e devido a isto, a matéria orgânica possui tanto sítios hidrofílicos como sítios hidrofóbicos. A competição com a água reduz o papel dos sítios hidrofílicos.

### **Umidade do Solo**

No solo, a atividade da água e a sua disponibilidade dependem das interações entre o seu conteúdo, a temperatura e a natureza do ambiente coloidal. A distribuição do tamanho dos poros, a estabilidade do agregado e a composição mineralógica influenciam a retenção da água contra a perda gravitacional e a captação pelos microrganismos e raízes de plantas. O baixo conteúdo de umidade afeta a degradação dos agrotóxicos através da redução da biomassa microbiana e de sua atividade e por reduzir o agrotóxico na solução do solo.

Áreas onde os solos estão sujeitos a períodos alternados de alagamento e seca, com atividades de microrganismos anaeróbios e aeróbios, com ciclos de redução e oxidação permitem um ambiente favorável para a dissipação de um maior número de agrotóxicos quando comparados a um sistema único.

### **Potencial de Oxi-Redução**

O estado redox de um solo é um importante parâmetro ambiental no destino dos agrotóxicos. O potencial redox determina a relação entre a atividade dos compostos oxidados e reduzidos no equilíbrio. Altas energias de ativação podem inibir algumas reações de oxirredução, mesmo que o potencial redox do sistema indique que estas reações possam ocorrer. Na maioria dos casos, há necessidade de um catalisador para que a reação redox ocorra e, provavelmente as reações são catalisadas por microrganismos. Os valores típicos de Eh em solos bem aerados estão entre 0,8 a 0,4 V, em solos moderadamente reduzidos entre 0,4 e 0,1V, solos reduzidos em torno de -0,1V. Os solos altamente reduzidos tem Eh entre -0,1 e -0,3V e ocorrem em solos inundados.

### **pH do Solo**

A medida do pH é um critério importante como indicativo das reações microbianas nos solos, alguns agrotóxicos, principalmente os organofosforados e carbamatos, são afetados pelo pH do solo, enquanto a persistência dos agrotóxicos organoclorados raras vezes é afetada por este parâmetro. Diminuindo o pH do solo, pode aumentar a adsorção devido a grande adsorção do conjugado ácido-base. Além dos efeitos diretos na molécula orgânica, o pH pode ter influência indireta na persistência devido ao seu efeito na atividade microbiana e nos processos de adsorção/dessorção.

### **Temperatura do Solo**

A temperatura é uma variável microambiental importante devido ao seu efeito termodinâmico direto no metabolismo celular e na maioria das propriedades físicas e químicas do ambiente, incluindo potencial redox e o movimento de difusão dos líquidos e gases dentro do solo. No solo, afeta processos que contribuem para a dissipação dos agrotóxicos, como a atividade microbiana, a volatilização e os processos de transportes. Dentro da faixa de temperatura normalmente encontrada nos solos agricultáveis, a velocidade de degradação geralmente aumenta com a temperatura e umidade. As altas temperaturas existentes nos trópicos podem favorecer a perda do agrotóxico por meio da volatilização e do aumento da atividade microbiana.

### **Degradação Química**

As transformações químicas que ocorrem no solo são mediadas pela água, que é o meio de reação, o reagente, ou ambos. Devido à sua composição, o solo representa um meio efetivo para a condução de reações químicas, pois contém oxigênio, água, superfícies adsorventes reativas e também os agrotóxicos. Além disso, as enzimas extra celulares estão amplamente distribuídas e estabilizadas no solo e têm um papel importante na degradação de muitos agrotóxicos, representando um ponto de transição entre a degradação química e a microbiológica intracelular.

A hidrólise é um processo importante na transformação dos agrotóxicos. Para a maioria dos compostos, pode ser a rota dominante de transformação no solo onde é freqüente a hidrólise de determinados grupos funcionais antes do início da degradação microbiana. No solo, as reações hidrolíticas podem ser biologicamente mediadas ou podem ocorrer via processos abióticos. As reações hidrolíticas não biológicas no solo são aceleradas devido às reações de catálise e as argilas são responsáveis pela catálise e degradação de muitos agrotóxicos.

A velocidade e os produtos da hidrólise dos organofosforados são influenciados por fatores como adsorção, temperatura, pH e a força iônica do sistema. Aparentemente os fatores mais importantes são o pH e a adsorção. Os organofosforados sofrem comumente hidrólise alcalina, o que resulta na detoxificação destes agrotóxicos. Além disso a susceptibilidade destes compostos a hidrólise alcalina está relacionada a sua atividade biológica.

### **Degradação Fotoquímica**

A fotólise é primariamente um fenômeno de superfície e não ocorre se o produto for incorporado ao solo. A superfície do solo recebe uma grande quantidade de poluentes que são provenientes de diversas fontes e a aplicação de agrotóxicos resulta numa aplicação direta sobre a superfície do solo, onde ficam sujeitos a transformações fotoquímicas, além das químicas e microbiológicas. Nos primeiros 0,5cm da camada do solo, o ambiente químico é diferente do solo como um todo, fases sólida, líquida e gasosa estão muito próximas da interface solo/atmosfera e sujeitas a irradiação solar, onde podem ocorrer reações fotoquímicas. Devem ser considerados os efeitos da radiação solar na interface solo-atmosfera, incluindo modificações na temperatura, umidade do solo, no conteúdo orgânico e na atividade microbiana, e destes na estabilidade dos químicos aplicados na superfície do solo.

As reações fotoquímicas resultam da absorção de fótons de energia radiante pelas moléculas. Estas reações ocorrem mesmo na ausência de catalisadores,

em temperaturas mais baixas do que as frequentemente requeridas. São induzidas por radiações solares intensas, têm um papel importantíssimo na determinação da natureza e destino final de moléculas químicas no ambiente.

### Metais pesados

A presença de metais pesados, definidos como os elementos químicos com densidade maior que  $5\text{ g cm}^{-3}$ , em fertilizantes e corretivos tem sido objeto de muitos estudos devido ao fato destes elementos permanecerem no solo por um tempo indefinido, e dessa forma causar perigo à saúde humana ou animal ao entrarem na cadeia alimentar. Em geral os metais pesados encontrados nos fertilizantes e corretivos são: Cádmio (Cd), Cromo (Cr), Cobre (Cu), Níquel (Ni), Chumbo (Pb), Ferro (Fe), Cobalto (Co), Manganês (Mn), Molibdênio (Mo), Mercúrio (Hg), Estanho (Sn) e Zinco (Zn). Entre estes, deve-se ressaltar que alguns são essenciais às plantas (Cu, Fe, Mn, Mo, Ni e Zn), às bactérias fixadoras de nitrogênio (Co) e aos animais (Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Mo e Zn).

A quantidade de metais pesados no solo sem interferência antropogênica depende do teor destes na rocha de origem e do grau de intemperização que esse material sofreu (Tabela 1).

Apesar da possibilidade de mobilização dos metais no perfil dos solos, normalmente os maiores teores são encontrados nos horizontes superficiais, nos quais também ocorre maior acúmulo de matéria orgânica.

Solos submetidos a cultivos intensivos, por longos períodos de tempo, tendem a apresentar níveis mais elevados de metais pesados, especialmente em regiões de agricultura baseada em técnicas modernas e sem restrições econômicas, já que as formulações NPK e as diversas formas de fosfatos são importante fornecedores de metais pesados (Tabela 2).

Os metais no solo podem estar na forma solúvel, trocável, fixada pelos minerais do solo, precipitada com outros componentes, na biomassa e complexada com a matéria orgânica. Embora a solubilidade dos metais pesados dependa da forma como em que se encontra no solo, o pH do solo é uma das características do solo que mais afeta a solubilidade destes. A medida que o pH aumenta, a solubilidade do Cd, Cu, Hg, Ni e Zn diminui.

Os metais pesados que se acumulam no solo podem inviabilizar a utilização deste para agricultura, pois podem ser absorvidos pelas plantas, matando-as ou entrarem na cadeia alimentar animal e humana. A presença de metais pesados no solo pode afetar a comunidade microbiana dos solos e com isto afetar a funcionalidade do agrossistema, induzindo problemas de doenças e pragas de plantas. Podem também alterar a ciclagem dos nutrientes e afetar o ciclo de elementos como o carbono e o nitrogênio, de importância fundamental para o crescimento vegetal (Tabela 3).

A distribuição e a adsorção dos metais pesados no solo depende de sua solubilidade e da formação de complexos solúveis com a matéria orgânica. De maneira geral, o Co segue o modelo de distribuição da matéria orgânica e dos minerais de argila. O Cu per-

**Tabela 1.** Teores de metais naturalmente presentes nos solos no Estado de S. Paulo. Solos: Latossolos Vermelhos, Latossolos Vermelho-Amarelos, Nitossolos Vermelhos, Argissolos Vermelhos, Argissolos Vermelho-Amarelos, Gleissolos, Neossolos Quartzarênicos, Neossolos Flúvicos, Neossolos Litólicos, Organossolos Háplicos, Cambissolos e Espodossolos.

Metal	Concentração ( $\text{mg kg}^{-1}$ de solo)		Nº de amostras
	Mínimo	Máximo	
Antimônio	< 25	< 25	54
Arsênio	< 0,20	17,60	84
Bário	5	223	84
Cádmio	< 0,50	< 0,50	54
Chumbo	< 5	23,5	84
Cobalto	< 7,5	65	54
Cobre	3	393	84
Cromo	2,2	172,5	81
Ferro	500	198.500	84
Manganês	5	2.330	84
Mercúrio	< 0,02	0,08	84
Molibdênio	< 25	< 25	54
Níquel	1,55	73,5	84
Prata	< 0,5	15,4	53
Vanádio	< 85	818	54
Selênio	< 0,20	0,56	54
Zinco	1,5	200	84

**Tabela 2.** Teores de alguns metais pesados em corretivos e fertilizantes

Metal	Quantidade mínima (mg g <sup>-1</sup> )	Quantidade mínima (mg g <sup>-1</sup> )
Cádmio	2,4	51,9
Chumbo	17,9	2817
Níquel	8	3300

Fonte: Amaral Sobrinho et al. (1992).

manece por longo período de tempo no solo, uma vez que é fortemente fixado pela matéria orgânica, pelos óxidos de Fe, Al e Mn e pelos minerais de argila, sendo um dos menos móveis entre os metais pesados. O Cd também é relativamente imóvel no perfil do solo, assim como o Pb que tende a se acumular nas camadas superficiais. O Fe forma complexos e quelatos com a matéria orgânica, os quais são responsáveis pela migração do elemento em profundidade. Já a distribuição do Cr tem mostrado resultados discrepantes, pois, em alguns casos, sua distribuição é uniforme ao longo do perfil e em outros tem sido observado acúmulo em superfície ou em profundidade.

Existem duas teorias sobre os eventos que podem ocorrer quando se procede à adição de metais pesados em solos. A primeira é conhecida como teoria do platô; a segunda como teoria da bomba relógio (Chang et al., 1997). A primeira considera que a capacidade de adsorção de um metal é constante enquanto o metal persistir no solo. Durante esta permanência prevalecem formas do elemento que se caracterizam por não serem totalmente disponíveis às plantas. A teoria da bomba relógio também considera que a capacidade de adsorção de um determinado metal no solo tende a aumentar com a adição do mesmo, entretanto, estes incrementos na capacidade de adsorção, tenderiam a regredir aos níveis iniciais, seja com a adição de matéria orgânica,

**Tabela 3.** Teores de metais pesados em solos agrícolas

Metal	Faixa de variação	Valor mais freqüente
		mg kg <sup>-1</sup> de solo
Antimônio	2-10	-
Arsênio	0,1-40	6
Boro	2-100	10
Cádmio	0,01-0,7	0,1
Cobre	2-100	20
Cobalto	1-40	15
Chumbo	2-200	30
Cromo	5-1.000	100
Ferro	10.000-200.000	40.000
Manganês	100-3.000	800
Mercúrio	0,01-0,3	0,03
Molibdênio	<1-5	1
Níquel	5-500	50
Zinco	10-300	80

Adaptado de Lake (1987)

**Tabela 4.** Valores de alerta para metais pesados em solo

Metal	Valores de alerta (mg kg <sup>-1</sup> de solo)
Antimônio	2,0
Arsênio	15
Bário	150
Cádmio	3
Chumbo	100
Cobalto	25
Cobre	60
Cromo	75
Mercúrio	0,5
Molibdênio	30
Níquel	30
Prata	2
Selênio	5
Zinco	300

Fonte: Casarini et al. (2001)

seja com a interrupção das aplicações. Nestas condições, os níveis de metais, em forma disponíveis nos solos, seriam aumentados, colocando em risco o ambiente, podendo inclusive entrar na cadeia alimentar.

Como os metais pesados apresentam maior mobilidade em condições ácidas, aumentando a toxidez para as plantas, a acidez dos solos tropicais intemperizados poderia induzir a um maior potencial de contaminação. Apesar de existirem vários estudos no Brasil sobre a toxidez de metais pesados para as plantas, há poucos estudos sobre os processos que interferem em sua disponibilidade para as plantas, sua permanência no solo, suas condições de maior ou menor solubilidade e para o estabelecimento de medidas atenuantes.

A CETESB elaborou o "Relatório de estabelecimento de valores orientadores para Solos e Águas Subterrâneas no Estado de São Paulo", publicando uma lista de valores orientadores para proteção da qualidade de solos e das águas subterrâneas (Tabela 4).

### Nitrato no solo

O nitrogênio (N) é um dos elementos mais abundantes na natureza, constituindo cerca de 78% dos gases da atmosfera. Sua deficiência no solo reduz marcadamente a produção agrícola em quantidade e qualidade. O grande reservatório de N é a atmosfera e os dois principais processos de transferência de N para o solo são a adubação e a fixação biológica. Devido ao processo chamado de desnitrificação, uma grande parte do N fixado volta a atmosfera, fazendo com que a mesma se torne um depósito praticamente inesgotável de N.

No Brasil, as formas químicas mais usadas para adubação nitrogenada são a amoniacal, a nítrica, a amídica (uréia) e a protéica. Na forma amoniacal, o fertilizante perde eficiência em condições alcalinas, com a liberação de amônia por volatilização. Na reação com



o solo, forma-se amônio, que pode ser fixado ao solo, imobilizado pelos microrganismos ou nitrificado por bactérias ou ainda absorvido pelas plantas. No processo de nitrificação, além da acidificação do solo, o ânion nitrato pode ser absorvida em grandes quantidades pelas plantas, contaminando-as, ou ser lixiviado, podendo, neste caso, contaminar a água subterrânea.

Os fertilizantes na forma nítrica têm poder alcalinizante, são pouco retidos pelo solo, havendo predominância do processo de lixiviação de nitrato. Na forma amídica, há também perdas de N por lixiviação, principalmente se o solo for alcalino. Na adubação orgânica, o nitrogênio se torna disponível às plantas somente após sua mineralização, através de processos dependentes de microrganismos, permitindo que ocorra a liberação lenta do nitrogênio. No entanto a utilização de matéria orgânica em excesso e por longos períodos pode causar o acúmulo de nitrato seja no solo, seja na planta.

Outra preocupação com a poluição do ambiente são a suinocultura e a avicultura, a exemplo da região Sul, que detém 47,1% (16,5 milhões de suínos) do rebanho nacional e responde por mais de 80 % (1,2 milhões de toneladas de carne) da produção nacional. As perdas de nutrientes através das fezes e urina, embora possam representar uma oportunidade para a valorização da adubação orgânica e redução da demanda por insumos externos, também representa uma ameaça ao ambiente e à saúde humana e animal. Infelizmente, a estratégia de armazenagem e distribuição de dejetos, comumente utilizadas pelos criadores, não tem sido totalmente correta, pois revela um distanciamento da realidade e não atende às exigências.

No Brasil, estudos têm mostrado que os solos tropicais altamente intemperizados e que apresentam cargas positivas na sua fração coloidal são capazes de reter o nitrato (Singh & Kanehiro, 1969; Kinjo & Pratt, 1971). Como consequência desta capacidade de retenção, a movimentação do nitrato, ao longo do perfil do solo pode ser restringida ou retardada (van Raij and Camargo, 1974; Wong et al., 1990, Dynia, 2000).

### Considerações Finais

Os poucos estudos relativos à contaminação dos solos em áreas agrícolas no Brasil, reportam-se a avaliações da CETESB realizada para o Estado de São Paulo. Esses têm mostrado que os solos avaliados não estão contaminados pelos agrotóxicos analisados, principalmente devido à degradação rápida de alguns compostos e à lixiviação ao longo do perfil de solos para aqueles com meia vida longa e K<sub>d</sub> baixo. Apesar de não existirem dados suficientes para uma síntese sobre a contaminação dos solos por agrotóxico para o Brasil e os poucos

resultados existentes serem pontuais, estes não indicaram, até o presente momento, níveis acima dos recomendados pela CETESB e pelas agências de controle ambientais européias e norte-americanas.

Quanto aos metais pesados e ao nitrogênio, os dados existentes mostram que, apesar da retenção destes pelos solos, as ocorrências de contaminação são localizadas e pontuais.

### Bibliografia Consultada

- BERTON, R. S. Fertilizantes e poluição. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 20. Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: ESALQ, USP, 1992. p. 299-313.
- BERTON, R. S. Disponibilidade e toxicidade de metais pesados no solo. In: MELO, I. S.; SILVA, C. M. M. S.; SCRAMIN, S.; SPESSOTTO, E. (ed.) **Biodegradação**. Embrapa Meio Ambiente, Jaguariúna, 2001. 440 p..
- BERTON, R. S. Riscos de contaminação do agroecossistema com metais pesados In: BETTIOL, W.; CAMARGO, O. A. (ed.) **Impacto ambiental do uso agrícola do lodo de esgoto**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2000. 312 p
- CASARINI, D. C. P.; DIAS, C. L.; LEMOS, M. M. G. **Relatório de estabelecimento de valores orientadores para solos e águas subterrâneas no Estado de São Paulo**. São Paulo: CETESB – Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental, 2001. 246 p.
- CHAIM, A.; CASTRO, V. L. S. S.; CORRALES, F. M.; GALVÃO, J. A. H.; CABRAL, O. M. R.; NICOLELLA, G. Método para monitorar perdas de agrotóxicos na cultura de tomate. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.34, n.5, p.741-747, 1999b .
- CHAIM, A.; VALARINI, P. J.; OLIVEIRA, D. de A.; MORSOLETO, R. V.; PIO, L. C. Avaliação de perdas de pulverização em culturas de feijão e de tomate. Embrapa Meio Ambiente, Jaguariúna, 1999a. 22 p.
- CHANG, A. C.; HYUN, H-NAM; PAGE, A. L. Cadmium uptake for swiss chard grown on composted sewage sludge treated field plots: plateau or time bomb? **Journal of Environmental Quality**, v. 26, n. 1, p. 11-19, 1997.
- DYNIA, J.F. Nitrate retention and leaching in variable charge soils of a watershed in São Paulo state, Brazil. **Communications Soil Science Plant Analysis**, v. 31, n. 5-6, p. 777-791, 2000.
- FAY, E. F., SILVA, C. M. M. S. Degradação abiótica de xenobióticos. In: MELLO, I. S.; AZEVEDO, J. L. (ed.). **Ecologia microbiana**. Brasília: Embrapa, 1996. 1 v.
- KING, L. D. Soil heavy metals. In: **O Solo nos grandes domínios morfoclimáticos do Brasil e o desenvolvimento sustentável**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo; Universidade Federal de Viçosa, 1996. p. 823-853.
- KINJO, T.; PRATT, P. F. Nitrate adsorption. I. In some acid soils of Mexico and South America. **Soil Science Society of American Proceedings**, v. 35, p. 722-725, 1971.
- LAKE, D. L. Sludge disposal to land. In: LESTER, J. N. (ed.) **Heavy metals treatment processes**. Boca Raton: CRC Press, 1987. v.2, 155 p.
- MARQUES, M. O.; MELO, W. J.; MARQUES, T. A. Metais pesados e o uso de biossólidos na agricultura. In: TSUTIYA, M. T.; COMPARINI, J. B.; SOBRINHO, P. A.; HESPANHOL, I.; CARVALHO, P. C. T. de; MELFI, A. J.; MELO, W. J.; MARQUES, M. O. (ed.). **Biossólidos na Agricultura**. São Paulo: SABESP, USP, UNESP, 2001.

MCLACHLAN, M. S. Bioaccumulation of hydrophobic chemicals in agricultural food chains, **Environmental Science Technology**, v. 30, n. 1, p. 252-259, 1996.

PARAÍBA, L. C.; MIRANDA, J. I.; ABAKERLI, R. B. **BDP Software**: base de dados de pesticidas. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2002. (Embrapa Meio Ambiente. Série Documentos). no prelo

PESSOA, M. C. P. Y; SCRAMIN, S; FERRACINI, V. L; CHAIM, A.; SILVA, A. de S.; CERDEIRA, A. L.; GOMES, M. A. F.; GUSAKOV, K. C. **Impacto ambiental do uso de agrotóxicos na qualidade das águas das bacias hidrográficas brasileiras – estado da arte**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2001. 168 p. (Relatório Técnico Consultoria Secretaria de Recursos Hídricos/Ministério do Meio Ambiente).

RAIJ, B. van; CAMARGO, O. A. Nitrate elution from soil columns of three Oxisols and one Alfisol. In: **International Congress of Soil Science**, 10. 1974. **Transactions**, Moscow: Nauka Publishing House, 1974. v. 2, p. 385-391

SINGH, B.R. & KANEHIRO, Y. Adsorption of nitrate in amorphous and kaolinitic Hawaiian soils. **Soil Science Society of American Proceedings**, v. 33, p. 681-683, 1969.

SOMASUNDARAM, L.; COATS, J. R. (eds). **Pesticide transformation products. Fate and significance in the environment**. Washington, DC: American Chemical Society, 1991 1 v.

WONG, M. T. F., HUGUES, R.; ROWELL, D. L. Retarded leaching of nitrate in acid soils from the tropics: measurement of the effective anion exchange capacity. **Journal of Soil Science**, v. 41, p. 655-663, 1990.

# Utilização de Resíduos Urbanos e Industriais

## 8

## Capítulo

Manoel Dornelas de Souza  
José Flávio Dynia  
Wagner Bettioli

Toda e qualquer atividade humana leva à produção de resíduos (lixo urbano e industrial, esgotos etc.) cuja disposição inadequada tem causado contaminação ambiental. A crescente percepção do problema pela sociedade tem demandado, do poder público, medidas que visam a melhoria das condições ambientais comprometidas por esses resíduos. Como consequência, já se verifica em diversos municípios, principalmente do Estado de São Paulo, a implantação de estações de tratamento de esgotos e de coleta seletiva de lixo. Em alguns estados, há a preocupação com a elaboração de legislação e normas específicas, visando o tratamento adequado e a disposição segura dos resíduos no ambiente. Entre os resíduos gerados, os que mais causam preocupação são o lodo de esgoto (também denominado de biossólido) e o lixo urbano, tanto pelo grande volume produzido, como pelos contaminantes que eles podem carrear para o solo, a água e o ar.

Esgotos urbanos que são um dos principais poluidores dos mananciais hídricos, também podem causar a contaminação de solos, quando despejados diretamente ou via extravasamento de rios e canais de esgotamento. Solos de várzeas, nestas condições, podem também ser descaracterizados e/ou contaminados por agentes biológicos. Essa situação ocorre em grandes centros urbanos, onde se relata ainda o uso de irrigação, especialmente na produção de olerícolas, com águas superficiais contaminadas por esgotos de natureza diversa.

Outra fonte de contaminação, também restrita ao entorno dos centros urbanos é o lixo urbano. Em termos de poluição, apenas os aterros sanitários oferecem certa segurança, pois utilizam critérios de engenharia e normas operacionais bastante rígidas. Nos demais tipos de disposição (lixões e aterros controlados), além da perda da camada superficial, não há

impermeabilização do solo, o que implica em risco de contaminação do subsolo e das águas subterrâneas por produtos orgânicos resultantes da decomposição da matéria orgânica contida no lixo.

Com relação à contaminação do solo por resíduos industriais, existem apenas registros localizados, relacionados geralmente ao entorno de centros urbanos, como a contaminação de pó-de-broca (RJ), resíduos radioativos (GO), etc. Relatos sobre impactos de chuva ácida oriunda de emissões industriais e queima de combustíveis fósseis são mais frequentes sobre a saúde da população e na produção agrícola, sendo o seu efeito na descaracterização do solo ainda pouco estudado.

### Lodo de esgoto ou biossólido

Os recursos hídricos, que até a geração passada eram considerados fartos, tornaram-se limitantes e comprometidos, em virtude da alta poluição em algumas regiões, necessitando, portanto, de rápida recuperação. Nessas condições, há que se tratar os esgotos urbanos que são os principais poluidores dos mananciais hídricos.

O tratamento dos esgotos, que contribui para reduzir a poluição dos rios e melhorar a saúde da população, resulta na produção de um lodo rico em matéria orgânica e nutrientes, denominado lodo de esgoto ou biossólido, havendo necessidade de uma adequada disposição final desse resíduo.

A disposição final adequada do lodo é uma etapa problemática no processo operacional de uma estação de tratamento de esgoto, pois seu planejamento tem sido negligenciado e apresenta um custo que pode alcançar até 50% do orçamento operacional de um sistema de tratamento.

As alternativas mais usuais para o aproveitamento ou disposição final do lodo de esgoto ou biossólido são: disposição em aterro sanitário (aterro exclusivo e co-disposição com resíduos sólidos urbanos); reuso industrial (produção de agregado leve, fabricação de tijolos e cerâmica e produção de cimento); incineração (incineração exclusiva e co-incineração com resíduos sólidos urbanos); conversão em óleo combustível; disposição oceânica; recuperação de solos (recuperação de áreas degradadas e de mineração) e uso agrícola e florestal (aplicação direta no solo, compostagem, fertilizante e solo sintético). Entre as diversas alternativas existentes para a disposição final do lodo de esgoto, aquela para fins agrícola e florestal se apresenta como uma das mais convenientes, pois, como o lodo é rico em matéria orgânica e em macro e micronutrientes para as plantas, é amplamente recomendada a sua aplicação como condicionador de solo e ou fertilizante. Entretanto, o lodo de esgoto apresenta em sua composição diversos poluentes como metais pesados e organismos patogênicos ao homem, dois atributos que devem ser ponderados com muito cuidado.

### Características do Lodo de Esgoto ou Biossólido

A composição do esgoto varia em função do local de origem, ou seja, se de uma área tipicamente residencial ou tipicamente industrial, da época do ano e de outros fatores. A Figura 1 apresenta a composição básica de esgoto doméstico, o qual deve ser tratado nas estações de tratamento.

O lodo de esgoto apresenta uma composição muito variável, pois depende da origem e do processo

de tratamento do esgoto. Um lodo de esgoto típico apresenta em torno de 40% de matéria orgânica, 4% de nitrogênio, 2% de fósforo e os demais macro e micronutrientes. Nas Tabelas 1 e 2, pode-se observar a variação da composição do lodo de esgoto em comparação com outros resíduos orgânicos.

### Benefícios do Uso Agrícola do Lodo de Esgoto

A utilização do lodo de esgoto em solos agrícolas tem como principais benefícios, a incorporação dos macronutrientes nitrogênio e fósforo, e dos micronutrientes zinco, cobre, ferro, manganês e molibdênio. Como os lodos são pobres em potássio, cerca de 0,1%, há necessidade de se adicionar esse elemento ao solo. Pode-se dizer que, normalmente, o lodo de esgoto fornece ao solo os nutrientes para as culturas. No entanto, é preciso conhecimento da sua composição, para se calcular as quantidades adequadas a serem incorporadas, sem correr o risco de toxicidade às plantas e em certas situações aos animais e ao homem e também não poluir o ambiente (CETESB, 1999).

Quanto à melhoria das condições físicas do solo, o lodo de esgoto, de maneira semelhante à matéria orgânica, aumenta a retenção de umidade em solos arenosos e melhora a permeabilidade e infiltração nos solos argilosos e por determinado tempo mantém uma boa estrutura e estabilidade dos agregados na superfície. Por outro lado, a capacidade de troca de cátions do solo, o teor em sais solúveis e de matéria orgânica pode ser aumentado, o que é extremamente benéfico para a maioria de nossos solos agrícolas que geralmente são pouco férteis e têm baixa capacidade de troca de cátions.

Embora em quantidade ainda insuficiente, várias pesquisas conduzidas no país mostram que o lodo é um produto com perspectivas muito favoráveis ao uso no solo para produção de plantas. Para a cultura do milho no cerrado brasileiro, Silva et al. (2000) demonstraram que o lodo de esgoto, gerado pela CAESB em Brasília (DF), apresenta potencial para substituição dos fertilizantes minerais. Melo & Marques (2000) apresentam informações sobre o fornecimento de nutrientes pelo lodo de esgoto para as seguintes culturas: cana-de-açúcar, milho, sorgo e avevém. Entretanto, existem informações do aproveitamento do lodo de esgoto para arroz, aveia, trigo, pastagens, feijão, soja, girassol, café e pêssego entre outras culturas (Bettiol & Camargo, 2000). Também em espécies florestais o lodo vem sendo utilizado com sucesso. Gonçalves et al. (2000) apresentam informações sobre o potencial do uso do lodo de esgoto, gerado na ETE de Barueri, SP, para o cultivo de *Eucalyptus*.

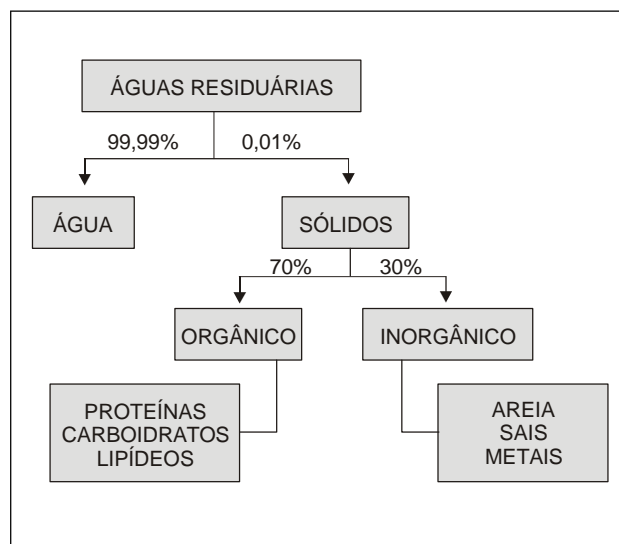


Figura 1. Composição do esgoto doméstico (Melo & Marques, 2000).

**Tabela 1.** Teores de micronutrientes em alguns resíduos orgânicos e no lodo de esgoto (Melo & Marques, 2000)

RESÍDUO	B	Cu	Fe	Mn	Mo	Zn
	mg kg <sup>-1</sup> base seca					
Esterco bovino	Nd	160	7336	552	16	128
Cama de poedeira	Nd	Nd	Nd	240	Nd	210
Composto de lixo	1,0	229	23325	304	22	340
Torta de mamona	Nd	33	2876	77	Nd	156
Cama de frango	Nd	Nd	Nd	360	Nd	280
Lodo de esgoto	118	98	42224	242	9,2	1868

**Tabela 2.** Macronutrientes contidos em alguns resíduos orgânicos (Melo & Marques, 2000)

RESÍDUO	N	P	K	Ca	Mg	S
	mg kg <sup>-1</sup> base seca					
Esterco de curral	17,3	2,0	8,5	5,5	3,9	0,2
Cama de poedeira	23,8	23,0	19,1	7,7		nd
Composto de lixo	12,3	2,8	8,0	25,1	3,4	nd
Vinhaça (g L <sup>-1</sup> )	0,31	0,11	3,6	0,79	0,27	0,92
Cama frango de corte	27,7	16,7	25,7	23,7	6,0	nd
Torta de filtro	7,0	5,0	3,0	35,0	2,0	1,0
Torta de mamona	16,5	8,1	12,0	6,8	6,1	nd
Esterco de suíno	20,2	nd	12,6	nd	Nd	nd
Lodo de esgoto	79,1	10,6	0,63	22,1	2,1	nd

### Riscos de Contaminação dos Solos Pelo Uso de Lodo de Esgoto

A par do seu potencial como fertilizante, o lodo de esgoto pode conter elementos indesejáveis, tais como metais pesados e organismos patogênicos. Estes últimos podem ser eliminados por tratamentos específicos relativamente simples, enquanto que os metais pesados são de difícil remoção. Por outro lado, esses metais, uma vez adicionados ao solo, aí permanecem por tempo indefinido, e por essa razão aplicações seguidas de lodo podem resultar em acúmulo dos mesmos, até níveis prejudiciais à fauna e flora do solo e às plantas, com a possibilidade de entrarem na cadeia alimentar e prejudicarem a saúde do homem e dos animais. Deve-se ressaltar que diversos outros materiais utilizados como fertilizantes e corretivos, tanto orgânicos, (esterços de animais domésticos), como inorgânicos (calcários e rochas fosfatadas) também podem conter metais pesados em proporções consideráveis, seu uso continuado oferecendo riscos comparáveis aos do lodo de esgoto.

Outro risco inerente ao uso do lodo, refere-se à possibilidade de contaminação de lençóis freáticos e cursos de água com nitrato (NO<sup>-</sup>), resultante da mineralização do nitrogênio orgânico<sup>3</sup> do lodo. Embora seja uma das formas de nitrogênio aproveitada pelas plantas, quando em excesso no solo esse ânion tende a lixiviar, podendo, ao longo do tempo, atingir o lençol freático. Mattiazzo e Andrade (2000), analisando os

resultados de diversos estudos com lodos de esgoto em nossas condições edafoclimáticas, apontam que os dados obtidos evidenciam o potencial poluente do lodo de esgoto em termos da contaminação das águas com nitrato, e ressaltam a importância da adequada definição das doses e da frequência de aplicação desse material em função do seu teor de nitrogênio.

As rígidas normas de aplicação de lodo de esgoto adotadas no estado de São Paulo consideram tanto a possibilidade de contaminação do solo com metais pesados e patógenos quanto a contaminação de águas subterrâneas com nitrato, limitando a quantidade aplicada e a frequência das aplicações na mesma área conforme as características do lodo e do solo (CETESB, 1999).

### Lixo Urbano

Entre todas as consequências do explosivo aumento da população brasileira verificada nas últimas décadas, a geração de quantidades crescentes de resíduos sólidos é uma das mais preocupantes do ponto de vista ambiental. A quantidade de tais resíduos praticamente dobrou nos últimos 20 anos, e além desse aumento quantitativo também aumentou a diversidade dos componentes dos resíduos. Enquanto antigamente o lixo produzido pelo homem era constituído basicamente de restos orgânicos, hoje carrega elementos e substâncias danosas ao meio ambiente.

O lixo urbano, atualmente apresenta os seguintes componentes: (a) materiais orgânicos (especialmente restos alimentares), (b) materiais inertes recicláveis (materiais recuperáveis para processamento, como latas de alumínio e de aço, vidros, papéis, garrafas e embalagens de plástico em geral, embalagens de agrotóxicos, etc.) e, c) rejeitos inservíveis (materiais inaproveitáveis das residências, construção civil e fábricas). Existem, ainda, alguns tipos de resíduos tanto urbano quanto industriais, que apresentam características peculiares e devem ser considerados à parte: trata-se de materiais e substâncias perigosas, como lixo de hospital, rejeitos nucleares, amianto, metais pesados, pilhas e baterias, embalagens contaminadas, etc.

A Tabela 3. mostra uma estimativa da composição média do lixo urbano produzido no Brasil

Do lixo produzido, cerca de 13% é depositado em aterros controlados, 10% em aterros sanitários, 0,9% é submetido a compostagem e 0,1% é incinerado. O restante (76%) é depositado a céu aberto, nos chamados "lixões", implicando em grave desconforto social causado pelo chorume, mau cheiro, e infestação de insetos e animais vetores de doenças, além de problemas sociais e de saúde pública devido ao grande número de pessoas que vivem dentro dos lixões.

Em termos de poluição ambiental apenas os aterros sanitários oferecem certa segurança, devido ao fato de sua instalação e funcionamento se basearem em critérios de engenharia e normas operacionais bastante rígidas. Ao contrário dos aterros sanitários, nos demais tipos de disposição (lixões e aterros controlados), não há impermeabilização do solo, o que implica em risco de contaminação das águas subterrâneas pelo chorume gerado a partir da decomposição da matéria orgânica contida no lixo.

A reciclagem dos materiais aproveitáveis do lixo, uma atividade que além de gerar lucro e economizar energia poderia amenizar o problema, ainda esbarra em obstáculos culturais e estruturais. A falta de conscientização da população e até dos agentes diretamente envolvidos, e a lentidão dos licenciamentos ambientais (por falta de um protocolo para projetos de mínimos impactos), geram resistência ao sistema e atrasam a sua implantação. Inclusive, não se fomenta a criação de pólos de reciclagem, onde, certamente, os

custos seriam diminuídos pela escala, e haveria a possibilidade de adoção de tecnologias modernas de recuperação e beneficiamento do material reciclável. A economia possível pela reciclagem do lixo no ano de 1996 no Brasil pode ser estimada em R\$ 5,8 bilhões. Deste total foi obtida economia de R\$ 1,2 bilhão, tendo sido perdidos, pela não reciclagem, R\$ 4,6 bilhões.

O aproveitamento da parte orgânica do lixo para fazer compostagem para fins agrícolas se constitui em outra alternativa de uso desse resíduo. A técnica da compostagem foi desenvolvida com a finalidade de se obter mais rapidamente e em melhores condições a estabilização da matéria orgânica. Na natureza, essa estabilização ou humificação dos restos orgânicos no solo se dá em prazo indeterminado, ocorrendo de acordo com as condições em que ela se encontra. No processo de compostagem os restos são amontoados, preferencialmente revolvidos e se decompõem em menor tempo, produzindo um melhor adubo orgânico.

Como resultado da compostagem, são gerados dois importantes componentes: os sais minerais, que contém nutrientes para as raízes das plantas, e o húmus, considerado condicionador e melhorador das propriedades físicas, físico-químicas e biológicas do solo.

### Considerações Finais

Além do estímulo à reciclagem dos resíduos, há presente necessidade de reduzir a sua produção. Entretanto, tanto para a reciclagem quanto para a redução da produção de resíduos existe a necessidade de ampliar a educação ambiental e cobrar das entidades públicas e privadas que se responsabilizem pelo resíduo gerado. Outro aspecto importante é intensificar a fiscalização quanto a disposição de resíduos, sem a qual a poluição ambiental será ampliada.

No tocante ao lodo de esgoto, quando suas características estiverem dentro das normas estabelecidas, pode ser aplicado na agricultura com a finalidade de reciclagem de nutrientes e de matéria orgânica. A sua disposição agrícola transforma o problema dos esgotos em uma alternativa de fertilização do solo. Entretanto, há necessidade de se monitorar os solos em relação ao nitrato, metais pesados e patógenos.

**Tabela 3.** Composição do lixo sólido urbano no Brasil (Fonte: AENDA, 2001).

Lixo	Quantidade (T/ano)	Participação (%)
Material Orgânico	23.725.000	50
Rejeitos inservíveis	18.031.000	38
Material Reciclável	5.694.000	12
Total	47.450.000	100

### Referências Literárias

- AENDA.ASSOCIAÇÃO DAS EMPRESAS NACIONAIS DE DEFENSIVOS AGRÍCOLAS. Revirando resíduos sólidos - editorial. **AENDA News**, São Paulo, v. 4, n. 40, out. 2001.
- BETTIOL, W.; CAMARGO, O. A. **Impacto ambiental do uso agrícola do lodo de esgoto**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2000. 312 p.

CETESB. **Aplicação de lodos de sistemas de tratamento biológico em áreas agrícolas** – critérios para projeto e operação. São Paulo, 1999. 32 p. (Manual Técnico, p4230).

GONÇALVES, J. L. M., VAZ, L. M. S., AMARAL, T. M., POGGIANI, F. Aplicabilidade de biossólido em plantações florestais: II. Efeito na fertilidade do solo, nutrição e crescimento das árvores. In: BETTIOL, W.; CAMARGO, O. A. **Impacto ambiental do uso agrícola do lodo de esgoto**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2000. p. 179-196.

MATTIAZZO, M. E.; ANDRADE, C. A. Aplicabilidade do biossólido em plantações florestais: IV. Lixiviação de N inorgânico e toxi-

cidade de metais pesados. In: BETTIOL, W.; CAMARGO, O. A. **Impacto ambiental do uso agrícola do lodo de esgoto**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2000. p. 203-207.

MELO, W. J.; MARQUES, M. O. Potencial do lodo de esgoto como fonte de nutrientes para as plantas. In: BETTIOL, W.; CAMARGO, O. A. **Impacto ambiental do uso agrícola do lodo de esgoto**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2000. p. 109-141.

SILVA, J. E.; RESCK, D. V. S.; SHARMA, R. D. Alternativa agrônômica para o biossólido: a experiência de Brasília. In: BETTIOL, W.; CAMARGO, O. A. **Impacto ambiental do uso agrícola do lodo de esgoto**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2000. p. 143-152.

# Outras Formas de Degradação do Solo

## 9

Carlos Alberto Flores

Celso Vainer Manzatto

Iedo Bezerra Sá

Luciano José de Oliveira Accioly

Tatiana Deane de Abreu Sá

Flávio Hugo Barreto Batista da Silva

Thomaz Correia e Castro da Silva

### Desertificação

A Convenção das Nações Unidas para o Combate à Desertificação (United Nations, 2001) conceituou a desertificação como o “processo de degradação das terras das regiões áridas, semi-áridas e sub-úmidas secas, resultante de diferentes fatores, entre eles as variações climáticas e as atividades humanas”. Estão ligados a essa conceituação, as degradações do solo, da fauna, da flora e dos recursos hídricos.

Considerando que as regiões de clima árido e semi-árido constituem os ambientes mais susceptíveis à degradação, no Brasil os processos de desertificação afetam principalmente a região Nordeste. Apesar disso, outras áreas, como as areias de Alegrete (localizadas no sudoeste do Estado do Rio Grande do Sul) têm sido mencionadas como áreas sob processo de desertificação. No entanto, do ponto de vista da dimensão da área impactada e das conseqüências sociais envolvidas a desertificação é, nitidamente, um problema do semi-árido brasileiro, sendo o caso de Alegrete considerado como um processo de arenização.

No Brasil, os relatos sobre desertificação se intensificaram a partir das décadas de 70 e 80 (Rodrigues, 1997). Durante a década de 90, a desertificação passou de tema regional para ganhar relevância nacional por força da Agenda 21 (que trata do assunto no capítulo 12 – Manejo de Ecossistemas Frágeis: A luta contra a desertificação e a seca) e da Convenção das Nações Unidas para o Combate da Desertificação (UNCCD) da qual o Brasil é signatário desde de 1994.

A desertificação é um processo complexo cuja avaliação envolve variáveis de natureza física, biológica e socioeconômica. Neste contexto, o solo é uma das variáveis complexas do meio físico que apresenta propriedades que podem ser utilizadas como indicadores

do processo da desertificação (e.g., profundidade efetiva, teor de matéria orgânica, salinidade, etc). Desta forma, a multidisciplinariedade e a integração de dados provenientes de inúmeras variáveis é um processo quase obrigatório nos estudos de desertificação e, como tal, é possível a abordagem do tema, não apenas neste, mas também em outros capítulos deste documento.

Dada a característica multidisciplinar da desertificação os trabalhos sobre o tema, normalmente, utilizam um conjunto de indicadores de mais variada natureza. As diferenças no número e tipo de indicadores, e também nos critérios de classificação das áreas potencialmente susceptíveis à desertificação, têm levado à produção de mapas que, como era de se esperar, diferem na área e/ou no grau de ocorrência da desertificação. Desta forma, quando se considera as classes no intervalo entre muito grave e moderada, a desertificação no Nordeste do Brasil pode atingir uma área que varia entre 182.000 e 665.500km<sup>2</sup>, segundo Sá et al. (1994) e Ferreira et al. (1994), respectivamente.

Para se restringir ao tema deste livro, a desertificação passa a ser tratada com ênfase na degradação dos solos e suas relações com o uso e a cobertura vegetal. O uso e o manejo inadequado dos solos são apontados como as principais causas de origem antrópica relacionadas com a desertificação. No Nordeste do Brasil, várias formas de uso podem acarretar em diferentes processos que resultam em desertificação. O extrativismo tanto vegetal (principalmente voltado para obtenção de lenha para fins energéticos) quanto mineral, assim como o sobrepastoreio das pastagens nativas ou cultivadas e o uso agrícola por culturas que expõem os solos aos agentes da erosão são as principais causas dos processos de desertificação que atingem as áreas não sujeitas à irrigação. Quando a atividade é a agricultura irrigada, a salinização dos solos é o princi-



pal agente do processo de desertificação. A salinização dos solos, no entanto, será tratada em outro item desse capítulo.

Um levantamento da literatura produzida no Brasil sobre o tema até meados da década de 90 (Rodrigues, 1997) evidenciou que entre os indicadores utilizados para avaliar a desertificação, a erosão dos solos é o que tem sido utilizada com maior frequência.

Um dos trabalhos pioneiros de identificação de áreas em processo avançado de desertificação foi realizado por Vasconcelos Sobrinho (1983). Com base na interpretação visual de imagens do satélite Landsat de 1976 e 1978, esse autor mapeou, na escala de 1:500.000, oito núcleos de desertificação na região Semi-Árida de Pernambuco, ressaltando a destruição dos solos do semi-árido nordestino como o mais grave dos efeitos da desertificação.

Na escala regional, o primeiro trabalho de classificação do Semi-Árido em termos de susceptibilidade à desertificação, que considerou primordialmente indicadores associados aos solos foi realizado pela Embrapa através do Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Semi-Árido (Embrapa Semi-Árido; Riché et al., 1994). Embora este trabalho tenha considerado a classificação de susceptibilidade à desertificação, apenas para as áreas do semi-árido com precipitação inferior a 500mm, ele representa um grande avanço nos aspectos físicos da desertificação não apenas por usar classes de solos, relevo e susceptibilidade à erosão, mas também, por utilizar a espacialização quanto à susceptibilidade à desertificação segundo as unidades geoambientais incluídas no Zoneamento Agroecológico do Nordeste (ZANE) (Silva et al., 1993; Embrapa Solos, 1995). Pelo fato deste trabalho não incluir as demais áreas da região Nordeste com precipitação superior a 500mm, mas ainda contempladas dentro do conceito de desertificação, é bem provável, que o mesmo tenha

subestimado o valor real da área susceptível à desertificação. Neste trabalho, Riché et al. (1994) apresentaram os estados da Paraíba e do Ceará como os mais afetados pelos processos de desertificação. À época, estes estados possuíam, respectivamente, 37 e 29% das suas terras em processo de desertificação severo (Tabela 01).

As classes de risco à desertificação na região Nordeste foram também determinadas por Riché et al. (1994) para indicadores associados às características dos solos (classe do solo e sensibilidade à erosão) uso e tempo de ocupação, relevo e precipitação média anual. Por esses indicadores, verifica-se que cerca de 16% do Semi-Árido nordestino apresenta processo de desertificação entre severo e acentuado (Tabela 02).

Na elaboração do seu mapa Riché et al. (1994), consideraram os Luvisolos e Neossolos Líticos como os mais suscetíveis aos processos de desertificação, sendo a localização geográfica das áreas com problemas de desertificação apresentada, em forma esquemática, na Figura 1.

Analisando os dados do Zoneamento Agroecológico do Nordeste, elaborado pela (Embrapa Solos, 2001), concluiu-se que aproximadamente 1/3 da região semi-árida, ou cerca de 353.870km<sup>2</sup> é constituída por terras com muito baixa a baixa oferta ambiental (solos rasos, pedregosos e/ou salinos em clima árido), que estão atualmente sendo utilizados com pecuária em regime extensivo, agricultura de subsistência e algodão, em manchas de solos de menor limitação. A conjugação desta exploração, com domínio de pequenas e médias propriedades e a ocorrência comum de valores de densidade da ordem de 15-20hab/km<sup>2</sup>, exercem uma forte pressão antrópica sobre os solos e vegetação, sugerindo portanto que as terras sob risco de desertificação devem ser superiores às estimadas anteriormente. De fato, algumas dessas áreas já se encontram em processo avançado de desertificação, sendo recentemente

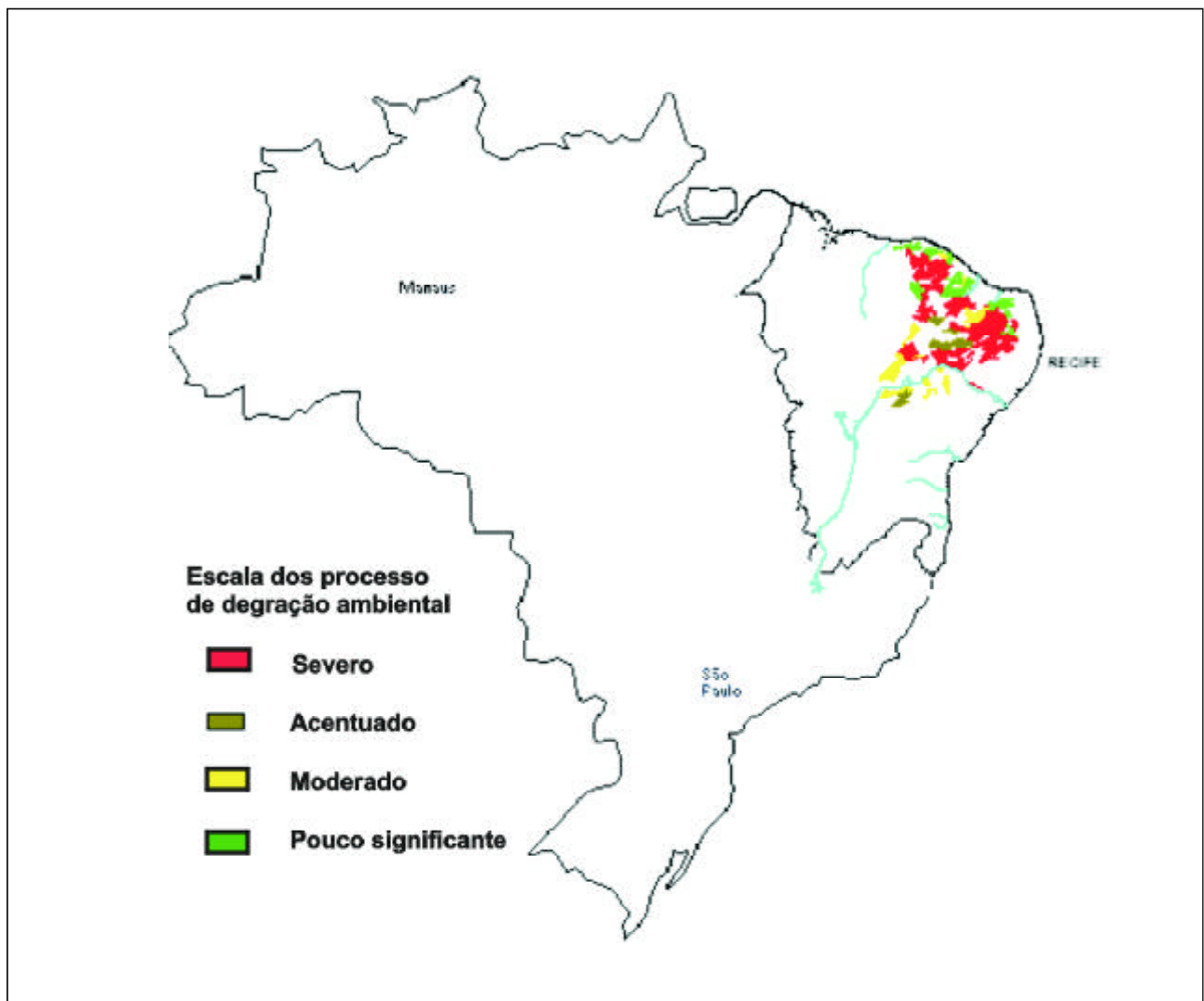
Tabela 1. Área em processo de desertificação nos estados do Nordeste (ha, %).

Níveis de Degradação	Solos	Alagoas	Bahia	Ceará	Paraíba	Pernambuco	Piauí	Rio Grande do Norte	Sergipe
Severo	Luvissolos	90.400 3,26	2.031.300 3,63	4.253.000 28,98	2.106.100 37,36	2.629.800 16,58	588.700 2,34	896.200 16,92	271.200 12,29
Acentuado	Neossolos	-	667.300 1,19	885.600 6,03	692.500 12,28	721.100 7,34	54.000 0,21	141.100 2,66	-
Moderado	Argissolos e Neossolos	-	163.200 0,29	509.900 3,47	298.500 5,29	154.400 1,57	792.300 3,17	265.800 5,01	-
Baixo	Planossolos	-	-	2.060.000 14,03	429.300 8,62	-	61.100 0,24	602.100 11,35	-
Total		90.400 3,26	2.861.800 5,11	7.708.500 52,51	3.526.400 63,55	2.505.300 25,49	1.496.100 5,96	1.905.200 35,94	271.200 12,29

Fonte: Zoneamento das áreas em processo de degradação ambiental no Trópico Semi-Árido do Brasil, Embrapa, 1995.

**Tabela 2.** Escala de desertificação e respectivas áreas na Região Nordeste do Brasil.

Níveis de degradação ambiental	Tipos e associações de solos	Relevo	Sensibilidade à erosão	Tempo de ocupação	Área mais seca do TSA (%)	TSA (%)	NE (%)
Severo	Luvissolos	Suave ondulado Ondulado	Forte	Longo (algodão)	18,42	12,80	7,15
Acentuado	Neossolos Líticos	Ondulado, Forte Ondulado e Montanhoso	Muito forte	Recente cultivo de subsistência	10,23	3,40	1,90
Moderado	Argissolos e Neossolos Cambicos	Ondulado e Forte Ondulado	Moderado	Longo cultivo comercial	10,21	3,40	1,89
Baixo	Planossolos	Plano e Suave Ondulado	Moderado	Médio pastagem e cultivo de subsistência	7,07	2,35	1,89
<b>TOTAL</b>			<b>20.364.900ha</b>		<b>65,93</b>	<b>21,95</b>	<b>12,25</b>

**Figura 1.** Mapa da Desertificação no Brasil (Adaptado de Riché et al., 1994)<sup>1</sup>

<sup>1</sup>O mapa evidencia, também, a delimitação da região Nordeste incluindo a parte semi-árida do Estado de Minas Gerais e os principais cursos d'água da região.

selecionados quatro núcleos, nos municípios de Gilbués (PI), Irauçuba (CE), Seridó (RN/PB) e Cabrobó (PE), onde os efeitos estão concentrados em pequena e delimitada parte do território (cerca de 15.000km<sup>2</sup>) porém com danos de profunda gravidade.

O diagnóstico básico Plano Nacional de Combate à Desertificação em elaboração pelo MMA que conta, inclusive com mapas de susceptibilidade à desertificação, indica perdas da ordem de US\$ 300 milhões/ano devido aos processos de desertificação no Brasil. O diagnóstico indicou uma área total de 1.548.672km<sup>2</sup> com algum processo de degradação, sendo que 98.595km<sup>2</sup> se encontram na forma muito grave. Estimam-se custos da ordem de US\$ 2 bilhões a serem gastos em 20 anos somente para a recuperação das áreas mais gravemente afetadas.

Estudos recentes realizados por Accioly et al. (2001) no núcleo de desertificação do Seridó relacionou a classe de uso e a biomassa da caatinga com a classe de solo (Tabelas 3 e 4). As lavouras e as pastagens naturais com gramíneas ocuparam cerca de 38 % das áreas de Planossolos e Neossolos Regolíticos e menos de 20 % das áreas de Luvisolos e Neossolos Líticos.

Esses resultados mostraram que o enfoque sobre as causas dos processos de desertificação que estão ligadas a fatores físicos e biológicos e a conseqüente seleção de indicadores devem considerar as relações entre classe de solo e o uso atual, dando ênfase, também, a produtividade das culturas e das pastagens quando se tratar de

Neossolos Regolíticos e Planossolos e, a produtividade de biomassa da caatinga, quando forem considerados os solos Neossolos Líticos e os Luvisolos.

A produtividade de biomassa da caatinga, no entanto, apresentou diferenças consideráveis quando analisada para as principais classes de solo que ocorrem no núcleo de desertificação do Seridó (Tabela 4). Embora as áreas ocupadas com caatinga sejam semelhantes para os Luvisolos e para os Neossolos Líticos (Tabela 3), cerca de 50 % da produtividade da biomassa de caatinga nos Neossolos Líticos esteve acima de 10 Mg/ha, enquanto nos Luvisolos o percentual nessa faixa foi de apenas 4% (Tabela 4). Como conseqüência, os Luvisolos, em geral, apresentam menor cobertura vegetal e, portanto, estão muito mais sujeitos aos efeitos danosos dos processos de desertificação do que os Neossolos Líticos do núcleo de desertificação do Seridó. A principal razão para uma maior cobertura vegetal nos Neossolos Líticos dessa área está na dificuldade de acesso inerente a este tipo de solo (declividades acentuadas em relevo movimentado) para a exploração de lenha. Por se situarem na paisagem numa posição de relativamente fácil acesso, a exploração da caatinga para lenha é facilitada nas áreas de ocorrência dos demais tipos de solo.

Esses resultados mostraram que o enfoque sobre as causas dos processos de desertificação que estão ligadas a fatores físicos e biológicos e a conseqüente seleção de indicadores deve considerar as relações entre

**Tabela 3.** Uso atual em percentagem por unidade de solos da área piloto com 75.000ha do Núcleo de Desertificação do Seridó, RN.

Uso Atual (%)	Classe de Solo			
	Luvisolos	Planossolos	Neossolos Regolíticos	Neossolos Líticos
Caatinga	69	55	53	74
Lavouras	12	21	20	2
Pastagens	9	17	17	5
Outras Classes <sup>1</sup>	10	7	10	19

<sup>1</sup>Estão contidos em outras classes, píxels não classificados e píxels classificados em uma das seguintes classes: área urbana, açudes e solo exposto (esta última apenas para o caso de Neossolos Líticos).

**Tabela 4.** Biomassa da Caatinga por unidade de solo da área Piloto de Desertificação do Seridó, RN.

Biomassa <sup>1</sup> (Mg/ha)	Classe de Solo			
	Luvisolos	Planossolos	Neossolos Regolíticos	Neossolos Líticos
0.1 a 5.0	21.5	11.0	7.5	2.5
5.0 a 10.0	43.5	38.0	43.0	14.5
10.0 a 15.0	4.0	5.5	3.0	25.0
15.0 a 20.0	0.2	0.3	0.1	30.5
Maior que 20.0	0.0	0.0	0.0	2.0

<sup>1</sup>Biomassa do estrato arbóreo/arbustivo para plantas com diâmetro à altura do peito (DAP) maior ou igual a 1cm.

classe de solo e o uso atual, dando ênfase, também, a produtividade das culturas e das pastagens quando se tratar de Neossolos Regolíticos e Planossolos e a produtividade de biomassa da caatinga quando forem considerados os solos Neossolos Liticos e os Luvisolos.

## Arenização

Arenização é aqui entendida como o processo de retrabalhamento de depósitos arenosos pouco ou não consolidados, que acarreta dificuldades para a fixação da cobertura vegetal, devido à intensa mobilidade dos sedimentos pela ação das águas e dos ventos. É a degradação, relacionada ao clima úmido, em que a diminuição do potencial biológico não resulta em condições de tipo deserto. O Rio Grande do Sul, que possui precipitação média de 1.400mm, apresenta algumas áreas em fase de arenização.

A região de ocorrência dos areais está localizada no sudoeste do Rio Grande do Sul, a partir do meridiano de 54° em direção oeste até a fronteira com a Argentina e a República Oriental do Uruguai. A degradação do solo nesta área apresenta-se sob a forma de areais. Estes ocupam uma larga faixa, onde se localizam os municípios de Alegrete, Cacequi, Itaqui, Maçambará, Manoel Viana, Quaraí, Rosário do Sul, São Francisco de Assis e Unistalda (Tabela 5).

A área de ocorrência dos areais (Figura 2) tem como substrato o arenito da Formação Botucatu. Sobre esta formação Mesozóica, assentam-se depósitos arenosos não consolidados, originários de deposição hídrica e eólica durante o Pleistoceno e o Holoceno. São nestes depósitos que se originam os areais. A formação dos areais, interpretada a partir de estudos geomorfológicos, associada à dinâmica hídrica e eólica, indica que os areais resultam, inicialmente, de processos hídricos. Estes, relacionados com uma topografia

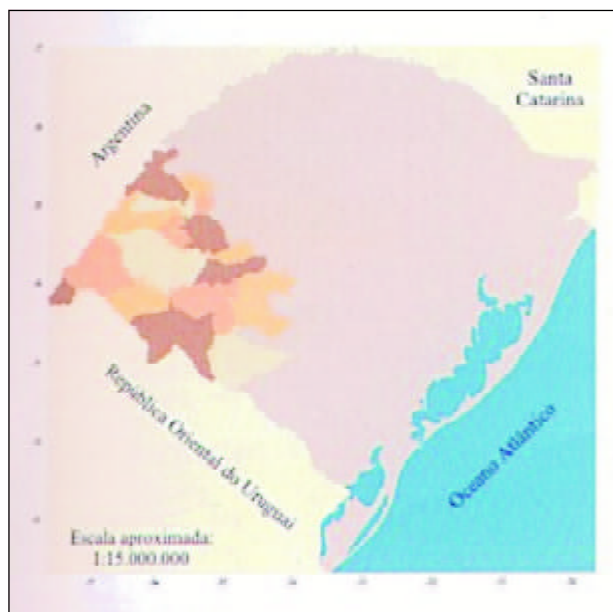


Figura 2. Área de ocorrência de areais no Sudoeste do Estado do Rio Grande do Sul, Brasil.

favorável, permitem, numa primeira fase, a formação de ravinas e voçorocas. Na continuidade do processo, desenvolve-se por erosão lateral e regressiva, conseqüentemente, alargando suas bordas.

Para o conjunto da região, de acordo com o mapeamento feito com imagens de satélite, os areais representam algo em torno de 3,67km<sup>2</sup> (3.663,00ha). A esse total são acrescidos 1.600ha de áreas denominadas focos de arenização. As áreas degradadas, do ponto de vista da arenização, representam 0,26% da área total da região Sudoeste.

Por outro lado, à jusante destas ravinas e voçorocas, em decorrência dos processos de transporte de sedimentos pela água durante episódios de chuvas torrenciais, formam-se depósitos arenosos em forma de leque. Com o tempo, esses leques agrupam-se e, em

Tabela 5. Extensão e percentagem de ocorrência de Areais por área Municipal na Região Sudeste do Estado do Rio Grande do Sul.

Município	Área do município (km <sup>2</sup> )	Área de areais (km <sup>2</sup> )	% areais por Município
Alegrete	7.891,92	13,21	0,1675
Cacequi	2.353,52	0,14	0,0061
Itaqui	3.291,99	0,18	0,0056
Maçambará	1.668,83	4,62	0,2773
Manuel Viana	1.677,75	5,48	0,3270
Quaraí	3.255,60	2,99	0,0920
Rosário do Sul	4.404,61	1,12	0,0255
São Borja	3.525,65	2,77	0,0435
S. Fsc. De Assis	2.171,14	5,88	0,2712
Unistalda	641,47	0,24	0,0380
<b>TOTAL</b>	<b>30.872,48</b>	<b>3,67</b>	<b>0,0119</b>

conjunto, originam um areal. O vento que atua sobre essas areias, em todas as direções, permite a ampliação desse processo. Os areais ocorrem sobre unidades litológicas frágeis (depósitos arenosos) em áreas com baixas altitudes e declividades. São comuns nas médias colinas e nas rampas de contato com escarpas de morros testemunhos. Sobre outro aspecto, a formação de ravinas e de voçorocas, processos associados à origem dos areais, podem também ser resultados do pisoteio do gado e da maquinaria pesada na atividade agrícola, originando sulcos e desencadeando condições de escoamento concentrado.

### Salinização

O termo salinidade ou caráter salino do solo refere-se à presença de sais mais solúveis em água fria que o sulfato de cálcio (gesso), em quantidade que interfere no desenvolvimento da maioria dos vegetais, que se expressa em uma condutividade do solo em alguma época do ano entre 4 e 7dS/m (acima deste valor, considera-se como sálico – adaptado de Embrapa Solos, 1999). Esta característica pode-se ser natural, como resultado dos fatores de formação e dos processos de gênese dos solos, como por exemplo, os solos salinos que se observam ao longo da costa brasileira e aluviões e várzeas do Nordeste, ou oriunda da ação antrópica, como resultado das práticas de drenagem e irrigação de solos localizados em condições ambientais que propiciem o acúmulo de sais no solo (climas áridos e semi-áridos e/ou drenagem do solo deficiente).

Em termos agrícolas, a salinidade se refere à existência de níveis de sais no solo que possam prejudicar de maneira economicamente significativa, o rendimento das plantas cultivadas. A tolerância ou sensibilidade das plantas à presença de sais no solo é uma característica genética própria de cada tipo de planta, que determina que umas tolerem concentrações elevadas como a cevada e o algodão, enquanto outras, como o feijão e a cenoura, sejam bastante sensíveis, mesmo a baixos teores. Esta característica das culturas e vegetais de forma geral, esta associada à limitação que a salinidade impõe ao desenvolvimento do sistema radicular das plantas, restringindo seu crescimento e absorção de água, face ao elevado potencial osmótico do meio (seca fisiológica) e ao desbalanceamento geral entre os nutrientes assimilados pelas plantas, especialmente quando o sódio está presente.

Assim o processo de salinização do solo pode ocorrer, de uma maneira geral, em solos situados em regiões de baixas precipitações pluviárias, alto déficit hídrico e que tenham deficiências naturais de drena-

gem interna. No Brasil, levando-se em consideração tão somente as precipitações pluviárias e a distribuição destas ao longo do ano, pode-se separar regiões em: Semi-áridas - com período de seca igual ou superior a 6 meses por ano e precipitações médias anuais menores que 800mm; nesta classe situa-se 50% da área do Nordeste brasileiro. Semi úmidas - período de 4 a 5 meses por ano. Úmidas - período de 1 a 3 meses por ano. Muito úmida - sem seca. Quanto menor o valor das precipitações médias anuais de uma região e maior a evapotranspiração potencial, maior é a possibilidade de salinização de seus solos quando irrigados, pois como resultado do maior déficit hídrico, menor é a possibilidade da lixiviação dos sais para horizontes mais profundos do solo.

Nestas condições, a prática da agricultura irrigada é considerada como uma das principais causas da salinização dos solos. Assim, ao se irrigar e cultivar o solo, os sais presentes na água de irrigação e adubos podem se acumular nos horizontes superficiais, especialmente naqueles com drenagem interna deficiente ou nula, podendo se tornar salinos caso não sejam drenados artificialmente ou mesmo desérticos nos casos mais graves. O acúmulo progressivo de sais no solo, ao exceder a capacidade natural das argilas em adsorver sais (CTC – Capacidade de Troca Catiônica), promovem a dispersão destas argilas, um processo eletroquímico que leva a perda progressiva da drenagem natural dos solos, que retroalimenta o processo de salinização.

Esta é uma situação que, em maior ou menor grau, vem atualmente ocorrendo nas regiões semi-áridas do Nordeste brasileiro, o que resultou numa recente parceria entre a Codevasf - Companhia de Desenvolvimento do Vale do Rio São Francisco e Parnaíba e a Embrapa Solos, visando o desenvolvimento do Sistema Brasileiro de Classificação de Terras para Irrigação, como forma de estabelecer parâmetros para a irrigação e drenagem mais apropriadas para os solos brasileiros.

Estima-se que no Brasil, os solos com problemas de salinidade sejam da ordem de 2% do território nacional (Embrapa Solos – Mapa de Solos do Brasil), sendo sua localização geográfica esquematicamente apresentada na Figura 3. A correção e/ou recuperação destas terras é tecnicamente possível através de práticas como a drenagem subterrânea, uso de condicionadores químicos (p.e. gesso) e aplicação de elevada quantidade de água para a retirada do excesso de sais do perfil do solo. Porém os altos custos financeiros associados e a disponibilidade de terras para uso agrícola no País, praticamente inviabilizam a recuperação destas terras.

Para o diagnóstico e monitoramento da salinização, os solos são classificados quanto à salinidade em função da Condutividade Elétrica do extrato da

saturação (CE), da percentagem de sódio trocável (PST) e do pH (Tabela 6).

As Tabelas de 7 a 13, apresentadas a seguir, descrevem as áreas atingidas por processos de salinização nos diversos Estados da região Nordeste, evidenciando os principais perímetros que praticam a agricultura irrigada. Na Tabela 8, ao final, tem-se um quadro resumo da situação da salinização natural dos solos em cada um dos Estados da região Nordeste, nos diferentes tipos de solos.

Com relação à bacia do rio São Francisco em sua porção semi-árida, localizada nas regiões do Mé-

dio, Sub-Médio e parte do Baixo, apresenta risco de salinização, em graus variando de muito alto a médio. No Alto, o risco de salinização vai de nulo a baixo, em razão dos solos serem mais profundos, bem drenados e a precipitação pluviométrica ser mais elevada.

A prevenção da degradação do solo, de modo geral, está relacionada com: práticas conservacionistas, menor movimentação possível do solo nas condições adequadas de umidade, de uso de equipamentos agrícolas leves, de sistemas de irrigação apropriado à natureza do solo, de doses e de frequências de irrigação, águas de baixo teor salino, pousio, uso de plantas

Tabela 6. Classificação dos solos quanto a salinidade.

Solo	CE (mmhos/cm)	PST (%)	pH
Normal	< 4	< 13	< 8,5
Salino	> 4	< 13	< 8,5
Sódico	< 4	> 13	> = 8,5
Salino/Sódico	> 4	> 13	< 8,5

Fonte: Oliveira (1997).

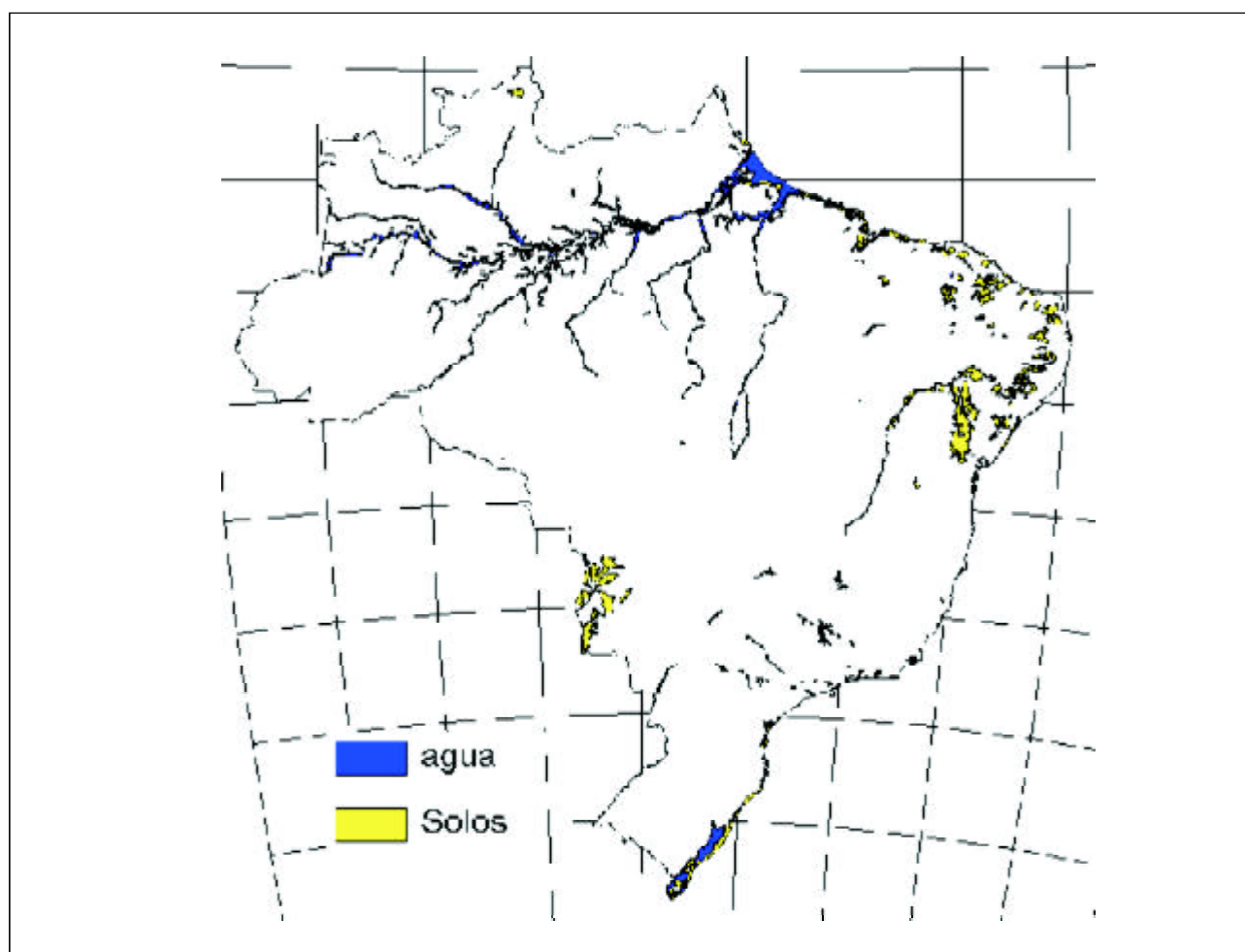


Figura 3. Localização esquemática dos solos com problemas de salinidade no Brasil.

Fonte: Embrapa Solos - <http://www.cnps.embrapa.br/pesquisa/temas/temas.html>.

O mapa evidencia, também, a delimitação da região Nordeste incluindo a parte semi-árida do Estado de Minas Gerais e os principais cursos d'água da região.

**Tabela 7.** Dados referentes às áreas salinizadas do Piauí.

Local	Município	Latitude	Longitude	Salinizada	Com tendência à salinização
Perímetro irrigado de Lagoas do Piauí	Luzilândia	Entre 3° 37' e 3° 26'S	Entre 42° 37'e 42° 10'W	45	15
Perímetro irrigado do Caldeirão	Piripiri	Entre 4° 14'e 4° 17'S	Entre 41° 47'e 42° 9'W	61	67
Perímetro irrigado Fidalgo	Simplício Mendes	7° 51'S	41° 54'W	25	-
Total				131	82

Fonte: Relatório do DNOCS, 1999.

**Tabela 8.** Áreas salinizadas nos perímetros irrigados do Ceará (2ª DR/CE).

Local	Área salinizada (ha)	% da área total
Morada Nova	274	7,6
Quixadinha	3	2,7
Ico/Lima Campos	122	4,5
Curu-Paraipaba	—	—
Curu-recuperação	66	6,2
Várzea de boi	30	9,2
Forquilha	20	9,2
Ayres de Souza	32	5,2
Jaguaruana	15	7,5
Ema	2	4,8

Fonte: DNOCS (1991). Situação de 30/04/1991.

**Tabela 10.** Áreas salinizadas nos perímetros irrigados da Paraíba

Local	Área salinizada (ha)	% da área total
Sumé	82	30,1
Eng. Arcoverde	22	7,8
São Gonçalo	523	22,0

Fonte: DNOCS (1991). Situação de 30/04/1991

**TABELA 11.** Áreas salinizadas nos perímetros irrigados de Pernambuco

Local	Área salinizada (ha)	% da área total
Boa Vista	2	2,3
Custódia	22	8,4
Moxotó	328	8,2
Cahoeira II	19	7,9

Fonte: DNOCS (1991). Situação de 30/04/1991

**Tabela 9.** Áreas salinizadas nos perímetros irrigados do Rio Grande do Norte

Local	Área salinizada (ha)	% da área total
Cruzeta	9	6,5
Itans-Sabugi	25	5,1
Pau dos ferros (2)	27	4,6

Fonte: DNOCS (1991). Situação de 30/04/1991

**Tabela 12.** Áreas salinizadas nos perímetros irrigados da Bahia

Local	Área salinizada (ha)	% da área total
Vaza Barris	309	29,4
Jacurici	30	23,1
Brumado	—	—

Fonte: DNOCS (1991). Situação de 30/04/1991

**Tabela 13.** Áreas de solos (em km<sup>2</sup>) afetados por salinização nos estados do Nordeste.

Solos	Estados							Total
	CE	RN	PB	PE	AL	SE	BA	
Planossolo Nátrico	12.708	3.690	944	5.165	3.370	2.098	30.516	58.491
Planossolo Nátrico Sálícos	8.436	4.064	2.769	2.654	393	1.013	5.161	24.490
Planossolo Háplíco Sálíco	450	837	-	-	-	-	-	1.287
Planossolo Hidromórfíco Sálíco	18	-	-	-	-	-	-	18
Outros	1.645	-	-	-	-	-	-	1.645
Total	23.257	8.951	3.713	7.819	3.763	3.111	35.677	85.931
%	27	10	4,3	9,1	4,4	3,6	41,5	100

Fonte: Adaptado de Pereira (1983)

de cobertura, como leguminosas, e rotação de culturas. Do ponto de vista de alternativas químicas para recuperação de solos degradados por salinização, assinala-se o uso do gesso, assim como o enxofre elementar, ambos têm-se mostrado bons corretivos para remoção de sais. Contudo, as práticas mais comuns de recuperação estão além das condições financeiras da maioria dos agricultores. Por isso, plantas halófitas, tolerantes a sais em excesso na solução do solo, como do gênero *Atriplex* - representam uma alternativa potencial para o aumento da produção agrícola e para melhoramento do solo, além da possibilidade de utilização como forragem de alta qualidade pelo seu alto valor protéico e produção de lenha e carvão.

### Descaracterização de Áreas Úmidas

As áreas úmidas no Brasil somam cerca de 44,7 milhões de ha e ocupam cerca de 5% do território. Também conhecidos como *solos de várzeas*, são constituídos principalmente pelas classes dos Organossolos, Gleissolos, Planossolos e Neossolos.

Esses solos, quando drenados e/ou cultivados, estão sujeitos a mudanças significativas em seus atributos, especialmente os sulfatados e os mais ricos em matéria orgânica. O uso intensivo e inadequado (com drenagem excessiva, por exemplo) ocasiona alterações quantitativas e qualitativas expressivas na sua matéria orgânica, decorrentes do processo de oxidação, com efeito significativo nas propriedades físicas, químicas e morfológicas, além da produtividade agrícola.

Embora não se disponha de dados oficiais, estima-se que a descaracterização desses solos seja expressiva em todas as regiões do País, como decorrência principalmente da drenagem para diversos fins, e em menor proporção da sedimentação resultante de processos erosivos das terras altas. Um exemplo deste último processo é o que atualmente se observa na planície do Pantanal Mato-Grossense, onde a erosão das terras altas está provocando um processo de sedimentação adicional nas terras baixas do Pantanal.

Obras de macro-drenagem e retificação de rios para fins de saneamento, como as realizadas nas décadas 60 e 70, especialmente na Zona Litorânea do País, descaracterizaram, por exemplo, os solos originalmente classificados como Organossolos e Gleissolos em Estados como o do Rio de Janeiro e Espírito Santo. Estas obras causaram ainda aumento da salinidade ou acidificação extrema de solos Sulfatados Ácidos em diversos Estados, com impactos ainda hoje negativos para os recursos hídricos e a ictiofauna.

Da mesma forma, o PROVÁRZEAS - Programa Nacional de Aproveitamento Racional de Várzeas Irrigáveis, que possibilitou a drenagem, sistematização e

aproveitamento agrícola de aproximadamente um milhão de hectares na década de 80, também contribuiu para a descaracterização de solos de áreas úmidas, ao possibilitar, através da drenagem agrícola, maior oxidação da matéria orgânica presente originalmente nos solos, bem como ao alterar seu regime hídrico. Ressalta-se que a maior ou menor degradação destes solos, foi e ainda é dependente da forma de uso, sendo o menor impacto observado quando os solos foram utilizados para a produção de arroz inundado (rizicultura) e maior quando foram utilizados para cultura que requerem maior oxigenação dos solos.

### Queimadas

As queimadas ocorrem em todo território nacional, em cultivo itinerante praticado por indígenas e por agricultores familiares, ou em sistemas de produção altamente intensificados, como a cana de açúcar e o algodão, gerando impactos ambientais em escala local e regional. Elas são utilizadas em limpeza de áreas, preparação de colheita, renovação de pastagens, queima de resíduos, para eliminar pragas e doenças, como técnica de caça etc. Existem muitos tipos de queimadas, movidas por interesses distintos, em sistemas de produção e geografias diferentes. O fogo afeta diretamente as características físico-químicas (perda por volatilização de N e S) e biológicas dos solos, deteriora a qualidade do ar, reduz a biodiversidade e prejudica a saúde humana e acelera indiretamente os processos erosivos, ao diminuir a cobertura vegetal do solo, no início do período chuvoso.

Ao sair de controle, atinge o patrimônio público e privado (florestas, cercas, linhas de transmissão e de telefonia, construções etc.). As queimadas também alteram a química da atmosfera e influem negativamente nas mudanças globais. O impacto desta prática tem sido particularmente criticado e dimensionado na Amazônia, onde atinge proporções dramáticas (Diaz et al. 2002).

Em termos de redução do potencial produtivo das terras, estudos realizados na Amazônia Oriental, em vegetações secundárias de 7 e 40 anos em pousio (capoeiras), apontam que as perdas que ocorrem em áreas preparadas pela queima (incluindo as por volatilização, lixiviação e transporte de partículas) variaram entre 94-98% de C, 93-98% de N, 30-47% de P, 30-48% de Na, 42-50% de K, 13-35% de Ca, 21-43% de Mg e 66-76% de S (Mackensen et al. 1996; Hölscher 1997). Para evitar a continuidade deste quadro e planejar cenários mais sustentáveis, em especial, à agricultura familiar da Amazônia, várias iniciativas de produtores e da pesquisa vêm convergindo para técnicas de preparo de área sem queima, substituindo o uso do fogo pelo



corte e trituração da vegetação secundária (Denich et al. 2001).

Mesmo sem incluir mensurações de todas as perdas, inclusive as de origem biológica e a perda do potencial produtivo das terras, estimativas realizadas pelo IPEA e IPAM, em Motta *et alii* (2001), ilustram de uma forma bastante objetiva dos efeitos negativos das queimadas. As Tabelas 14 e 15 resumem as estimativas dos danos para os anos de 1996 e 1998, considerados, por questões climáticas, como de intensidade regular e intensa de queimadas, respectivamente.

**Tabela 14.** Danos Físicos do Uso do Fogo na Amazônia

Tipo de dano	1996	1998
Propriedade		
Pastagem (km <sup>2</sup> )	6.510	19.408
Floresta primária (km <sup>2</sup> )	7.250	21.614
Dano à benfeitoria (km)	19.768	58.931
Carbono		
Floresta primária (t/C)	88.162.999	265.510.230
Saúde		
Morbidade (internações)	4.319	12.875

Fonte: Adaptado de Motta *et alii* (2002).

**Tabela 15.** Danos Econômicos do Uso do Fogo na Amazônia

Tipo de dano	Dano monetário (1998 US\$ 10 <sup>6</sup> )	% do PIB da região
Propriedade		
1996	216	0.41
1998	594	1.04
Carbono <sup>1</sup>		
1996	309	0.59
1998	929	1.62
Saúde <sup>2</sup>		
1996	3	0.01
1998	10	0.02
Total 1996	528	1.01
Total 1998	1.533	2.67

<sup>1</sup>Perda líquida de Carbono da Floresta Nativa, estimada como estoque de carbono e valorada ao preço mínimo de US\$ 3/tC dos modelos que simulam os mercados de carbono do Protocolo de Kyoto.

<sup>2</sup>Estimativa baseada na correlação entre área queimada e incidência de doenças respiratórias na região e valoradas pelos custos de internações hospitalares anuais decorrentes e verificados na região nos anos de 1996 e 1998 de cerca de US\$ 3 milhões a US\$ 10 milhões.

Fonte: Adaptado de Motta *et alii* (2002).

As estimativas dos danos físicos, apresentadas nas Tabela 6, mostram que nestes anos foram perdidos em média, respectivamente, 6.500 a 19.000km<sup>2</sup> de áreas de pastagem, além de 20 mil a 60 mil km de cercas. Os custos de recuperação destes danos representam um prejuízo aos fazendeiros locais de cerca de US\$ 216 milhões em 1996 e US\$ 594 milhões em 1998, que equivalem a 0,4% e 1% do PIB da Amazônia.

## Mudança do Fluxo de Gases Associados ao Efeito Estufa

Os gases associados ao efeito estufa que vêm sendo mais avaliados em associação a mudanças no uso do solo são o metano (CH<sub>4</sub>), óxido nitroso (N<sub>2</sub>O), dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) e óxido nítrico (NO<sub>x</sub>)<sup>2</sup>.

A despeito da idéia de que os solos de florestas tropicais são em geral considerados sumidouros naturais para o metano, e que a derrubada desta vegetação significa a eliminação deste sumidouro e a criação de uma fonte de semelhante magnitude (Fearnside, 2001), estudos em andamento na Amazônia vêm demonstrando que o manejo florestal e a conversão de florestas primárias em outros sistemas de uso da terra podem levar a situações diversas quanto à variação estacional no fluxo de metano através do solo.

Em explorações florestais seletivas, como os relatados por M. Keller (informação pessoal) em Santarém, observa-se na estação chuvosa, valores expressivamente elevados de fluxo de metano nos parques de estocagem (atingindo 800mg de CH<sub>4</sub> m<sup>-2</sup>dia<sup>-1</sup>), seguidos de valores de 30mg de CH<sub>4</sub> m<sup>-2</sup>dia<sup>-1</sup> nas estradas abertas por *skids*, contrastando com valores inferiores a 5mg de CH<sub>4</sub> m<sup>-2</sup>dia<sup>-1</sup> em solos de clareiras ou sob florestas primárias não manejadas, sendo entretanto, as diferenças menos marcantes no período seco. Já os valores obtidos em pastagens abandonadas na Amazônia Oriental, evidenciam que essas atuam como sumidouros de metano, consumindo cerca de 50% mais que florestas primárias (Verchot et al. 2000).

Em sistemas agroflorestais simultâneos na Amazônia Central, Rondon et al. (2001) evidenciam que na estação seca predomina a oxidação do metano atmosférico, e à medida que avança a estação chuvosa, o solo vai perdendo a sua capacidade de atuar como sumidouro deste gás, tornando-se uma fonte dele. Nestas mesmas condições, sistemas silvipastoris e pastagens adubadas são em geral, baixos sumidouros e fontes elevadas de emissão de metano. Já em sistemas agroflorestais sequenciais na Amazônia Oriental, observa-se que o solo, sob vegetação secundária, atua como sumidouro de metano, quando previamente submetido a diferentes tratamentos de melhoria de capoeira via plantio de leguminosas arbóreas e a um período de cultivo (Oliveira 2001).

Nos cerrados, tem sido evidenciada a tendência de fluxos negativos de metano, ou seja, oxidação de metano pelo solo, em áreas de pastagem, cultivo em rotação soja/milho e vegetação nativa, sob diferentes condições de umidade do solo (Cardoso et al. 1995). Esta tendência pode, contudo, ser alterada em áreas degradadas, onde a porosidade do solo é significativamente modificada. Comparando-se dados preliminares obtidos em situações de floresta em clima temperado aos

valores obtidos na região dos cerrados, Lauren et al. (1996) obtiveram taxas de oxidação de metano significativamente maiores em savanas brasileiras, chegando a acumular 5 vezes mais metano oxidado do que na floresta temperada. Dada a magnitude do efeito oxidativo indicado por esses dados, maior atenção deve ser dada ao uso dos solos sob cerrado e sob outros tipos de savana no contexto das estimativas globais.

Os resultados obtidos por Luizão et al. (1989) indicam que a mudança no uso do solo de floresta tropical para pastagem, na Amazônia Ocidental, triplicou a emissão de N<sub>2</sub>O, levantando a hipótese de que a conversão de áreas<sup>2</sup> de florestas em pastagens nos trópicos pode ser responsável, pelo menos em parte, pelo aumento de N<sub>2</sub>O na atmosfera. Os poucos estudos abordando fluxo<sup>2</sup> de óxido nitroso em sistemas agrofloretais na Amazônia indicam que os solos destes são menores sumidouros do que os sistemas agrícolas de alto e de baixo uso de insumos, e que nas condições da Amazônia Peruana, valores ainda menores foram encontrados em vegetações secundárias em pousio (Verchot et al., no prelo). Na Amazônia Oriental, verifica-se em sistemas agrofloretais seqüenciais, que na fase de vegetação secundária crescendo em áreas previamente submetidas a diferentes tratamentos de melhoria da capoeira e a um período de cultivo, o solo atua predominantemente como fonte de N<sub>2</sub>O (Oliveira, 2001).

Em condições de cerrados, os fluxos de óxido nitroso em áreas convertidas têm indicado emissões muito baixas, chegando a ser quase nula em alguns períodos (Cardoso et al., 1995; Saminez, 1999; Pinto et al., 2000; Davidson et al. 2001), o que leva a inferir que os solos sob cerrado não se constituem em importantes fontes de óxido nitroso. Uma exceção a esta tendência ocorre em sistemas agrícolas submetidos à fertilização, onde emissões variando de 1,02 a 1,6kg de N.ha<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup> medidas por Saminez, (1999).

O efeito de mudanças no uso da terra parece ser menos evidente em relação ao óxido nítrico. Valores de 20 a 45% em relação aos encontrados em floresta primária foram relatados em pastagens e florestas secundárias em Paragominas, PA, enquanto em Rondônia, as emissões de NO por pastagem e floresta foram similares durante a época chuvosa, mas cerca de dez vezes mais baixas em pastagens, durante a época seca (Davidson et al. 2001). Nos sistemas agrofloretais seqüenciais estudados por Oliveira (2001) na Amazônia Oriental, os padrões de fluxo de NO são semelhantes aos encontrados com relação ao óxido nitroso, ou seja, ocorre uma predominância de comportamento como fonte de NO. Para as condições dos cerrados de Brasília, áreas de pastagem com cerca de 20 anos, a emissão de NO atingiu valores quase abaixo dos limites de detecção, exibindo apenas pulsos esporádicos (Davidson et al. 2001).

## Referências Bibliográficas

- ACCIOLY, L. J. O.; SILVA, F. H. B. B.; COSTA, T. C. C.; BURGOS, N.; OLIVEIRA, M. A. J. **Relatório do projeto de pesquisa adaptação de métodos de geo-informação para mapeamento e monitoramento das áreas em processo de desertificação do sertão do Seridó**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2001. 1 v.
- CARDOSO, A. N.; DUXBURY, J.; LAUREN, J.; VARGAS, M.; MATSON, P.; SAMINEZ, T. Methane and nitrous oxide fluxes in agroecosystems of the Brazilian savannas. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON ENVIRONMENTAL BIOGEOCHEMISTRY, 12. 3-8 Sept., 1995, Rio de Janeiro-Brazil. [Proceedings...] Rio de Janeiro: [s.ed.], 1995. p. 131.
- CORDEIRO, G. G. Salinidade em áreas irrigadas. **Item**, Brasília, n. 51, p. 34-36, 2001.
- DAVIDSON, E. A. ; BUSTAMANTE, M. C.; PINTO, A. de S. Emissions of nitrous oxide and nitric oxide from soils of native and exotic ecosystems of the Amazon and cerrado regions of Brazil. **The Scientific World**, v. 1, p. 312-319, 2001.
- DENICH, M.; VIELHAUER, K.; SÁ, T. D. D. A.; LÜCKE, W.; VLEK, P. L. G. Alternatives to slash-and-burn agriculture: a research approach for the development of a chop-and-mulch system. In: CONFERENCE ON INTERNATIONAL AGRICULTURAL RESEARCH FOR DEVELOPMENT, 2001, Oct. 9-11, Bonn, GE. **One World: research for a better quality of life**. Bonn, Germany: [s.ed.], 2001. p. 1-8
- DIAZ, M. del C. V.; NEPSTAD, D.; MENDONÇA, M. J. C.; MOTTA, R. S. da; ALENCAR, A. ; GOMES, J. C.; ORTIZ, R. A. **O preço oculto do fogo na Amazônia: os custos econômicos associados às queimadas e incêndios florestais**. Belém, PA: IPAM-IPEA-WHRC, 2002. 43 p.
- DNOCS. **Levantamento das áreas salinizadas do Estado do Piauí**. Teresina: DNOCS, 1999. 20 p.
- Embrapa Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília, DF: Embrapa. SPI, 1999. 412 p.
- FEARNSIDE, P. M. Emissões de gases de efeito estufa oriundas da mudança do uso da terra na Amazônia brasileira. In: REUNIÃO ESPECIAL DA SBPC: Amazônia no Brasil e no Mundo, 7. Manaus, AM, 25 - 27 abril 2001. **Anais...** Manaus, AM, 2001. CD-ROM.
- FERREIRA, D. G.; RODRIGUES, V.; PEREIRA, J.; LIMA, M. G. A desertificação no Nordeste do Brasil II: diagnóstico e perspectiva. In: CONFERÊNCIA NACIONAL E SEMINÁRIO LATINO AMERICANO DA DESERTIFICAÇÃO, Fortaleza, CE, 1994. **Anais....** Fortaleza, CE: Fundação Grupo Esquel Brasil, 1994. 54 p.
- HOLANDA, F. S. R.; MARCIANO, C. R.; ALCEU, P.; AGUIAR, J. F. de.; SANTOS, V. P. dos. Recuperação de áreas com problemas de salinização. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 22, n. 210, p. 57-61, 2001.
- HÖLSCHER, D. Shifting cultivation in eastern Amazônia: a case study on the water and nutrient balance. **Plant Research and Development**, v.46, p. 68-89, 1997.
- LAUREN, J.; CARDOSO, A. N.; DUXBURY, J.; VARGAS, M.; AYARSA, M.; MATSON, P. Effects of agricultural development on methane uptake by soils: A temperate – tropical comparison. In: SOIL SCIENCE SOCIETY OF AMERICA ANNUAL MEETING, 1995, St. Louis, Missouri. **Annual Meeting Abstracts**. Saint Louis: [s.ed.], 1995. p. 237.
- LAUREN, J.; CARDOSO, A. N.; DUXBURY, J.; VARGAS, M.; AYARSA, M.; MATSON, P. Effects of agricultural development on methane uptake by soils: A temperate – tropical comparison. In: SOIL SCIENCE SOCIETY OF AMERICA ANNUAL MEETING, 1995, St. Louis, Missouri. **Annual Meeting Abstracts**. Saint Louis: [s.ed.], 1995. p. 237.

- LUIZÃO, F.; MATSON, P.; LIVINGSTON, G.; LUIZÃO, R.; VI-TOUSE, K. P. Nitrous oxide flux following tropical land clearing. **Global Biogeochemical Cycles**, v. 3, n. 3, p. 281-285, 1989.
- MACKENSEN, J.; HÖLSCHER, D.; KLINGE, D.; FÖLSTER, H. Nutrient transfer to the atmosphere by burning of debris in eastern Amazonia. **Forest Ecology and Management**, v. 86, p. 121-128, 1996.
- MOTTA, R. S.; MENDONÇA, M. J. C.; NESPSTAD, D.; DIAZ, M. Del C. V.; ALENCAR, A.; GOMES, J. C.; ORTIZ, R. A. **O Custo do uso do fogo na Amazônia**. Rio de Janeiro: IPEA/IPAM, 2001. (Texto para Discussão, n. 912).
- OLIVEIRA, M. Gênese, classificação e extensão de solos afetados por sais. In: GHEY, H. G.; QUEIROZ, J. E.; MEDEIROS, J. F. **Manejo e controle da salinidade na agricultura irrigada**. Campina Grande: UFPB, 1997.
- OLIVEIRA, V. C. de**. Emissions of trace gases from capoeiras enriched with leguminous trees in the Northeastern Amazon - Brazil. **2001. 1 v. MSc thesis, Faculty of Forest Science, Göttingen**.
- PEREIRA, J.; COBRE, R. V. **Fertilização correção da acidez e da salinidade dos solos: recomendação para os perímetros irrigados do Alto e Médio São Francisco**. Brasília: FAO, 1990. 125 p. (FAO. Boletim Técnico, 1).
- RICHE, G. R.; SÁ, I. B.; FORTIUS, G. A. Zoneamento das áreas em processo de degradação ambiental no trópico semi-árido do Brasil. Brasília-DF, PROJETO ARIDAS, Secretaria do Planejamento da Presidência da República, SEPLAN, PR. 1994. GTI - Recursos Naturais e Meio Ambiente, Vol. 1.2 - Condições do uso e perspectiva de uso sustentável dos geoambientes do Semi-Árido.
- RODRIGUES, V. **Pesquisa dos estudos e dados existentes sobre desertificação no Brasil**. Ministério do Meio Ambiente. Plano Nacional de Combate à Desertificação. Projeto BRA 93/036. 1997. 65 p.
- RONDÓN, M. A. ; FERNANDES, E. C. M.; SILVA, R. L. da. Fluxes of methane from soils in the Central Amazon: the role of agroforestry systems. **Abstracts of ANNUAL MEETING ASA**, 2001.
- SÁ, I. B.; FORTIUS, G. A.; RICHÉ, G. R. Degradação ambiental e reabilitação no trópico semi-árido brasileiro. In: CONFERÊNCIA NACIONAL E SEMINÁRIO LATINO AMERICANO DA DESERTIFICAÇÃO, Fortaleza, CE, 1994. **Anais.....** Fortaleza, CE: Fundação Grupo Esquel Brasil, 1994.
- SAMINÊZ, T. C. O. **Efeito do sistema de cultivo, tensão de água, biomassa microbiana e temperatura do solo nos fluxos de CH<sub>4</sub> e N<sub>2</sub>O em solos de Cerrados**. 1999. 99 p. Tese de Mestrado, Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília.
- SILVA, F. B. R. e; RICHÉ, G. R.; TONNEAU, J. P.; SOUZA NETO, N. C. de; BRITO, L. T. de; CORREIA, R. C.; CAVALCANTI, A. C.; SILVA, F. H. B. B. da; SILVA, A. B. da; ARAÚJO FILHO, J. C. de; LEITE, A. P. **Zoneamento agroecológico do Nordeste**: diagnóstico do quadro natural e agrossocioeconômico. Petrolina: EMBRAPA/CPATSA; Rio de Janeiro: CNPS, 1993. 2 v. (Convênio EMBRAPA-CPATSA/ORSTON-CIRAD. Documentos, 80).
- UNITED NATIONS. **Text of the United Nations Convention to combat desertification**. Disponível em: [www.unccd.int/convention/text/convention.php](http://www.unccd.int/convention/text/convention.php). Acessado em: 25 Set. 2001.
- VASCONCELOS SOBRINHO, J. **Processos de desertificação ocorrentes no Nordeste do Brasil**: sua gênese e sua contenção. Recife: SUDENE, 1983. 101 p.
- VERCHOT, L. V.; DAVIDSON, E. A. ; CATTÂNIO, J. H.; ACKERMAN, I. L. Land-use change and biogeochemical controls of methane fluxes in soils of eastern Amazonia. **Ecosystems**, v. 3, p. 41-56, 2000.

# Valores e Conscientização da Sociedade

# 10

Capítulo

Valéria Sucena Hammes  
José Maria Gusman Ferraz

A proposta de Agenda 21 pela ECO 92 mobilizou o poder público na busca da incorporação de conceitos que promovessem a mudança de atitudes com vistas ao desenvolvimento sustentável. No entanto, a ausência de metodologia de capacitação de agentes multiplicadores e a compreensão sobre os aspectos operacionais que envolvem o conceito de desenvolvimento sustentável dificultaram a mobilização da sociedade para uma atuação mais participativa, segundo a conscientização dos valores associados aos princípios do processo de educação ambiental (integrativo, participativo, permanente, transformador, interdisciplinar, contextualizador), ao conceito de desenvolvimento sustentável de agir localmente visando o bem global, de forma ambiental, social e economicamente correta, para atribuir maior longevidade às ações. Em relação ao solo, observa-se a necessidade de reconhecer como as diversas formas de uso e ocupação dos espaços geográficos interferem nas suas funções fundamentais de contribuição a qualidade ambiental do planeta Terra: função biológica, alimentar, de filtro e material. O estudo mais apurado demonstra que a atividade agropecuária é fundamental para garantir a função alimentar do solo e, em contrapartida, apresenta-se também como aquela que intervém no solo de forma difusa, ou seja de forma mais abrangente em todo o país, ocasionando transformações que agravam os problemas sociais de pobreza e de ordem fundiária nas regiões da Amazônia e Nordeste e nas áreas de expansão do agronegócio no Sudeste (Mata Atlântica) e Cerrado. Todas essas ocorrências resultam da indução de mercado ou disponibilidade tecnológica e não pela conscientização sobre as alternativas de melhoria da qualidade de vida. Daí redundam em cenários de conflitos e sistemas não sustentáveis.

A dificuldade de incorporação de novos conceitos pela comunidade agrícola está na própria difi-

culdade do setor em se organizar, devido à diversidade tipológica (grandes, médios, pequenos), regional e carente de recursos financeiros para participar dos processos de discussão. Além de uma ampla discussão multiinstitucional e multidisciplinar para estabelecer a transversalidade da questão ambiental como fator de integração das políticas públicas sobre o uso adequado do solo pelos diversos setores da sociedade, cabe ao poder público promover a aproximação ao setor agrícola, considerada uma premissa de sustentabilidade, de tal forma que estimule a organização dos agrupamentos para que possam ser identificados e representados nos processos participativos de tomada de decisões sobre os destinos da terra e também para buscar mecanismos de fixação do pequeno agricultor no campo como estratégia de equilíbrio socioambiental.

## Valores e Processos de Conscientização

Nos anos 60, surgem as manifestações sobre a finitude dos recursos naturais pelo crescente consumismo, culminando na década de 70, com o alerta dos ambientalistas e segmentos da comunidade científica sobre os prováveis impactos do modelo econômico dominante sobre o meio ambiente. Neste período, meio ambiente era as coisas da natureza tais como as plantas, os animais, a água, o ar e o solo – uma visão naturalista, em que o ser humano não faz parte ou não integra o meio ambiente.

Em 1972, a Educação Ambiental é apontada como estratégia de superação da crise na Primeira Conferência do Meio Ambiente, quando se inicia uma história ao movimento já existente em defesa de um processo educativo de fortalecimento da cidadania. Na I Conferência Intergovernamental de Educação Ambiental de Tbilisi, em 1977, são apontados os objetivos e

princípios norteadores da Educação Ambiental, que sob uma nova dimensão, passa a ser um projeto coletivo de transformação e melhoria ambiental. Os países participantes da Conferência de Moscou em 1987 se comprometem a incluir a Educação Ambiental nas políticas educacionais. A Constituição Federal Brasileira de 1988 prevê e em 1991, o Ministério da Educação procede a adequação curricular às exigências sociais. No entanto, predomina ainda uma visão utilitarista, onde a proteção ambiental tinha o propósito de garantir o sustento do ser humano, como se fosse um ser superior aos demais seres vivos.

Com a consagração do termo desenvolvimento sustentável na Rio 92, é reconhecida a relevância da educação ambiental para sua exequibilidade. Surge um novo paradigma, em relação à proteção da natureza, que passa a ser um fator de garantia ao desenvolvimento, assim como o desenvolvimento deve garantir o cuidado dos recursos e processos da natureza, além de cuidar do bem estar de todos os seres humanos. Para tal, o Tratado de Educação Ambiental para Sociedades Sustentáveis e Responsabilidade Global (1992) ressalta a necessidade da formação de sociedades sustentáveis por um "...processo de aprendizagem permanente, baseado no respeito a todas as formas de vida. Tal educação afirma novos valores e ações que contribuem para a transformação humana e social e para a preservação ecológica." A concepção de sociedade sustentável requer portanto, a preparação de educadores ambientais, que preparem as comunidades para discutir e encontrar soluções, como perspectiva de desenvolvimento sustentável.

No entanto, a ausência de metodologia para o processo de conscientização ambiental e a pouca clareza operacional do conceito de desenvolvimento sustentável, que segundo Silva (1996) é "garantir as necessidades das gerações atuais sem comprometimento às gerações futuras", dificultou o imediato estabelecimento de políticas, desenvolvimento de tecnologia adequada e a incorporação de novos conceitos nos modelos comportamentais.

A Agenda 21 Global, principal documento da Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento (CNUMAD), em 1992, no Rio de Janeiro, conhecida como ECO-92, foi aprovada por 180 países. Nela se estabelecem prazos, prioridades e as responsabilidades de governos e da sociedade para com o desenvolvimento sustentável. Incorpora decisões de Tbilisi no capítulo 36 e prioriza as ações de promoção do ensino, conscientização política das comunidades urbanas e rurais e incentivo ao treinamento em relação à questão ambiental, capacitando agentes multiplicadores sobre as questões ambientais que envolvem concomitantemente desenvolvimento e conservação ambiental. Desta forma, a educação ambiental, segundo a Carta da Terra, é o instrumento de "apoio

às sociedades locais e promove a participação significativa de todos os indivíduos e organizações na tomada de decisões".

O desafio de romper com um modelo de sociedade e buscar um novo paradigma sem perder o sentido ético é o primeiro obstáculo a ser vencido. A princípio, os processos de conscientização se basearam em interações múltiplas de que a deterioração ambiental está associada ao crescimento populacional, pobreza, mas principalmente, está associada ao padrão de consumo. Apesar de desconhecido seus limites, a estimativa da capacidade de suporte passa a ser uma restrição ao uso dos sistemas, de modo que possibilite sua auto-renovação ou absorção de perdas. Alguns admitem ainda que a capacidade de suporte dos ecossistemas pode ser aumentada pela tecnologia, apesar de acarretar a redução da biodiversidade ou dos serviços ecológicos. Enfim, prevalece as iniciativas de conscientização, que se fundamentam principalmente, na primeira menção de "sustentabilidade" por Carlowitz, em 1713, e que se referia ao uso restrito do solo, para garantir rentabilidade estável a longo prazo, sem integrá-lo aos demais aspectos (qualidade e disponibilidade de água, questões fundiárias, etc). Sob a acomodação do mercado às novas demandas e a pouca disponibilidade de metodologia, os diversos setores da sociedade (público, privado e sociedade civil) apresentam iniciativas de projetos e tecnologias, como o crescimento do agronegócio fundamentado na cadeia produtiva.

Na busca do equilíbrio ecológico associado à justiça social e à valorização da dignidade humana, observou-se em todo o país, contribuições isoladas para a formação de uma sociedade sustentável pelos seus diversos setores, direcionadas principalmente a projetos escolares e a pequenas comunidades rurais, segundo os princípios apontados na Agenda 21 de:

- **Integração** - a visão integrada de todos os aspectos naturais e sociais nas dimensões política, econômica e cultural;
- **Ação local pelo bem global** - as diversas dimensões (escalas) da relação com o ambiente próximo, do pessoal ao global;
- **Processo contínuo e permanente** - o processo educativo sobre as questões ambientais deve estar contido em todas as fases de formação do ensino formal e informal;
- **Tema transversal** - a abordagem interdisciplinar (intersectorial) auxilia a percepção de uma perspectiva sistêmica;
- **Processo coletivo e participativo** - a comunidade deve ser envolvida como agente ativo e passivo, de modo que possam ter a oportunidade de tomar decisões e de avaliar as conseqüências; e
- **Senso crítico** - a compreensão das causas, dos efeitos e das alternativas de ação da comunidade.

Apesar de louvável, a sociedade civil organizada (ONGs), juntamente com o apoio da iniciativa privada (empresa cidadã), fortaleceram o Terceiro Setor e tornaram viáveis um número ainda insuficiente de projetos socioambientais em todo o país. O poder público promove inúmeros programas, fundos e projetos para incentivar a introspecção desses novos valores por toda a sociedade, mas o conflito conceitual e a eficácia metodológica dificultam o estabelecimento da transversalidade da questão ambiental à legislação vigente, que se estabelece pouco a pouco.

1. *Quais os valores que estão associados à questão de conservação de solos?*

A vida humana é extremamente dependente da qualidade e disponibilidade de solo. O artigo 72 do Decreto nº 28.687, de 1982 estabelece que o solo é um recurso natural básico, constituindo um componente fundamental dos ecossistemas e dos ciclos naturais, um reservatório de água, um suporte essencial do sistema agrícola e um espaço para as atividades humanas e para os resíduos produzidos. Apesar do solo ser um recurso renovável, sua formação requer milhares de anos. Portanto, a qualidade de vida humana depende também da preservação do solo, segundo suas principais funções (biológica, alimentar, de filtro, de fonte de material e de ocupação) que são vitais para o homem (Filizola, 2002):

- **função biológica:** o solo abriga numerosas espécies vegetais e animais, e nele ocorrem ainda, diversos ciclos biogeoquímicos<sup>1</sup>.
- **função alimentar:** o solo contém pequenas quantidades de elementos minerais (ferro, cálcio, magnésio, etc.) e de matéria orgânica, além de água e ar, necessários à vida das plantas e dos animais. A saúde e sobrevivência da espécie humana depende da produção de alimentos vegetais ou animais que ingeriram estes elementos vindos do solo.
- **função de filtro:** o solo é um meio poroso, que filtra a água proveniente da chuva até a água subsuperficial<sup>2</sup> e subterrânea<sup>3</sup>, carreando produtos solúveis<sup>4</sup> e interagindo por processos físicos, químicos e biológicos. Cada tipo de solo possui uma capacidade seletiva de reter os agentes danosos ao homem utilizados na agricultura. Assim, os produtos podem ser levados para a água subterrânea e para os rios, poluindo-os.
- **função material:** o solo é ao mesmo tempo fonte de material e suporte para as construções humanas

<sup>1</sup> Seqüência de transformações e de trocas bioquímicas que ocorrem no solo ou na rocha.

<sup>2</sup> Encontra-se pouco abaixo da superfície do solo.

<sup>3</sup> Encontra-se debaixo da terra.

<sup>4</sup> Pode ser dissolvido

(por exemplo, estradas). O espaço é o atributo do solo utilizado para planejamento dos processos de ocupação (com diferentes taxas de impermeabilização) e delimitação de áreas para desenvolvimento e conservação ambiental. Além disto muitos metais, como o alumínio, o ferro, dentre outros, são retirados do solo. Mas a mineração mais comum é para obter materiais de construção de casas e prédios: argila para tijolos e telhas, areia e pedra britada para massas e concreto.

Diante das atribuições do solo na qualidade de vida, observa-se que a atividade agrícola é essencial não só como produtora de alimentos, mas de matéria-prima para a indústria.

*Quais atitudes/atividades econômicas estão associadas a esses valores?*

Além da atividade agrícola para produção primária de material de origem vegetal ou animal ser a principal responsável pelo avanço do processo erosivo, podendo levar a estágios irreversíveis de desertificação como ocorreu na região de Itaqui e em vários outros municípios do Rio Grande do Sul, é importante lembrar as inúmeras outras atividades econômicas que viabilizam o processo de enriquecimento e desenvolvimento e para os quais, se dirige a atenção especial de estimular tecnologia chamada “limpa”. Pois a complexidade ambiental reside na análise do contexto socioambiental da combinação de todas essas atividades, onde o extrativismo mineral explora as riquezas do solo e subsolo, mas para isso ainda altera completamente a função social da paisagem de origem. O extrativismo vegetal muito relacionado à “vida e cultura da floresta” tem sido objeto de melhoria do processo de manejo florestal, como estratégia de conservação ambiental e desenvolvimento local. A indústria, que atua na transformação da matéria-prima agrícola e extrativista, tem investido na certificação de processos conservacionistas, principalmente, na reciclagem de materiais e reuso e tratamento da água e resíduos. A “indústria do turismo” tende para o fortalecimento do “ecoturismo” e do “turismo no espaço rural”, para atender à demanda de lazer e recreação de 82% da população que se estabeleceu nas cidades. Esse processo crescente da urbanização alterou o padrão de consumo, no sentido de maior produção de resíduos. Em contrapartida, estimula o processo de regulamentação da destinação dos resíduos sólidos. A melhoria dos sistemas de produção agrícola (plantio direto e agroecológicos) contribuem para reduzir a liberação de carbono (para a atmosfera devido ao aquecimento da superfície da Terra provocado pela exposição à radiação solar) e erosão com a exposição do solo nu na agricultura. A queimada, uma prática comum na agricultura, reduz a biodi-

versidade do solo e sua capacidade de bioprocessamento. Torna os sais mais livres a perdas por percolação e evaporação. Reduz a fertilidade do solo e os nutrientes para fixação nos alimentos de origem animal ou vegetal. A destruição das partículas coloidais compromete a capacidade de carga de interação físico-química e de retenção de água no solo, e, portanto, reduz sua capacidade seletiva de reter partículas. As alterações das propriedades físicas, químicas e biológicas mencionadas provocam o esgotamento do solo e redução do seu potencial de produção agrícola. A campanha governamental para controlar o uso do fogo na agricultura reduziu até o ano 2000, em 18,6% as queimadas no Brasil.

A queimada também é um importante fator de deterioração da **função biológica** do solo. Além de destruir animais e plantas, aumentar a poluição do ar, ameaçar as redes de eletricidade e aumentar os acidentes nas estradas. A contaminação dos solos conta com processos de remediação biológica, para acelerar a degradação dos contaminantes e recuperar a biota do solo. A Petrobrás utilizou destes métodos para recuperar os solos atingidos por vazamentos de petróleo. Também existem métodos eficazes de reabilitação das áreas degradadas para diferentes tipos e classes de mineração, que tentam compatibilizar a atividade com os anseios da população de manter um ambiente controlado. Apesar dessas áreas serem potenciais para outros usos, como reflorestamento comercial, cultivo de plantas, pastagem, urbanização, área de recreação, segundo Williams (2002), o uso futuro do local mais escolhido é a revegetação com árvores e arbustos de espécies nativas, com o intuito de minimizar o comprometimento da sustentabilidade de ecossistemas e biodiversidade do solo, também alterado no processo de extrativismo vegetal e animal. As instituições de pesquisa se empenham em aperfeiçoar sistemas de manejo agroflorestal para mitigar esses problemas e também melhorar a qualidade de vida dos povos que vivem na (e da) floresta.

É um fato que a **função alimentar** do solo tem sido reduzida pela expansão urbana sobre os espaços agrícolas e aumento da pressão sobre as florestas para expansão da fronteira agrícola. Os programas de gestão de microbacias hidrográficas têm minimizado a deterioração do solo por manejo agrícola inadequado e o zoneamento agrícola tem melhorado as oportunidades de crédito pela promoção da seguridade da produção agrícola. Por apresentarem menores riscos e melhores condições de trabalho, as atividades não agrícolas na zona rural estimulam os filhos de pequenos agricultores a se dedicarem a outras atividades, como construção civil, turismo e serviços, numa taxa crescente de 2,5% ao ano (1992/97), segundo dados da Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios (PNAD) de 1997, realizada

anualmente pelo IBGE, e que competem e reduzem a área de produção alimentar. Em busca de água de boa qualidade e quantidade, as indústrias também estimulam a especulação imobiliária na zona rural, valorizando o valor da terra nua e tornando mais vantajoso o agricultor vender suas terras a produzir.

Já a **função filtro** tem sido alterada pela impermeabilização do solo das áreas urbanas muitas vezes ocasionadas por outra atividade, o turismo ou indústrias, impedindo a recarga dos aquíferos subterrâneos e o processamento biogeoquímico de ciclagem de nutrientes. Poucos municípios estabelecem uma taxa de área não impermeabilizada em torno de 15%. As áreas de adensamento populacional acumulam inadequadamente os resíduos gerando focos de contaminação dos lençóis freáticos. Entre outras coisas, o projeto da Política de Resíduos Sólidos estimula a criação de empresa exclusivamente recicladora com a isenção de impostos. Esta medida, além de reduzir o volume de material reciclável nos lixões, também vai estimular a desaceleração do processo de esgotamento das reservas de extração mineral dos metais existentes, o que reduz as oportunidades das gerações futuras e a capacidade de filtragem do solo. O extrativismo vegetal e animal também compromete a sustentabilidade de ecossistemas e as reservas de espécies nobres, reduzindo sua capacidade de infiltração e recarga dos mananciais, a exemplo dos pampas gaúchos, onde o uso intensivo do solo além de deteriorar a capacidade produtiva do solo, contribuiu para a sua desertificação (seca os aquíferos superficiais e subterrâneos).

Como se pode observar, é o planejamento inadequado da **função material** do solo e o consumo crescente, que comprometem direta ou indiretamente todas as outras funções. Neste sentido o projeto Zoneamento Ecológico Econômico do Programa Avança Brasil promove a sinergia multiinstitucional e multidisciplinar necessária à construção de instrumento de planejamento socioeconômico e orientador da política ambiental<sup>5</sup>.

### 3. Quais os indicadores/região associados a essas atitudes/atividades?

De acordo com o documento Agenda 21 Brasileira, de 1998 para formulação e implementação de Políticas Públicas Compatíveis com os Princípios do Desenvolvimento Sustentável, solicitado pelo Programa das Nações Unidas, a grandeza geográfica do país com diferentes dinâmicas de ocupação agrícola, caracterizam quatro macro-conjuntos de agroecossistemas:

<sup>5</sup> <http://www.ambientebrasil.com.br/agenda/index.php3?action=ler&id=3307>

**Mata Atlântica, Florestas e Campos Meridionais** – corresponde à uma vasta área de ocupação antiga, caracterizada por sistemas agrários com elevada modernização e sofisticação. O agronegócio (agribusiness) é preponderante em praticamente todo o complexo regional Sul-Sudeste. Observa-se a expansão da soja em substituição do café no Norte do Paraná, produtos básicos como o feijão e o arroz e as pastagens naturais em todo o Sul, com fortíssima dependência de insumos químicos, mecânicos e genéticos de origem industrial, bem como pelo destino igualmente industrial de boa parte da produção. Apesar do mérito da questão, a **motivação** é uma indução de mercado por estímulo financeiro e/ou disponibilidade tecnológica, mas não resulta de um processo de conscientização que vise o desenvolvimento sustentável.

Um bom exemplo é o aumento de pesticidas comercializados, que dobrou a partir de 1997 atingindo 2,18 bilhões de dólares comercializados (FNP, 1998). Culturas menos expressivas em área plantada também empregam doses altíssimas de agrotóxicos por hectare, como o fumo, batata, tomate, uva, morango e outras espécies frutícolas e hortícolas (Guivant, 1994). Os herbicidas lideram 55,7% as vendas em 1997, com um faturamento de 1,2 bilhões. Segundo o relatório Agenda 21 Brasileira, “o que chama a atenção nestas informações é que, embora haja certa unanimidade na constatação de que já é possível reduzir drasticamente ou mesmo eliminar o uso de agrotóxicos sem prejudicar a produtividade das lavouras, o consumo não cessa de aumentar”. Na área de grãos, a elevação do uso se explica em parte pela própria generalização do plantio direto, importante método de combate à erosão, mas cuja forma dominante torna hoje os agricultores cada vez mais dependentes da aplicação de herbicidas. Contudo, é notável que, mesmo diante da disponibilidade de técnicas alternativas ao uso de inseticidas já adotadas nas áreas de fruticultura e de fumo, o faturamento de agrotóxicos nestes produtos tenha se ampliado, passando de US\$ 23 a US\$ 37 milhões no fumo e de US\$ 37,1 a US\$ 49,3 milhões na fruticultura. Não se pode desprezar as eficientes estratégias de marketing das empresas do setor, veiculadas pelos meios de comunicação ou por vendedores bem treinados, que superam a capacidade do poder público e das ONGs de orientar adequadamente os agricultores. Um bom exemplo, da ineficiência dessa comunicação com o agricultor é o manejo inadequado do solo e o uso de terras inaptas para certas atividades agrícolas serem ainda apontados como os principais fatores que provocam a erosão. No Oeste Catarinense, 43% da superfície dos estabelecimentos é inapta para lavouras anuais e outros 26% sofrem fortes restrições (Testa et al, 1996). Apesar das divergências, há quem afirme que, no Brasil, a cada tonelada de grão produzida por método convencional

de preparo do solo, dez toneladas de terra são carregadas pelas águas das chuvas, da irrigação e pelo vento (Spavoreck e Valques Filho, 1994). O Instituto Agrônomo de Campinas estima que cada hectare cultivado no país perde, em média, 25 toneladas de solo por ano, corresponde a um centímetro da camada superficial do solo. O material erodido é carregado para corpos d'água superficiais e subterrâneos, provocando o assoreamento de rios, de várzeas e de represas. Isso diminui a disponibilidade de água para os agroecossistemas e para o consumo humano. Em vários estados a falta d'água potável já é um problema grave. Nas represas, o assoreamento reduz em 30 a 40% a “vida útil” das usinas hidrelétricas, afetando a produção de energia (Costa e Matos, 1997) e a eutrofização dos cursos d'água impedindo a sobrevivência de peixes e crustáceos. Um outro fator de preocupação é a destinação de embalagens de agrotóxicos que, apesar das providências, ainda são encontradas jogadas nas proximidades dos córregos, contaminando suas águas.

A pecuária de corte e de leite continua ocupando as maiores extensões territoriais nos agroecossistemas das duas regiões. Com 841 mil estabelecimentos rurais conhecidos em 1995/6 no Sudeste, 541 mil dedicavam-se a pecuária de corte ou de leite, e as pastagens, naturais ou plantadas ocupavam 37,7 milhões de hectares dos 73,2 milhões de hectares pertencentes aos estabelecimentos agrícolas da região. Em Minas Gerais, por exemplo, chega a 62% a área de pastagens naturais ou plantadas (IBGE, 1998). Com a adoção de tecnologias modernas, a avicultura ampliou a produção nacional em aproximadamente 70% (FNP, 1998). Além dos preços mais atraentes, o aumento do consumo está relacionado ao crescente interesse por alimentos “mais saudáveis”, com menores teores de gordura animal. Nesse caso, a carne das aves leva vantagem sobre a carne bovina e, principalmente, sobre a suína, cuja produção caiu cerca de 20% na última década, entendendo-se tal fato, principalmente como uma questão de hábito de consumo e não de mercado.

Em suma, nas regiões Sul e do Sudeste o processo de produção passou pela adoção em larga escala das práticas tecnológicas da Revolução Verde até a inserção no agronegócio com uso ainda intensivo de insumos químicos e que figuram também entre os maiores “consumidores” de recursos naturais dos ecossistemas das duas regiões e, em certos casos, promovem estragos ambientais de proporções igualmente grandiosas.

**Semi-árido (Caatinga)** – corresponde a uma região de ocupação antiga, porém caracterizada por sistemas agrários com baixo nível de tecnificação e dois terços dos pobres rurais do Brasil. É acima de tudo um problema social sob um ecossistema frágil, como a Depressão Sertaneja, a Chapada Diamantina ou o Planalto da Borborema. Segundo Sonia Rocha, pes-



quisadora do IPEA (1998), essa é uma sociedade essencialmente agrícola, “onde 22% dos chefes de famílias pobres residentes em áreas urbanas também tem ocupação agrícola”, Qualquer solução deste grave problema social deve considerar a melhoria do sistema agrícola familiar, integrando aumento da produtividade agrícola com o gerenciamento dos recursos hídricos, este um problema ecológico. Afinal, o que mais distingue o Nordeste dos demais complexos regionais brasileiros é sua vulnerabilidade climática e pluvial. Conforme a peculiaridade ambiental das zonas litorânea, agreste e semi-árida, surgem focos ou polos de desenvolvimento petroquímico, têxtil, agroindustrial, de agricultura de grãos, turísticos e tecnopolos, mas “a resistência à mudança permanece sendo a marca principal do ambiente socioeconômico, onde a modernização é restrita, seletiva, e ajuda a manter um padrão predominantemente tradicional” (Araújo, 1997). Nestas áreas, concentram-se os bolsões de pobreza rural com forte correlação com a fragilidade ecológica (Galvão & Vasconcelos 1998).

As estratégias de sobrevivência apoiadas em conhecimentos empíricos semelhantes às usadas em outras áreas da África e da Índia, mostram-se ineficientes, pois colocam a seca e não o meio **socioambiental**, no centro de sua estratégia econômica e de vida, para minimizar o risco de fracasso na produção dos meios de subsistência e limitar as perdas (Barbosa & Maltchik, 1998). Neste sentido, os desmatamentos e implantação de projetos de irrigação desencadearam problemas de salinização do solo e aumento do risco de desertificação. Além disso, ao lado dos 94.000 empregos gerados, mais de 110 mil pessoas que foram atingidas pelas barragens estão desempregadas (CUT/Contag, 1998).

Para o aproveitamento mais racional de 40 milhões de hectares não irrigáveis, a Embrapa concentra a linha estratégica de pesquisa na melhoria da capacidade de convivência com a seca. A dessalinização de águas de poços subterrâneos é uma dessas medidas para aumentar a oferta de água, com manejo de rejeitos para extração de sais para fins industriais, criação de peixes, irrigação de forrageiras tolerantes a sais, etc. Nessa direção, a Embrapa já desenvolveu vários métodos de captação de água de chuva usando tração animal ou motora, além de gerar técnicas de conservação de água para consumo humano. Portugal & Contini (1998) destacam a ovinocaprinocultura como um dos sistemas mais eficientes na reestruturação econômica das unidades familiares de produção agrícola. O manejo da vegetação nativa quadruplica a produtividade do sistema tradicional ao utiliza-la como forragem nativa no período chuvoso. As perspectivas da cadeia produtiva se encerram na agroindústria da carne, pele e do leite. A agroindustrialização também se apresenta

com oportunidade desenvolvimentista para a agricultura familiar, com o estabelecimento de minifábricas de processamento de castanha de caju e de pedúnculo, secadores de frutas, peixes e grãos movidos a energia solar, elétrica ou a gás, além do aprimoramento das tradicionais casas de farinhas. Mas segundo Portugal & Contini (1998), a agricultura familiar deverá priorizar inovações que respeitem o nível educacional, a instituição familiar na cultura local, o limitado acesso a insumos e serviços e, principalmente, os recursos disponíveis no estabelecimento. Ou seja, a priorização da geração de tecnologias “de processo” sobre as “de produto”. Inovações que permitam o uso racional dos recursos naturais e capacitem os agroecossistemas a manter a sustentabilidade, com maior inserção do agricultor no mercado pós-porteira, com estratégias de valorização dos produtos, onde o agricultor e o extensionistas sejam parceiros ativos no desenvolvimento de todas as etapas do processo (EMBRAPA, 1998 apud Portugal & Contini, 1998). O terceiro setor tem contribuído para a construção deste ambiente estratégico e aprimoramento de processos, com iniciativas da sociedade civil de ações de desenvolvimento local “não-convencionais”.

Enfim, os valores e crenças associados ao manejo do solo trabalhados nos processos de conscientização para o enfrentamento dos problemas sociais associados à seca passam pela necessidade de um planejamento participativo (unidade familiar) do processo de produção alimentar, com técnicas alternativas de captação de água, manejo da vegetação nativa e inserção organizada no mercado pós-porteira, como estratégia de mitigação da desertificação e pobreza generalizada.

**Domínio dos Cerrados** – corresponde a uma região de ocupação mais recente (“de fronteira”), na qual se expandem sistemas agrários altamente modernizados. A simplificação do ambiente natural, necessária a produção de grãos em larga escala, não considera a contribuição fundamental dos solos do Cerrados para o equilíbrio biogeoquímico planetário, assim como a opinião pública brasileira e internacional e lhe atribuem um valor secundário. Contribui com o dobro que a Amazônia, cerca de  $2t\ C\ ha^{-1}\ ano^{-1}$ , no processo de seqüestro de carbono. Nos Cerrados se concentram um terço da biodiversidade nacional e 5% da flora e fauna mundial. Considerando a distribuição pontual de espécies, sua destruição provocaria a eliminação das mesmas (Castro, 1997) e alteraria a estabilidade do regime hídrico dos mananciais, que originam seis das oito maiores bacias hidrográficas brasileiras. São um eixo de dispersão de sementes, pólen e fauna (Pires, 1996). Mas por ser uma “floresta de cabeça para baixo” (WWF, 1995) não recebem os recursos dados a qualificação de patrimônio nacional. A maior riqueza dos Cerrados está nos solos (protegidos por

aquela vegetação e fauna) que interage intensamente com o clima caracterizado por período de chuvas sucedido por seca prolongada (Assad e Lopes Assad, 1999). Essa interação exige que o processo adaptativo das plantas seja capaz de captar água a dez metros de profundidade, determinando uma intensa vida vegetal e animal no solo responsável por processos biogeoquímicos. Apesar de serem apontadas pela Embrapa Cerrados como potenciais a agricultura (culturas perenes) e pecuária com a correção de calcário e adubos, se observa que os solos do Maranhão e Piauí apresentam limitações físicas (compactação superficial) após desmatamento para lavouras e pastagens. Não existem muitas informações sobre aptidão dos solos dos Cerrados. (Reatto et al, 1997). Especialistas afirmam que é possível aumentar a resiliência e minimizar efeitos como o empobrecimento da diversidade genética pelo uso em larga escala de fertilizantes químicos, agrotóxicos e irrigação, com a adoção de técnicas elementares de manejo e rotação de cultura, visando o combate à erosão. Os 3 milhões de hectares com plantio direto tem contribuído para recuperar pastagens degradadas, aumentar a oferta de grãos, sem a abertura e degradação de novas áreas. Mas as plantas cultivadas supõem a disponibilidade de água nas camadas superficiais do solo e possuem uma alta taxa de evapotranspiração concorrendo com os estoques reguladores de recursos hídricos armazenados na malha de veredas e covaais (Assad e Lopes Assad, 1999). Por outro lado, o cálcio carregado no período chuvoso às profundidades do solo aumenta sua deficiência nas camadas superficiais (WWF, 1995). A retirada da vegetação para a produção de lenha também contribui para reduzir a capacidade de retenção de água e recarga dos mananciais. Segundo Ailton Barcelos (1996, apud Shiki, 1997), o manejo inadequado das pastagens cultivadas resulta na degradação de 80% delas, que além da destruição dos recursos naturais, com sinais de desertificação e avançado processo erosivo, tem a produtividade de carne reduzida a aproximadamente 2 arrobas/ha/ano, enquanto que numa pastagem em bom estado pode-se atingir 16 arrobas/ha/ano (Kichel, et al., 1997). Em Uberlândia, Baccaro (1994, apud Shiki, 1977) encontrou 173 voçorocas ativas e 13 estabilizadas.

O movimento da sociedade civil ainda é insipiente para conter a expansão desordenada da fronteira agrícola e proteger a integridade dos ecossistemas naturais (apenas 7% inexplorado).

Diante do acima exposto, é claro o conflito entre o desenvolvimento agrícola e a necessidade de conservação ambiental. Pois a sensibilidade do ecossistema e os grandes impactos (de ordem global) tornam urgente a adoção de práticas conservacionistas do solo, sob todos os seus aspectos funcionais. A ausência de critérios ao necessário estímulo ao setor agrícola, se

aproxima do extrativismo e reflete a urgência da introspecção de valores e conceitos conservacionistas a política pública que oriente o planejamento da ocupação na região. Pois o esgotamento dos recursos ameaça a continuidade da agropecuária.

**Domínio das florestas amazônicas** – caracteriza-se por uma ocupação mais heterogênea que mescla áreas de exploração extrativista e sistemas agrários mais recentes (“de fronteiras”) com pouca tecnificação e de baixíssima densidade demográfica. A atividade básica de subsistência dessa sociedade é a pesca. A fronteira agropecuária se expandiu principalmente nas zonas ao sul, sudeste e sudoeste da região, notadamente nos estados do Acre, norte do Mato Grosso, Pará e Rondônia, onde também se concentra grande parte da população.

A ausência de uma política agrícola conservacionista estimula o estabelecimento de pequenos produtores e posseiros para a extração de madeira, abandonando as áreas desmatadas. A questão não é o abandono, pois as pequenas áreas regeneram-se rapidamente. É uma questão da sustentabilidade, ou seja, a melhoria da qualidade de vida do ser humano pela melhoria do manejo florestal. Estima-se que em Mato Grosso, o índice de desmatamento é a maior pressão sobre a floresta, em torno de 1,21ha/habitante rural, resultando em 55 milhões de hectares (equivale a área da França ou dos estados do Rio Grande do Sul, Paraná e Santa Catarina juntos) de área derrubada nas últimas três décadas.

Um outro fator de preocupação é a ausência de um planejamento integrado dos projetos de setores de geração de energia, pavimentação e implantação de sistemas hidroviários às necessidades de conservação deste bioma. A Hidrovia do Marajó, por exemplo, propõe a união das cabeceiras dos rios Anajás e Afuá, e da Hidrovia do rio Capim, sem considerar as alterações ecossistêmicas.

Põem em risco o conjunto Amazônia, que é a maior reserva de diversidade biológica no mundo, contendo um quinto da água doce disponível e um terço das florestas latifoliadas. A manutenção dessa biodiversidade tem efeitos importantes para a região e para todo o planeta: localmente, fornece o estoque de material genético necessário a constante experimentação e adaptação dos sistemas de manejo florestal e agroflorestal, sem os quais estes não seriam sustentáveis a longo prazo; no plano global, os compostos químicos e o material genético provenientes desse ecossistema representam fonte crucial para o desenvolvimento biotecnológico de alimentos e remédios.

A novidade nos últimos anos da década de 1990 foi a entrada da soja, que vem avançando em direção as áreas desmatadas de floresta constituídas predominantemente por pastagens degradadas. Atualmente, essa

atividade vem sendo viabilizada pela execução de políticas que constam no Plano Brasil em Ação, onde os projetos viários para escoamento de produção alavancam o aumento de 74% da produção (IBGE). A geração de empregos é baixa, a demanda de insumos externos é alta e, ao que se sabe, em Rondônia o desempenho agrônômico desta cultura não está sendo satisfatório, conforme análise da Embrapa local. As consequências sociais desse processo são a desarticulação das outras atividades produtivas, o deslocamento de capitais locais e o aumento da concentração da renda. Outra preocupação advém do processo de concentração da terra, haja vista que algumas empresas estão incorporando lotes de mil hectares, de vários pequenos agricultores, promovendo uma reconcentração fundiária voltada para o plantio da soja (CUT/Contag, 1998). Cabe salientar, as introduções de novas atividades como a fibra de curauá na região de Santarém e da pimenta longa no nordeste paraense e no estado do Acre, na vila de Extrema, com grandes perspectivas no mercado internacional. De maneira geral, a agricultura praticada na Amazônia tem evoluído mais pelo aumento da área plantada com cultivo diversificado de espécies perenes, devido ao processo de ocupação e avanço da fronteira agrícola, sem incrementos de produtividade, pelo elevado custo dos insumos agrícolas, e baixa capacidade de gestão dos produtores (Santana et al., 1997). A queima contínua dos nutrientes minerais e da matéria orgânica do solo ocasionam ainda, até 96% de perda do Nitrogênio contido na biomassa (EMBRAPA, 1997). Já o extrativismo ainda é uma atividade forte no perfil agroecológico da Amazônia. O setor madeireiro se destaca gerando divisas da ordem de US\$ 447 milhões. A área de extração madeireira gira em torno de 1 milhão de hectares de floresta densa, mas apenas uma fração mínima é manejada adequadamente. Observa-se que apesar das evidentes restrições ambientais, a abertura de novas estradas, intensificou o processo de extração madeireira nas áreas de várzeas. A melhoria do manejo agroflorestal em relação ao palmito, fruto do açaí e castanha-do-brasil tem melhorado a qualidade de vida de algumas comunidades da floresta. O aumento da pecuária representa 20% do rebanho bovino nacional. É praticada de forma itinerante em sistemas mistos de produção, com baixo padrão tecnológico, como complemento alimentar e poupança (CUT/Contag, 1998).

Enfim, a sustentabilidade da agricultura familiar na Amazônia é afetada, principalmente, pela estrutura fundiária e pelos aspectos relacionados com a integração ao mercado, à tecnologia, ao conhecimento produtivo, às políticas de crédito e ao mercado de trabalho, que está longe de ser fonte geradora de renda e trabalho compatível com suas necessidades sociais e com a reposição das condições naturais da produção.

Esses problemas, contudo, devem ser vistos em sua diversidade, pois ensejam políticas diferenciadas, com vistas a minorar seus efeitos. É necessário planejar uma combinação de instrumentos voltados à produção agrícola, à preservação ambiental e às condições econômico-sociais para cada grupo de produtores (Kitamura, 1994). Além disso, a diversidade ecológica de tipos de agentes sociais e situações socioeconômicas da região apontam para uma pluralidade de “soluções” aos problemas apontados.

Os sistemas agroflorestais (SAF) se apresentam como uma alternativa de produção para as propriedades familiares na região amazônica, principalmente no que se refere à diversificação de produtos e à geração de fonte de renda adicional para esses agricultores. Os sistemas agroflorestais são também indicados para recuperação de áreas degradadas, por permitirem controle de erosão, melhorias do solo e manutenção de sua umidade. Mas a sua viabilidade na região Amazônica depende, em grande parte, da diversificação da produção como estratégia de comercialização, da capacitação dos produtores à agricultura sustentável, de parcerias com empresas visando à entrada dos produtos no mercado em condições de competitividade, e, por fim, de constante acompanhamento de resultados de pesquisas. Enfim, a estratégia mais importante para o produtor tradicional manter a sustentabilidade do seu sistema produtivo é garantir a estabilidade dos níveis de biodiversidade dos ecossistemas por ele manejado, maior poder de barganha da Amazônia. Para isso, é fundamental o uso controlado do fogo, o controle e manejo dos recursos genéticos que suportam a estabilidade produtiva a longo prazo, às formas de produção locais, incluindo organização social e valores culturais. Neste sentido, representantes dos setores extrativista, pesca artesanal, madeireiro, além de agropecuaristas, Movimento dos Sem Terra, ONG e parlamentares dos estados da Amazônia legal, reuniram-se com o Ministro do Ministério do Meio Ambiente para apoiar a implantação de um modelo de desenvolvimento sustentável na região, com base nas novas normas para desmatamento. Essas normas limitam para a pequena produção (até 100ha e extrativistas) um desmatamento de no máximo 3ha/ano/família ou 5ha/ano em áreas coletivas. Para os médios e grandes produtores com áreas acima de 100ha, será necessária a autorização do IBAMA, conforme medida provisória nº1736 de 13/01/1999. A pesquisa agrônômica contribuiu com o Projeto SHIFT-Capoeira (Studies of Human Impact on Forests and Floodplains in the Tropics), desenvolvido pela EMBRAPA/GTZ, apontou caminhos alternativos ao sistema tradicional: preparo da terra sem queima e enriquecimento da capoeira. A substituição da prática da queima pela trituração da vegetação por ocasião do prepa-

ro da área evita que os nutrientes acumulados sejam perdidos pelo uso do fogo. Neste sentido foi desenvolvido pelo Instituto de Agroengenharia da Universidade de Göttingen uma máquina trituradora de capoeira (TRITUCAP), atualmente em fase de testes e adaptação em estabelecimentos de produtores na região Bragantina, no município de Igarapé-Açu.

Um exemplo de sustentabilidade ambiental de atividades produtivas na Amazônia são as reservas extrativistas criadas a partir de 1990, onde se instituiu um modelo de unidade legal de conservação e utilização da floresta. Atualmente, existem 11 reservas e assentamentos extrativistas, afetando 30.000 pessoas e quase 4 milhões de hectares. A organização das comunidades extrativistas se fortaleceu, convertendo-se na mais importante interlocutora com o mercado, com as instituições públicas e privadas. Estas reservas avaliam suas atividades, buscam novos modelos de sustentabilidade e de organização empresarial, visando a verticalização da produção de látex (como o couro vegetal, exportado para Europa e a extração do óleo da castanha-do-brasil) e novas formas de associações (como a Associação dos Extrativistas da Amazônia – ATEA, composta por brasileiros, bolivianos e peruanos), com vistas ao mercado internacional. No Acre se desenvolve o conceito de neo-extrativismo, que compreende a exploração agrícola e pecuária adaptadas às peculiaridades naturais e culturais da região, tendo como principais oportunidades de produção: os sistemas agroflorestais, a pequena pecuária leiteira, a piscicultura, a criação de pequenos animais e a reestruturação e modernização do extrativismo tradicional. A exemplo da castanha-do-brasil, em uma experiência no Estado do Acre, que está recebendo o selo amazônico, como uma estratégia de marketing para produtos da região. O óleo da castanha, em outra experiência interessante no Estado do Amapá, está servindo de insumo para a fabricação de creme e loção hidratantes. Um aspecto importante é a organização social, a capacitação para a intermediação das relações comerciais e a articulação dos grupos com as agências de fomento. Esse é um bom exemplo, de como a educação tem se apresentado com fator decisivo ao fortalecimento da agricultura familiar na Amazônia, assim como em outros agroecossistemas, mas principalmente, como tem sido instrumento orientador das comunidades para buscar melhores condições de vida.

#### *4. Como são os processos de conscientização associados a esses efeitos?*

Segundo o relato das condições de uso e ocupação do solo, com ênfase na atividade agrícola, observa-se que o Brasil ainda é um país agrícola. Porém, a sustentabilidade desta atividade, ou seja, o potencial agrícola está

ameaçado pela deterioração dos recursos básicos, que são o solo, as águas e material genético.

Apesar das diferenças peculiares de cada região, da fundamentação do agronegócio ser o amplo envolvimento da sociedade na cadeia produtiva como melhoria da eficiência do setor agrícola e da sua contribuição significativa à balança comercial do Brasil, o agronegócio tem sido um fator preponderante ao agravamento de problemas sociais e ambientais relacionadas ao uso do solo nas regiões da Mata Atlântica e Cerrado. Utiliza-se de algumas práticas conservacionistas de solo (curvas de nível e terraceamento). Uma minoria recupera nascentes, matas de galeria e respeitam a reserva legal. Mas ainda não incorporou sistemas de produção agroecológicos mais diversificados, com um mercado mais acessível a todo tipo de agricultor e cultura local. O alto custo de produção e produtividade não possibilitam a concorrência por pequenos agricultores. A agricultura familiar não dispõe de condições para aquisição de tecnologia e insumos adequados, nem tampouco estímulo creditício para incrementar sua lavoura. No entanto, é reconhecido seu valor como para a exequibilidade do desenvolvimento sustentável. Os processos de conscientização das comunidades rurais que se fundamentam na organização social são ainda insipientes. O que predomina é a indução do mercado e da política agrícola do país, que não se apresentam como sustentáveis. O agravante é que os recursos naturais da Mata Atlântica, reconhecida na Constituição Federal de 1988 como patrimônio nacional, assim como os recursos naturais do Cerrado, em especial o solo, estão sendo dilapidados pelas práticas inadequadas da agropecuária praticada nessas regiões, colocando em risco, inclusive a continuidade da atividade. Não se pode afirmar que seja uma atividade inviável, mas exige a adoção de práticas conservacionistas mais amplas, que prevejam a mitigação de problemas sociais e que não se baseiem praticamente em dados como “127 milhões de hectares de terras aráveis nos Cerrados aptos à fronteira de expansão agrícola; política governamental de transportes voltada à formação de corredores intermodais que viabilizam a exportação dos sistemas naturais simplificados voltados à produção de commodities; e a pressão de grandes empresas ligadas à produção de grãos”.

A Amazônia e a Caatinga também apresentam problemas similares preponderantes, apesar das questões ambientais relacionadas ao meio físico sejam exatamente inversas. Ambas apresentam problemas sociais, com forte apelo cultural a ser preservado. Novamente a agricultura familiar é a estratégia de melhoria das relações sociais e de relação com a terra e seus recursos, seja para gerenciamento das reservas genéti-

cas da Amazônia, seja para gerenciamento da seca e controle da desertificação no Nordeste.

Como as políticas públicas estão setorizadas e não abordam os problemas ambientais de forma mais abrangente, sob todos os aspectos físicos, sociais, políticos, econômicos e culturais, da mesma forma ocorrem os processos de conscientização. Além de alguns projetos realizados por ONGs, de maneira geral os projetos governamentais são temáticos e restritos a pequenos grupos comunitários.

##### *5. Qual o objetivo desses processos?*

A Educação Ambiental é o instrumento de gestão ambiental que tem por objetivo a formação de uma sociedade sustentável. Conforme Deperon (2002), “o processo de conscientização da sociedade deve buscar a mudança de atitudes, valores e ações na forma de se relacionar com a vida e com a natureza. Envolve uma relação intrínseca com o planeta e o sentimento de se fazer parte de sua história”. É uma questão de consciência comum e solidariedade humana, onde cabe questionar os caminhos a se trilhar para se restabelecer uma sociedade humana a partir de uma cultura ética e sustentável. Os caminhos são diversos, mas é a educação que nos aponta o caminho para assumir conscientemente os princípios fundamentais para o despertar da consciência ecológica. Nesse sentido a educação, principalmente a escola formal e a família podem exercer papéis essenciais na luta ética e cidadã pela melhoria de vida no nosso planeta. A superação dos problemas ambientais exige uma percepção global da natureza em seus aspectos físicos, econômicos, políticos, históricos e o sentimento de identidade com a espécie humana e todas outras espécies terrenas. O estudo parcial da natureza é importante, gera aprofundamento, mas se não houver esta interação global e sensibilidade à vida, a crise ambiental não se resolve.

No entanto, o exercício de cidadania se baseia, entre outras coisas, no respeito aos direitos e deveres do cidadão, ditados por políticas públicas que precisam ser revistas, para não serem conflitantes com a proposta governamental de promover o desenvolvimento sustentável. Para isso, é preciso preparar formalmente nossos representantes (vereadores, deputados estaduais, deputados federais, prefeitos, governadores e até o presidente da república, assim como seus assessores) à praxis da “sustentabilidade”. Por outro lado, a formação de uma sociedade sustentável deixa de ser utópica, à medida que se estabelece uma estratégia coerente com os anseios da comunidade. De acordo com Hammes et al (2001), é inegável que as mudanças no padrão de consumo da sociedade e o exercício da cidadania sejam importantes para assegurar

sustentabilidade nos sistemas de produção. Mas é no setor privado que encontramos os tomadores de decisões (empresários) dos sistemas de produção agrícola, industrial, extração mineral, comércio e serviços, que tornam exequível o processo de desenvolvimento sustentável, em conformidade com as políticas governamentais. É notória a participação direta ou indireta do setor privado em assuntos relacionados à disponibilidade de energia e água de boa qualidade. A certificação ISO 14.000 tem sido um estímulo a mudança de sistema de produção e padrão de consumo, mas o fortalecimento do Terceiro Setor (TS) pela participação social do Setor Privado, tem contribuído para capitalizar Programas e Projetos relacionados à melhoria ambiental. As organizações sem fins lucrativos são criadas e mantidas pela ênfase na participação voluntária, na incorporação do conceito de cidadania e de suas múltiplas manifestações na sociedade civil. Difere da filantropia, pelos aspectos: desenvolvimento; demanda induzida; execução de projetos e programas centrados no receptor; e no investimento social. Neste sentido, a ética, que se refere à conduta coerente da empresa com as premissas de uma sociedade sustentável, norteia sua missão e é compatível com a atuação ambiental de suas fontes financiadoras. As “Empresas Cidadãs” como são conhecidas, são empresas com consciência social, que prestam serviços não só a seus funcionários, mas à comunidade como um todo, nas mais diversas áreas: educação, cultura, pesquisa. E de maneira geral, investem preferencialmente em crianças e adolescentes. É preciso ainda, investir na sensibilização do empresariado para promover essa integração, não só com crianças e adolescente, mas no estímulo a mudança dos padrões de consumo e adoção de tecnologias.

##### *6. Qual a condição de sustentabilidade desses processos?*

A eficácia do processo de introspecção de valores para determinar a mudança de atitude e o padrão de consumo em relação ao meio ambiente, aspecto qualitativo, varia da sensibilização, conscientização e ação solidária. Ou seja, uns apenas tomam ciência da existência de um determinado problema, outros alteram alguns hábitos em relação a determinados problemas ou diante da percepção da relevância da participação de todos para a melhoria da qualidade de vida, passam também a atuar no processo de divulgação e mobilização social. Já a eficiência do processo está associada ao aspecto quantitativo, pois depende da capacidade de mobilização dos parceiros envolvidos. Por isso, o processo de formação de uma sociedade sustentável deve considerar dois aspectos importantes, a metodologia e a parceria integrada dos setores público, privado e sociedade civil.

Programas de desenvolvimento ou conscientização fundamentados na divulgação e acesso a insumos e técnicas (moda), no estímulo creditício e de preço (mercado), não são processos sustentáveis. A sustentabilidade dos processos está na introspecção de valores relacionados à melhoria da qualidade de vida e baseados num processo conceitual e interativo socio-constructivista, que não se alteram, mas se fortalecem com o passar do tempo.

*7. Diante deste contexto, quais processos/atitudes deverão ser enfrentados para garantir a sua sustentabilidade?*

A revisão participativa dos processos existentes pode apontar medidas de um processo transitório, que requer tempo, dedicação, objetividade e comprometimento do poder público para integrar as demandas e formular políticas que regulamentem um amplo processo de conscientização da sociedade de um futuro sustentável.

O processo de formação de uma sociedade sustentável deve refletir sobre sua relação de comportamento e consumo com as questões do solo. Para poder participar do planejamento do uso e a ocupação apropriada dos espaços, seja para o desenvolvimento, seja para a conservação. As áreas de desenvolvimento rural e expansão urbana devem priorizar as reservas de solos férteis para a produção alimentar. As áreas de conservação devem delimitar as áreas de recarga dos aquíferos para resguardar os mananciais de água subterrâneas e garantir a reserva de água para as gerações futuras. Todas as formas de uso e ocupação devem reduzir as áreas de impermeabilização do solo e adotar práticas conservacionistas de proteção das características físicas, químicas e biológicas. Ou seja, considerando os preceitos de capacitar a população a construir um cenário que compatibilize o desenvolvimento e a conservação da natureza, é preciso refletir sobre os efeitos ocasionados pelas intervenções do homem sobre o solo e iniciar o seu uso planejado, de tal forma que estimule o desenvolvimento sustentável.

Considerar que 82% da população brasileira concentra-se nas cidades, sem planejamento dos espaços rurais do entorno, nem a proteção de mananciais, com o aumento do risco ambiental pelas áreas periurbanas e das zonas rurais próximas. Uns utilizam o solo como receptor dos dejetos urbanos. A zona rural sofre a pressão da especulação imobiliária, em detrimento do uso agrícola do solo para produção de alimentos e matéria-prima, que, sob a regência de uma política agrícola voltada à eficiência econômica de gerar riqueza, encontra dificuldades de associar as demandas de mercado à incorporação de práticas conservacionista e questões sociais. São geradas assim, distorções do tipo,

“o agricultor é um criminoso ambiental”. Neste sentido, surge uma tendência à incorporação de práticas mais conservacionistas, como o plantio direto, que não refletem a consciência ambiental, mas a busca induzida por uma solução alternativa.

Em todas as regiões, formam-se em torno dos centros urbanos, cinturões de pobreza, que refletem a ausência de planejamento da expansão urbana e política habitacional, assim como uma pressão sobre os produtores agrícolas do entorno, pelos baixos preços e alto custo de produção, que se rendem à especulação imobiliária.

Nas regiões essencialmente agrícolas, onde predomina os latifúndios com monoculturas para exportação, ainda se observa conflitos de ordem social associados a relações de trabalho, posse da terra e saneamento básico e o sistema de produção convencional com intenso uso de pesticidas e sem muita preocupação com as práticas conservacionistas, característicos de processo de expansão da fronteira agrícola, inclusive fazendo pressão e colocando em risco relevantes áreas naturais.

Refletir ainda sobre a influência do solo na diversidade peculiar das regiões, que está relacionada principalmente a sua função vegetativa de produção e escoamento de alimentos e matéria-prima para o abastecimento e indústria. A expansão da fronteira agrícola é o maior risco ambiental na região Norte, onde a produção intensa é frágil devido à baixa fertilidade e capacidade de retenção hídrica do solo, que apesar da alta pluviosidade, possui em contrapartida, uma alta evapotranspiração. Isso ocasiona um uso temporário da terra seguido de abandono e regeneração natural, por parte dos pequenos agricultores. O trabalho das ONGs, universidades e instituições de pesquisa tem incentivado a formação de grupos que buscam alternativas auto-sustentáveis para administrar sua produção ou atividade extrativista, assim com valorizar hábitos culturais. Também no Centro-Oeste, alguns trabalhos de resgate da cultura indígena buscam integrá-la a sociedade moderna, como estratégia de proteção. A intervenção dos grandes projetos de rede viária, transmissão de energia e transposição de água que cortam o país, altera constantemente a relação de uso e ocupação da terra nas cidades interioranas. Principalmente no Nordeste, onde surge agropolos de agricultura irrigada, assim com se ampliam áreas de desertificação e conseqüente nível de pobreza. A miséria se expande também nos bolsões de pobreza urbana ocasionada pelo êxodo do pequeno produtor rural, que não encontra incentivos suficientes ou acessíveis para a manutenção de sua família e busca nos centros urbanos uma alternativa, engrossando as taxas de desemprego e índices de violência. Por outro lado, a um fluxo inverso de uma população não agrícola, em busca de um espaço

com melhor qualidade de vida. Este fenômeno é intenso no Sudeste, onde a mecanização da colheita de cana-de-açúcar promoveu um intenso inchaço das cidades e explosão da violência urbana. No Sul, os problemas ambientais estão mais relacionados à questão agrária, de disponibilidade de terra. As comunidades de imigrantes remanescentes mantêm uma qualidade de vida equivalente ou melhor que os países de origem, pois os valores ambientais foram protegidos como estratégia de proteção da cultura centenária. Isto demonstra como o processo de conscientização pode efetivamente melhorar a qualidade de vida da sociedade.

Revedo todas essas questões, a própria sociedade poderá apresentar soluções mais adequadas à realidade local, conforme indica a Agenda 21, sem precisar importar soluções, mas até exportá-las. O Brasil pode não ter uma tecnologia tão avançada, mas possui um povo avançado na convivência pacífica, no bom humor, características muito mais difíceis de serem conquistadas. A inexistência de uma política integrada pautada no meio ambiente mantém o potencial do Brasil, de toda a natureza, numa incógnita. Mas certamente, não é desconhecido pelos países que dominam a tecnologia espacial e utilizam o sensoriamento remoto de alta precisão para explorar os recursos da Terra. Urge, tomar conhecimento de tal potencial e preparar a sociedade, respeitando suas peculiaridades culturais.

### **Políticas públicas, O instrumento de ação governamental I – Cenário atual (situação e pressão)**

#### **Mundo**

Ao assumir a coordenação do artigo 36 da Agenda 21, referente à Educação Ambiental, na ECO 92, a UNESCO lança em 1994 uma iniciativa internacional de “educação para o futuro sustentável”, que consolidou a necessidade pela comunidade, sobre o estilo sustentável de vida alicerçado pela ética, cultura e equidade, como imperativos morais à mobilização dos diversos setores, como motor da transformação e formação de sociedades sustentáveis.

Os acordos internacionais tendem a respeitar o processo globalizado de incorporação de hábitos e práticas conservacionistas, como uma estratégia de desenvolvimento sustentável. Neste sentido, a mobilização conjunta das nações para defender os interesses comuns tem sido o mote para inúmeros acordos de cooperação, mais recentemente com a Alemanha, para atuar na proteção da Mata Atlântica. Assim como derubar barreiras protecionistas a produtos agropecuários brasileiros na OMC.

#### **Brasil**

O Brasil possui políticas internas, leis e tecnologia bastante boas em relação ao meio ambiente, mas a sociedade como um todo não está preparada para utilizá-las. Um entrave é o conflito entre as políticas públicas setoriais, que não incorporam o meio ambiente, com o caráter de transversalidade que possui no processo de transformação socioambiental.

Nenhuma das políticas que regulamentam as atividades econômicas é tão eficaz na deterioração ambiental como a política agrícola e de transportes. Associadas, a rede viária acelera o processo de expansão agrícola transformando amplamente grandes áreas e destruindo, em alguns casos, irreversivelmente parte dos recursos naturais. Acelera também o processo de concentração populacional nas cidades, que de maneira geral, não administram adequadamente sua relação de uso e ocupação da zona rural entorno.

Mas a Constituição Federal de 1988 prevê a Educação Ambiental, que influiu na adequação curricular às exigências sociais em 1991, feita pelo Ministério da Educação. O Programa Nacional de Educação Ambiental criado em 1994 foi um dispositivo de apoio político, reforçado em 1999, quando a Política Nacional de Educação Ambiental foi instituída pela Presidência da República, através da Lei nº 9.795, estabelecendo de maneira abrangente as linhas de atuação formal e não formal. O lançamento dos Parâmetros Curriculares Nacionais do Meio Ambiente em 2001 materializa o estímulo governamental ao Ensino Fundamental. Diante da inexistência de uma proposta para capacitação de pessoal, após cinco anos de pesquisa a Embrapa Meio Ambiente desenvolveu uma estrutura metodológica (Embrapa Meio Ambiente, 2001), que forma agentes multiplicadores em educadores ambientais que podem orientar a sociedade a conhecer, analisar e agir segundo sua realidade ambiental local, considerando os aspectos agrícolas, normalmente desconsiderados da análise ambiental. Caracteriza-se pelo envolvimento (integrativo) e participação (participativo) da coletividade na construção de uma visão crítica (permanente), propiciando mudanças de atitudes e de postura (pró-ativa transformadora), sobre os múltiplos aspectos (globalizadora – socioambiental e transversal – interdisciplinar e intersectorial) que resultam na qualidade de vida do planeta a partir da realidade local (contextualizadora). A ausência de metodologia dificulta ainda hoje, a introspecção dos princípios da educação ambiental na abordagem das questões ambientais, principalmente nos projetos escolares e comunidades rurais.

O solo é um recurso pouco vislumbrado nos projetos. A partir da Constituição Brasileira de 1988, a mineração tem por obrigação recuperar as áreas degradadas por ela. Assim, se observa a criação de empresas

cidadãs do setor atuando no processo de conscientização, como o CEPA, Centro de Estudos e Pesquisas Ambientais da ALCOA, em Poços de Caldas. Esse é um bom exemplo para mostrar como a política pública, juntamente com o setor privado, pode colaborar para viabilizar o processo de formação de uma sociedade sustentável.

A educação ambiental é um reconhecido instrumento de planejamento ambiental. A necessidade de planejamento esbarra na eterna realização de diagnósticos, com múltiplas metodologias e objetivos, para conhecimento da situação e pressão existente. A mais ampla iniciativa do Brasil neste sentido é o Zoneamento Ecológico-Econômico do Programa Avança Brasil, que ditará o planejamento socioeconômico e orientará a política ambiental. É preocupante o poder do resultado deste estudo, seja pela escala, seja pelo método utilizado para traduzir os anseios da sociedade. A ausência do processo participativo neste processo pode inviabilizar a preparação do mercado para disponibilizar recursos tecnológicos a sua implementação e atender à interface entre a macrozona e a comunidade local, como aponta a Agenda 21.

## II – Cenário Desejado

De 1992 para 2002, o processo de conscientização evoluiu da urgente preparação das gerações futuras de enfrentar o desafio do desenvolvimento sustentável, para a um processo de transformação sociopolítica, que não se resume a alguns segmentos, mas que começa a envolver toda a sociedade. De modo que a ação local para o bem global, ainda passa por um processo de introspecção de em práticas conservacionistas às atividades econômicas, alteração dos padrões de consumo e atitudes em relação ao uso adequado do espaço geográfico e a destinação de resíduos. A comunidade humana percebe que é parte da natureza e depende dela para sobreviver, e para isso deve proceder o desenvolvimento em consonância com a capacidade de suporte dos recursos naturais e conseqüentemente adequar seu padrão de consumo. De acordo com Gliessman S.R. (2002), sustentabilidade é um teste de tempo. A despeito dos desafios, já se considera fundamental **a formação de uma sociedade sustentável**, sem a qual todo o processo se torna reversível a primeira crise, ao invés da busca cooperada de adequação a dinâmica da vida.

Mas para projetar o futuro sustentável é preciso “sonhar” como seria um país que respeite a diversidade socioambiental peculiar de cada comunidade. Deve ser regido por uma **política pública** integrada pelo viés da transversalidade da questão ambiental e que respeite os limites da dignidade humana, que ultrajada só engrossam as estatísticas da violência. Um **setor privado** que adote sistemas de produção e serviço que respeite a ca-

pacidade de suporte do meio físico, reduza o uso de produtos naturais, em especial os não renováveis, como o gás natural, aumente o uso de material reciclado, trate a água e seus resíduos para reutilização. É um fato, que a incorporação de critérios ambientais na produção tecnológica tem aumentado a competitividade das empresas brasileiras no cenário mundial. Os benefícios oriundos da melhoria da imagem e do ambiente de trabalho se acumulam, à medida que a sociedade vai se conscientizando e dando preferência a produtos desse tipo de empresa. É uma **sociedade civil** participativa dos processos de decisão do planejamento de uso e ocupação do solo e ciente de suas necessidades para garantir o desenvolvimento sustentável. Apesar de existirem vários mecanismos e instâncias de articulação entre governo, setor privado e sociedade civil (comitês de bacias, conselhos municipais, Agenda 21 local e regional, dentre outros), ainda é ineficaz (não democrática) a forma de consulta a sociedade, necessitando o estimular técnicas e práticas que promovam a participação de todo o indivíduo, como ZOPP e Metaplan. As organizações civis (de produtores, consumidores, etc) são o mecanismo representativo de participação da sociedade nas instâncias consultivas do governo, mas ainda não participam efetivamente do processo de decisão (instâncias deliberativas). De maneira geral, o planejamento ambiental para o desenvolvimento sustentável envolve duas ações prioritárias: reflorestamento de nativas e destinação adequada dos resíduos (3Rs). Sem depreciar o valor da produção de eucalipto para reduzir inclusive a pressão de corte sobre as nativas, mas também sem confundir mata, com sua porção diversificada de nativas com bosque de eucalipto.

É muito comum este tipo de confusão, mas a produção de eucalipto é uma atividade agrícola denominada silvicultura. Como a atividade agrícola se apresenta como estratégica à manutenção da paisagem e proteção dos recursos naturais, é importante salientar as diretrizes orientadoras das ações que visem o desenvolvimento sustentável propostas pelo Grupo de Trabalho em Agricultura Sustentável preparatório à IV Reunião Conjunta do Fórum Nacional de Agricultura (1998), para a preparação da Agenda 21 brasileira, o apresentou as seguintes:

- fortalecimento de mecanismos e instâncias de articulação entre governo e sociedade civil;
- fortalecimento da agricultura familiar frente aos desafios da sustentabilidade agrícola;
- incentivo ao planejamento ambiental (bacia hidrográfica) e ao manejo sustentável dos sistemas produtivos; e
- incentivo à geração e à difusão de informações e de conhecimentos que garantam a sustentabilidade da agricultura.



Cabe acrescentar, a questão da criação de mecanismos mercadológicos de formação e fortalecimento de um mercado justo, que se aproxime do agricultor familiar e transforme-o numa instituição forte e estratégica do mercado interno brasileiro frente às flutuações da globalização, e que pela própria natureza cultural não possui similar/concorrência no exterior. Neste sentido, a biodiversidade agrícola é a maior riqueza de barganha comercial no mercado externo. Sob este aspecto, independente dos efeitos ambientais e para a saúde, o pior dos efeitos dos transgênicos é a deterioração da biodiversidade genética dos produtos agrícolas brasileiros.

Sob essa nova perspectiva conceitual, a ênfase dada à agricultura familiar, não deprecia o mérito dos grandes produtores de grãos, responsáveis pela excelente presença brasileira no mercado mundial. Mas como toda questão evolutiva, a melhoria de processo requer a adoção de práticas coerentes com a proposta de desenvolvimento sustentável e incorporação de novas frentes de trabalho e produtos. São práticas simples e amplamente conhecidas, como a diversificação dos sistemas produtivos, por consorciações e rotações, agroflorestação, resgate de variedades genéticas adaptadas às condições edafoclimáticas resistentes a condições adversas locais, alternativas de proteção do solo, com o plantio direto, adubação verde, biofertilizantes, adubação orgânica, fixação biológica de nitrogênio, alternativas de uso a agrotóxicos como o controle biológico e manejo integrado de pragas, controle da poluição de dejetos de suínos (com uso de cama de serragem), vinhoto e queima de cana, redução dos desmatamentos e queimada, certificação florestal e organização social. Este último é um convite ao processo de sensibilização e aproximação do grupo às discussões sobre o planejamento integrado, pois detém as melhores condições de impulsionar o Brasil, a uma posição estratégica de commodities ambiental.

Da mesma forma ocorreu com o setor privado industrial e de mineração, que devido ao caráter de verticalização do setor agilizou a incorporação dessas práticas que se apresentam mais avançadas com a certificação ambiental dos processos, inclusive participando do Terceiro Setor como empresas cidadã.

*III - Diante do contexto atual e das perspectivas futuras, segundo as pressões exercidas, quais são as indicações para atingir o objetivo?*

O exercício da cidadania se reflete no processo de destinação dos recursos e, por isso, a Educação Ambiental é um instrumento de gestão ambiental. A participação dos atores sociais se apresenta mais ou menos eficiente em interferir no processo de planejamento contínuo e dinâmico do uso do espaço, con-

forme a clareza e coerência entre as políticas públicas setoriais, que entre outras coisas, precisa determinar competências e responsabilidades institucionais de interação com a sociedade civil.

As estratégias são viáveis se induzirem os agentes sociais mais dinâmicos a uma articulação em âmbito local da qual resultem sinergias. Caso contrário, por melhor que possam parecer, essas estratégias não alterarão o status quo. Não haverá perspectiva sustentável para a agropecuária sem uma dinamização endógena que caminhe nessa direção. Seria uma perigosa ilusão acreditar que a superação dos obstáculos à sustentabilidade pudesse vir de fora (Política pública elaborada sob trabalho técnico ou pesquisa de opinião interpretada por uma empresa especializada), por melhor que fossem as políticas decorrentes das estratégias propostas pela Agenda 21 Brasileira. Não menos absurdo seria imaginar que tal superação pudesse resultar de algum tipo de ação isolada, desta ou daquela organização pública ou privada. Enquanto não surgirem inovações de âmbito local, de nada valerão longas listas de objetivos, linhas de ação, propostas de política, formas de gestão, etc. As experiências mais avançadas indicam claramente que tais inovações costumam ser impulsionadas pela elaboração de diagnósticos micro/mesorregionais por organizações de pesquisa, de extensão e de educação popular capazes de mobilizar e articular cooperativas, associações, enfim, os agentes sociais mais dinâmicos de cada localidade.

Ficou claro que os valores e processos de conscientização associados à exequibilidade do desenvolvimento sustentável, passam pelo processo educativo de toda a sociedade sobre o uso racional do solo por todas as atividades antrópicas, segundo suas funções fundamentais de proporcionar alimento (**função alimentar**), de material para construção e processos industriais e suporte para planejamento adequado do espaço de áreas para desenvolvimento e para conservação natural (**função material**), contribuição ao equilíbrio biogeoquímico do planeta, melhorando a qualidade do ar, solo e água (**função biológica**) e juntamente com a cobertura vegetal adequada atuar na proteção dos mananciais, tanto pelos aspectos qualitativos como pela garantia de recarga dos aquíferos subterrâneos, principais reservatórios de água potável (**função filtro**). O presente trabalho corrobora com a proposta do Workshop de Educação Ambiental realizado na Embrapa Meio Ambiente (2002), que o processo amplo, contínuo e permanente de educação ambiental é fundamental para a de formação de uma sociedade sustentável. A dependência da sobrevivência do ser humano da **produção agrícola** a torna essencial, assim como o solo que dá suporte a esta atividade e por isso apresenta-se como **premissa de desenvolvimento sustentável**. Cabendo-lhe um tratamento diferenciado, como estratégia de combate à fome no

mundo. Por uma questão de eficácia e eficiência, o processo de conscientização deve contar ainda com algumas providências também fundamentais, como a **transversalidade da questão ambiental** como mote/fator de integração das **políticas públicas e da pesquisa tecnológica**; obrigatoriedade do **planejamento do uso e ocupação dos espaços geográficos (local)**, a ser submetido para avaliação das entidades ambientalistas regionais.

Ao se considerar a atividade agrícola como essencial à sobrevivência humana, sua importância como instrumento de redução do adensamento populacional, valoração econômica da paisagem e sua amplitude, como a atividade que mais intervém no solo, recomenda-se a criação de amplos mecanismos de **fixação do pequeno agricultor no campo**. O fortalecimento da agricultura familiar se apresenta como uma estratégia que minimiza questões sociais associadas a terras e a desagregação da unidade familiar, importante fator educativo e cultural. Uma sugestão do pesquisador Aldemir Chaim é o desenvolvimento de tecnologia de baixo custo, que minimize o desgaste e esforço do indivíduo na atividade agrícola, que aumente sua produtividade, mas não dispense ou substitua sua presença ou de seus familiares por máquinas e uso de insumos caros e/ou tóxicos a saúde (desenvolvimento de sistemas agroecológicos) e o estímulo ao estabelecimento de um mercado justo, permitindo um mínimo de retorno financeiro, para que a agricultura possa deixar de ser uma das justificativas para o êxodo rural. Assim como observado em países como Finlândia, Suécia, Dinamarca, Suíça e Espanha, criam-se instrumentos econômicos para estimular a adoção do manejo sustentável, ofe-

recendo-se apoio financeiro (prêmios) à conversão biológica dos sistemas produtivos convencionais, a fim de reduzir os riscos no período de transição e redução de impostos para o produtor que usa produtos biológicos ou controle integrado.

## Referências Bibliográficas

- DEPERON, M. L. S. . Educação ambiental, ética e cidadania planetária. In: HAMMES, V. S. (Ed.) **Educação ambiental para o desenvolvimento sustentável**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2002. v. 1
- EMBRAPA MEIO AMBIENTE. **Educação agroambiental rumo ao desenvolvimento sustentável**. Jaguariúna, . 2001. 1 fita de vídeo (22 min.), VHS, son., color.
- FILIZOLA, H. F. Solo, conceitos, origem, caracterização e capacidade de suporte. In: HAMMES, V. S. (Ed.) **Educação ambiental para o desenvolvimento sustentável**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2002. v. 3.
- GLIESSMAN, S. R.; COELHO FILHO, O . Agroecologia, construindo uma agricultura sustentável. In: HAMMES, V. S. (Ed.) **educação ambiental para o desenvolvimento sustentável**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2002. v. 3.
- HAMMES, V. S. **Workshop de Avaliação, Projeto de educação agroambiental para o desenvolvimento rural sustentável**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2002. 1 CD ROM. no prelo.
- HAMMES, V.S. Projeto de educação ambiental para o desenvolvimento sustentável e o setor privado na promoção da consciência e responsabilidade ambiental. In: ECOLATINA. 2001, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte, 13 p. CD ROM.
- MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Agenda 21 Brasileira, agricultura sustentável**. Formulação e Implementação de Políticas Públicas Compatíveis com os Princípios do Desenvolvimento. São Paulo: Consórcio Museu Emílio Goeldi. 1999. 125 p.
- WILLIAMS, D.D. Recuperação de áreas degradadas pela mineração. In: HAMMES, V. S. (Ed.) **Educação ambiental para o desenvolvimento sustentável**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2002. v. 4.

Ladislau Araújo Skorupa  
José Maria Gusman Ferraz  
Sérgio Ahrens

Como resultado do amadurecimento das discussões ocorridas ao longo das últimas décadas, tem crescido, cada vez mais, o consenso da necessidade da compatibilização das questões ambientais com as de ordem econômica, social e cultural – incluindo a pobreza e a exclusão social, como forma de se atingir um desenvolvimento sustentável. Por sua vez, ocupam menos espaços os posicionamentos extremados ou segmentados, como os que reduzem os problemas globais à deterioração do ambiente físico e dos seus componentes biológicos, ou daqueles que colocam a questão dos ganhos econômicos em primeiro plano.

Este processo de conciliação entre o desenvolvimento econômico e o meio ambiente tem se processado de forma lenta e de forma bastante diferenciada entre os setores produtivos, consumidores, sociedade civil organizada, e entre as diversas instâncias governamentais, nacionais e internacionais.

Sem dúvida, as discussões sobre o tema tomaram grandes dimensões com a realização de grandes fóruns internacionais realizados sob os auspícios da Organização das Nações Unidas (ONU) - incluindo-se aqui as reuniões preparatórias que as antecederam. Entre eles estão a Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente Humano – ou Conferência de Estocolmo, 1972, e a Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento (CNUMAD) no Rio de Janeiro, em 1992, ou Eco-92.

De forma inquestionável, a construção de um processo de conciliação se refletiu na elaboração da Agenda 21 global<sup>1</sup>, um plano de ação para se alcançar o desenvolvimento sustentável, abordando de forma integrada e sistêmica as dimensões econômica, social,

ambiental e político-institucional. No âmbito nacional, a construção da Agenda 21 Brasileira busca definir uma estratégia de desenvolvimento sustentável para o País, a partir de um processo de articulação e parceria entre o governo e a sociedade.

Dentro do contexto de desenvolvimento sustentável, e em particular da sustentabilidade agrícola, a gestão adequada do recurso “solo” é uma questão imperativa, tendo em vista o grande número de impactos negativos decorrentes de seu uso inadequado sobre os demais recursos ambientais. Entre as conseqüências danosas do mau uso do solo estão os processos de degradação relacionados à erosão, desertificação, acidificação e salinização. Na área agrícola, o uso inadequado do solo, além de reduzir a sua capacidade produtiva, também produz impactos negativos em outros recursos naturais, como no caso dos recursos hídricos, com a contaminação e o assoreamento dos ambientes aquáticos.

Atividades não-agrícolas também têm promovido impactos negativos no recurso solo, como os advindos das atividades de mineração, obras de infra-estrutura, expansões de áreas urbanas e industriais, entre outras.

Ações governamentais voltadas à conservação e uso do solo são identificadas, em sua maioria, no bojo da política ambiental do País, onde, cada vez mais, os conceitos de desenvolvimento sustentável se consolidam.

Abaixo é apresentada a legislação mais relevante relacionada ao uso do solo no Brasil, bem como os principais Programas Nacionais que tratam, direta ou indiretamente, do uso sustentável dos recursos naturais, e que trazem em seu interior relações com o uso e a ocupação do solo brasileiro.

## Legislação Sobre o Uso do Solo

De forma genérica, toda a legislação brasileira é intervencionista, limitando ou restringindo os poderes ine-

<sup>1</sup>Um dos documentos oficiais da CNUMAD, ao lado da Declaração do Rio de Janeiro sobre o Meio Ambiente e o Desenvolvimento; da Convenção sobre Mudanças Climáticas; da Declaração de Princípios sobre Florestas e da Convenção sobre a Biodiversidade.

rentes aos direitos de propriedade, em particular sobre a propriedade imóvel rural ou agrária. O arcabouço legal que diz respeito, direta ou indiretamente, à proteção, ao uso e à ocupação dos solos é vasto e encontra-se disperso em diversos diplomas legais. No entanto, tendo em vista os propósitos deste levantamento, somente a legislação federal mais relevante e pertinente é objetivamente documentada, como segue:

- Constituição Federal de 1988: em seu Art. 225 informa-se que “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”. De outro lado, no Art. 5º, impõe-se que a propriedade cumpra a sua “função social”, explicitando-se no Art. 186 que a função social da propriedade rural implica, dentre outros requisitos, “o seu aproveitamento racional e adequado” e a “utilização adequada dos recursos naturais disponíveis e preservação do meio ambiente.”
- Lei nº 6.938, de 31/08/1981. Institui a Política Nacional de Meio Ambiente. Em seu Art. 3º, V, define recursos ambientais nos seguintes termos: “a atmosfera, as águas interiores, superficiais e subterrâneas, os estuários, o mar territorial, o solo, o subsolo e os elementos da biosfera.”
- Decreto nº 99.274, de 06/06/1990, e que regulamenta a Lei nº 6.938/81: esta lei estabelece multas, em seu Art. 35, proporcionalmente à degradação ambiental causada, nas seguintes infrações: “II – causar a poluição do solo que torne uma área, urbana ou rural, imprópria para a ocupação humana”.
- Lei nº 4.771, de 15/09/1965 (Código Florestal Brasileiro): relevante observar que o Art. 1º do Código Florestal informa que “as florestas e demais formas de vegetação, reconhecidas de utilidade às terras que revestem, são bens de interesse comum a todos os habitantes do país ...”. Por esse motivo o Código Florestal 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).

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”, indicando a necessidade da recomposição da vegetação natural original, nas duas hipóteses, quando aquela não mais existir, mesmo que apenas parcialmente. Em ambos os casos, encontra-se subjacente também a

proteção dos solos. Ainda com relação às Áreas de Preservação Permanente, as resoluções 302 e 303 do CONAMA, de 20/03/2002, dispõem sobre os parâmetros, definições e limites dessas áreas.

- Lei nº 8.171, de 17/01/1991 (Lei de Política Agrícola): em dois capítulos explicita normas referentes à Assistência Técnica e Extensão Rural (Capítulo V) e Proteção ao Meio Ambiente e Conservação dos Recursos Naturais (Capítulo VI). Em seu Art 19 determina que o Poder Público deverá: I – integrar em 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 ...”

No Art. 20, a Lei 8.171/91 informa que “As bacias hidrográficas constituem-se em unidades básicas de planejamento do uso, da conservação e da recuperação de recursos naturais”. Em seu Art. 30 a mesma lei informa que o Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (em 1991 Ministério da Agricultura e da Reforma Agrária), integrado com os Estados, o Distrito Federal, os Territórios e os Municípios, manterá um sistema de informação agrícola ampla para divulgação de : V – cadastro, cartografia e solo das propriedades rurais (redação dada pela Lei nº 9.272, de 03/05/1996)

- Lei nº 10.228, de 29/05/2001, acrescenta 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.
- Lei nº 9.433, de 08/01/1997 (Lei que institui a Política Nacional de Recursos Hídricos): estabelece que a bacia hidrográfica é a unidade territorial para implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e atuação do Sistema Nacional de Gerenciamento dos Recursos Hídricos. Dentre as diretrizes Gerais de Ação (Capítulo III) o Art. 3º informa que constituem diretrizes gerais de ação: III – a integração da gestão de recursos hídricos com a gestão ambiental; e 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.”

- Decreto nº 4.074, de 08/01/2002, que regulamenta a Lei 7.802, de 11/07/1989, e que dispõe sobre produção, pesquisa, transporte, utilização, controle e fiscalização de agrotóxicos: informa sobre definições, competências, registro de produtos, pesquisa, comercialização, receituário, controle, inspeção, fiscalização, sanções e infrações pertinentes à matéria. Quanto às competências, o Decreto 4.074/02 informa em seu Art. 2º *Cabe aos Ministérios da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, Saúde e do Meio Ambiente, no âmbito de suas respectivas competências: V – estabelecer metodologias oficiais de amostragem e de análise para determinação de resíduos de agrotóxicos e afins em produtos de origem vegetal, animal, na água e no solo*”.
- Lei nº 7.876, de 13/11/1989: institui o “Dia Nacional de Conservação do Solo” a ser comemorado, em todo o País, no dia 15 de abril de cada ano.
- Lei nº 9.985, de 18/07/2000. Institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação, SNUC: prevê uso condicionado do solo, para atividades produtivas, no que denomina área de “entorno” (10km) das Unidades de Conservação.
- Registre-se também, a existência e vigência de Portarias, Resoluções (v.g. do CONAMA) Instruções Normativas, editadas por diferentes órgãos da União, estados e municípios, e que direta ou indiretamente normatizam diferentes atividades pertinentes ao uso e ocupação dos solos em diferentes partes do território nacional.

Por oportuno, cabe também mencionar:

- Decreto nº 3.991, de 30/10/2001, que dispõe sobre o Programa Nacional de Agricultura Familiar, PRO-NAF, 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.

### **Mandato Institucional nas Diferentes Esferas Políticas**

A Lei 6.938/81 (Lei que institui a Política Nacional de Meio Ambiente) estabelece em seu Art. 6º que “os órgãos e entidades da União, dos estados e do Distrito federal,

bem como as funções instituídas pelo Poder Público, responsável pela melhoria da qualidade ambiental, constituirão o Sistema Nacional de Meio Ambiente”, SISNAMA, e que este será estruturado da seguinte forma:

- a) Órgão Superior: o Conselho Nacional do Meio Ambiente, CONAMA, com a função de assistir o Presidente da República na formulação de diretrizes da Política Nacional do Meio Ambiente. A competência do CONAMA objetiva criar normas específicas sobre a conservação da qualidade ambiental, o que inclui, dentre outras funções, a edição de resoluções que disciplinam o uso e a conservação da cobertura vegetal o que inclui as florestas e, portanto, também os solos.
- b) Órgão Central: Secretaria Especial do Meio Ambiente, SEMA, subordinada ao Ministério do Interior, à qual cabe promover, disciplinar e avaliar a implementação da Política Nacional de Meio Ambiente. Esta Secretaria foi extinta com a Lei nº 7.735, de 22/02/1989, que criou o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis, IBAMA, autarquia para a qual foram transferidos competência e atribuições daquela (bem como da SUDHEVEA, IBDF e SUDEPE).
- c) Órgãos Setoriais: órgãos da administração pública federal, direta ou indireta, bem como as fundações instituídas pelo Poder Público, e cujas atividades estejam total ou parcialmente associadas às de preservação da qualidade ambiental ou de disciplinamento do uso de recursos ambientais; dentre estes inclui-se o IBGE, o IBAMA e as Superintendências de Desenvolvimento Regional como SUDAM, SUDENE e SUDESUL.
- d) Órgãos Seccionais: órgãos ou entidades estaduais responsáveis pela execução dos programas e projetos e pelo controle e fiscalização das atividades suscetíveis de degradarem a qualidade ambiental, como, por exemplo, as Secretarias Estaduais de Meio Ambiente e as empresas públicas de controle da poluição (v.g. CETESB).
- e) Órgãos locais: os órgãos ou entidades municipais responsáveis pelo controle e fiscalização, em suas respectivas áreas de jurisdição: Secretarias Municipais de Meio Ambiente e os Conselhos Municipais de Meio Ambiente.

## **PROGRAMAS NACIONAIS**

### **Programa do Protocolo Verde**

O Programa do Protocolo Verde é uma das iniciativas do governo brasileiro mais emblemáticas em termos de políticas públicas para o desenvolvimento sustentável. Trata-se de um documento contendo diretrizes,

estratégias e mecanismos operacionais para a incorporação da variável ambiental no processo de gestão e concessão de crédito oficial e benefícios fiscais às atividades produtivas.

As linhas de atuação do referido Protocolo foram elaboradas por um Grupo de Trabalho instituído por decreto presidencial em maio de 1995, com representantes do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis, Ministério do Meio Ambiente, dos Recursos Hídricos e da Amazônia Legal; Ministério da Fazenda; Ministério do Planejamento e Orçamento; Ministério da Agricultura, do Abastecimento e da Reforma Agrária; Comissão Econômica para a América Latina e Caribe; Banco Central do Brasil; Banco Nacional do Desenvolvimento Econômico e Social; Banco do Nordeste do Brasil; Banco da Amazônia; Banco do Brasil e Caixa Econômica Federal.

O Protocolo foi assinado, em novembro de 1995, pelo presidente Fernando Henrique Cardoso, pelos ministros no Meio Ambiente, dos Recursos Hídricos e da Amazônia Legal; da Agricultura, do Abastecimento e da Reforma Agrária; da Fazenda; e do Planejamento e Orçamento; pelo presidente do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis; e pelos presidentes do Banco Central, do Banco Nacional do Desenvolvimento Econômico e Social, do Banco do Brasil, da Caixa Econômica Federal, do Banco do Nordeste do Brasil e do Banco da Amazônia.

A assinatura da Carta de Princípios para o Desenvolvimento Sustentável - Anexo I do Protocolo - marcou o início da concretização das propostas que, entre os seus princípios gerais, estabelece que o setor bancário deve privilegiar de forma crescente o financiamento de projetos que não sejam agressivos ao meio ambiente ou que apresentem características de sustentabilidade, e que a gestão ambiental requer a adoção de práticas que antecipem e previnam degradações do meio ambiente. Propõe, dessa forma, a alocação de recursos públicos em projetos auto-sustentáveis do ponto de vista socioambiental, evitando o seu uso em projetos que promovam prejuízos ambientais.

A Casa Civil da Presidência da República preside o grupo de trabalho encarregado de implementar as recomendações do Protocolo. Participam do grupo o Ministério do Meio Ambiente, dos Recursos Hídricos e da Amazônia Legal; Ministério da Agricultura e do Abastecimento; Ministério do Planejamento; Ministério da Fazenda; Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis; Banco Central; Banco Nacional do Desenvolvimento Econômico e Social; Banco do Brasil; Banco do Nordeste Brasileiro S/A; Banco da Amazônia; e pela FINEP, a partir de setembro de 1997.

### Programa Nacional de Florestas - PNF

O Programa Nacional de Florestas (PNF) foi concebido diante da necessidade de imprimir ou de ordenar ações em curso no Setor Florestal Brasileiro, e de compatibilizar a política florestal com as demais políticas públicas do governo, de forma a disciplinar a exploração e a preservação das florestas do País, tendo como paradigma o desenvolvimento sustentado, tal como preconizado na Agenda 21 (Decreto n. 3.420, de 20/04/2000).

O PNF foi elaborado sob a coordenação do Ministério do Meio Ambiente, tendo como base uma consulta pública envolvendo mais de 600 instituições do setor florestal, organizações ambientalistas, o meio acadêmico, produtores e empresários florestais e profissionais liberais, assim como dos Ministérios da Agricultura e Abastecimento, Ciência e Tecnologia, Integração Social, Planejamento, Orçamento e Gestão.

O Programa possui como objetivos estimular o uso sustentável de florestas nativas e plantadas; fomentar as atividades de reflorestamento, notadamente em pequenas propriedades rurais; recuperar florestas de preservação permanente, de reserva legal e áreas alteradas; apoiar as iniciativas econômicas e sociais das populações que vivem em florestas; reprimir desmatamentos ilegais e a extração predatória de produtos e subprodutos florestais, conter queimadas acidentais e prevenir incêndios florestais; promover o uso sustentável das florestas de produção, sejam nacionais, estaduais, distrital ou municipais; apoiar o desenvolvimento das indústrias de base florestal; ampliar os mercados interno e externo de produtos e subprodutos florestais; valorizar os aspectos ambientais, sociais e econômicos dos serviços e dos benefícios proporcionados pelas florestas públicas e privadas; estimular a proteção da biodiversidade e dos ecossistemas florestais.

As ações do Programa estão organizadas segundo linhas temáticas, levando em consideração as consultas públicas realizadas, e os projetos ou atividades previstas no Plano Plurianual do Governo Federal - PPA 2000-2003. Os objetivos de cada linha e suas metas são as seguintes:

**Expansão da base florestal plantada** - ampliar a base florestal plantada, buscando integrar ao processo produtivo as pequenas e médias propriedades rurais. Meta: implantação de 630 mil hectares/ano de florestas.

**Expansão e consolidação do manejo de florestas nativas em áreas públicas:** ampliar e consolidar a base de florestas manejadas em áreas públicas e aprimorar o sistema de gestão das unidades de uso sustentável. Metas: ampliar em 50 milhões de hectares as florestas nacionais, estaduais e municipais na Amazônia Legal, até 2010. Desse total adicional, no mínimo 10 milhões de hectares deverão ser efetivados até o ano 2003.

**Manejo de florestas nativas em áreas privadas:** ampliar a adoção dos sistemas de manejo sustentável em áreas de florestas nativas, inclusive as destinadas a compor a reserva legal das propriedades rurais, nos termos da Medida Provisória nº 1.956-53, que alterou dispositivos do Código Florestal de 1965. Metas: incorporar ao regime de produção sustentável a área de 20 milhões de hectares em propriedades privadas que possuam cobertura vegetal nativa na Amazônia e 560 mil hectares no Nordeste, até o ano 2010.

**Monitoramento e controle:** manter a integridade das florestas, reduzindo os desmatamentos ilegais, as queimadas acidentais e os incêndios florestais. Metas: ampliar o monitoramento do uso dos recursos florestais para todo o território nacional (Mata Atlântica, Cerrados e Caatinga), estabelecendo planos de ação de prevenção, controle e combate de desmatamentos ilegais, queimadas acidentais e incêndios florestais por bioma; reduzir as queimadas, os incêndios florestais e a extração predatória de produtos madeireiros e não madeireiros; revisar os instrumentos normativos que concedem a autorização de desmatamento; apoiar os processos de descentralização das atividades de monitoramento, controle e fiscalização.

**Populações tradicionais e indígenas:** apoiar e promover a incorporação das populações tradicionais e indígenas ao processo produtivo, assegurando sua subsistência e sustentabilidade nas áreas com potencial para a produção florestal racional e múltipla. Metas: ampliar a implementação de programas, projetos e atividades, envolvendo os governos federal, estaduais e municipais, ONGs e outros segmentos dos setores produtivos e social, que valorizem o conhecimento das populações tradicionais e indígenas.

Educação, ciência e tecnologia florestais: buscar a melhoria da produtividade florestal, reduzindo desperdícios e agregando valor aos produtos florestais; ampliar e atualizar as atividades de ensino florestal tecnológico e superior. Metas: aumentar em 50% a produtividade de pequenas e médias propriedades rurais com plantações florestais, até 2010, com a consequente redução dos custos de recuperação e restauração de áreas de preservação permanente, de reservas legais e áreas degradadas.

Serviços ambientais das florestas: valorizar economicamente os serviços ambientais prestados pelas florestas, especialmente a fixação de carbono e a conservação de mananciais. Metas: restaurar 100 mil hectares/ano de florestas de preservação permanente em áreas prioritárias de bacias hidrográficas.

Fortalecimento institucional e extensão florestal: aprimorar as instituições, descentralizando as atribuições e atividades, garantindo maior flexibilidade ao processo de gestão, inclusive alocando recursos materiais e financeiros e facilitando a assistência técnica

e os serviços de extensão florestal. Metas: realizar estudos para identificação de alternativas de fortalecimento institucional, no contexto de uma atividade econômica complexa e de natureza diversa, que requer mudanças estruturais e regras estáveis para assegurar sua credibilidade.

Modernização das indústrias de base florestal: propiciar condições para melhorias tecnológicas com a finalidade de manter e aumentar a competitividade, e reduzir os desperdícios; elevar a agregação de valor da indústria de base florestal, promovendo a capacitação e especialização da mão-de-obra; induzir o uso alternativo para as madeiras originárias de plantações florestais e estimular o beneficiamento de espécies menos conhecidas no mercado. Metas: melhorar a eficiência, no processamento de madeira em tora, pelas serrarias e laminadoras na Amazônia Legal, dos atuais 35%-40% para 50%-60%, até o ano 2003.

**Mercado e comércio de produtos florestais:** ampliar e aumentar a participação do setor florestal nos mercados interno e externo, agregando valor aos produtos e subprodutos florestais brasileiros, em especial aqueles oriundos de áreas de manejo sustentável e reflorestamentos. Metas: aumentar a participação do Brasil no mercado mundial de madeiras tropicais de 4% para 10%, até 2010; incrementar as exportações de madeira de origem sustentável de menos de 5% para, no mínimo, 30%, até 2010; estimular o aumento da participação de produtos e subprodutos florestais com maior valor agregado (beneficiados e movelaria), na pauta de exportações brasileiras para 30%, até 2010. Manter a posição de liderança do setor de papel e celulose nos mercados interno e externo.

### **Programa Zoneamento Ecológico-Econômico - ZEE**

As primeiras iniciativas visando o ordenamento territorial do País para uma maior adequação de seu uso ocorreram na década de 1980. No entanto, apenas em 1990 (Decreto nº 99.193/90) o ordenamento do território recebeu a denominação "Zoneamento Ecológico-Econômico", onde a prioridade era a Amazônia Legal.

Atualmente, o Programa Zoneamento Ecológico-Econômico - ZEE é concebido como um instrumento de informações técnicas capaz de orientar ou reorientar o planejamento, a ocupação, e a gestão territorial do País, conciliando o desenvolvimento econômico com a utilização racional dos recursos ambientais, ou seja, de forma sustentável. Para isso deve possuir instrumentação metodológica capaz de reconhecer e diferenciar padrões particulares do território segundo a relevância de características naturais e socioeconômicas. Visa, dessa forma, contribuir para o planejamento de políticas públicas.

Apesar das iniciativas de vários Estados brasileiros em elaborarem os seus próprios ZEE, várias questões ainda se apresentam como obstáculos, e, portanto, se apresentam como temas de discussão, como as relacionadas a aspectos metodológicos relativo aos critérios que compatibilizem os aspectos sociais, econômicos e ambientais de forma a atender aos interesses dos vários setores da sociedade envolvidos, compatibilização de escalas de trabalho, entre outros.

No cenário político atual é considerado uma ferramenta importante na execução de diversas ações governamentais, como, por exemplo, o Plano Plurianual 2000-2003 (PPA), a Política Nacional Integrada para a Amazônia Legal e a reforma do Código Florestal Brasileiro.

Em dezembro de 2001, por meio de decreto presidencial, foi instituído um Grupo de Trabalho Permanente denominado de Consórcio ZEE-Brasil com os objetivos de executar trabalhos de zoneamento ecológico-econômico a cargo do governo federal; elaborar a linha metodológica do zoneamento ecológico-econômico do país em plano nacional; orientar a elaboração do termo de referência do zoneamento ecológico-econômico em nível nacional; coordenar o intercâmbio técnico e metodológico junto aos Estados, com vistas à elaboração e acompanhamento dos seus respectivos zoneamentos ecológico-econômico; e prestar assessoria técnica aos Estados da Federação. O Grupo de Trabalho é constituído por representantes do Ministério do Meio Ambiente; - Ministério da Integração Nacional; Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA; Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais - CPRM; Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE; VI - Fundação Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada - IPEA; Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis - IBAMA; - Agência Nacional de Águas - ANA; e Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE.

A harmonização das linhas metodológicas para a realização do ZEE em nível nacional tem sido atualmente um dos maiores desafios do Programa.

### ***Programa Nacional de Racionalização do uso de Agrotóxicos - PNRUA***

Trata-se de um Programa que está sendo construído no âmbito do Programa do Protocolo Verde, coordenado pela Casa Civil da Presidência da República, entendendo a relevância da questão do uso de agrotóxicos no País. O Grupo de Trabalho do PNRUA foi constituído, numa fase preliminar, por técnicos dos Ministérios do Meio Ambiente, da Agricultura, da Saúde, do Banco do Brasil, do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis –

IBAMA, da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA, e da coordenação do Protocolo Verde.

O Programa, como disposto em sua proposta preliminar, apresenta como objetivos promover a redução do uso de agrotóxicos, de modo a minimizar os efeitos negativos decorrentes do emprego desses produtos sobre o meio ambiente e a saúde pública; contribuir para o abatimento do passivo ambiental acumulado no país; atender aos requisitos do desenvolvimento sustentável; garantir, ou incrementar, os níveis de produção e produtividade agrícola em todas as fases de sua implantação, dentro do atendimento das demandas sociais dominantes; propiciar aos setores de produção e comercialização de defensivos e fertilizantes instrumentos econômicos e de mercado que garantam a sustentabilidade econômica desses atores nas fases de implantação do PNRUA.

A referida proposta ainda deverá ser amplamente discutida por todos os atores envolvidos para a introdução dos ajustes necessários antes de sua promulgação pelo governo brasileiro.

### ***Programa Piloto para Proteção das Florestas Tropicais do Brasil - PPG-7.***

O Programa, instituído pelo Decreto nº 563, de 05/06/1992, e modificado pelo Decreto nº 2.119 de 13/01/1997, objetiva a implantação de um modelo de desenvolvimento sustentável em florestas tropicais brasileiras, buscando a viabilização do desenvolvimento econômico com a proteção do meio ambiente nas florestas tropicais. Busca encorajar as iniciativas locais com o fim de harmonizar objetivos ambientais com a melhoria do padrão de vida das populações locais; salvaguardar a biodiversidade e proteger parques, reservas e áreas indígenas; fortalecer agências ambientais e federais; desenvolver e disseminar o conhecimento científico e tecnologias, aplicados ao uso sustentável de recursos naturais; e melhorar a vigilância e o monitoramento ambientais.

Desde a implantação do Programa Piloto, o seu contexto vem sofrendo alterações, tanto em nível do governo brasileiro quanto dos países doadores. Sua implementação tem mostrado a necessidade permanente de correção de rumos e reformulações.

A execução do Programa compete ao governo brasileiro, por intermédio do Ministério do Meio Ambiente (Coordenador do Programa), do Ministério da Justiça e do Ministério da Ciência e Tecnologia, dos governos estaduais, municipais e sociedade civil organizada, com apoio técnico e financeiro da comunidade internacional - Banco Mundial, Comunidade Européia e países membros do Grupo dos Sete.



O Programa está organizado em quatro subprogramas, consistindo de 27 projetos. Subprogramas:

- *Política de Recursos Naturais* (zoneamento ecológico-econômico, monitoramento e vigilância ambiental, controle e fiscalização ambiental, educação ambiental);
- *Manejo de Recursos Naturais e Unidades de Conservação* (parques e reservas, reservas extrativistas e florestas nacionais, manejo de recursos naturais, recuperação de áreas degradadas);
- *Ciência e Tecnologia* (pesquisa dirigida, centros de ciência); e
- *Projetos Demonstrativos* que visam difundir modelos de desenvolvimento sustentável.

Os projetos se encontram em diferentes fases de execução. Cerca de US\$ 200 milhões já foram efetivamente contratados (incluindo a cooperação técnica). O Brasil já alocou cerca de US\$ 30 milhões em contrapartida. Para os projetos em negociação ou preparação estão sendo alocados ou indicados outros US\$ 100 milhões, aproximadamente, totalizando um orçamento previsto em cerca de US\$ 300 milhões para todo o Programa Piloto, até o final da execução da primeira fase.

A maior parte das atividades desenvolvidas na primeira fase do Programa Piloto estiveram focados na Amazônia. A área de domínio da Mata Atlântica, por outro lado, foi contemplada no âmbito dos Projetos Demonstrativos, devendo receber, a partir dessa fase do Programa, uma maior atenção, particularmente pela implantação do Corredor Ecológico da Mata Atlântica, e da implementação de subprograma específico Mata Atlântica.

O governo brasileiro considera, ainda, que o Programa Piloto não desenvolveu, na sua primeira fase, relações de parcerias suficientemente consistentes com outras áreas de governo que têm influência efetiva nos processos de ocupação e desenvolvimento da Amazônia. Assim, ele não dispõe de projetos que atuem na interface da proteção das florestas com as políticas agrícola, de reforma agrária e de desenvolvimento regional. Na sua continuidade, estas interfaces devem ser potencializadas.

Para dar início às discussões para a definição de uma grade temática para uma segunda fase do PPG-7, as seguintes prioridades são destacadas:

- Gestão pública e social de áreas protegidas;
- Gestão ambiental municipal;
- Zoneamento e planejamento ambiental regional;
- Controle do desmatamento e aplicação da legislação florestal;
- Manejo florestal e consórcios agroflorestais;
- Assentamentos rurais sustentáveis;
- Negócios sustentáveis;

- Produção de conhecimento científico e desenvolvimento de tecnologias apropriadas ao desenvolvimento sustentável;
- Recuperação de áreas degradadas.
- Programa Nacional do Meio Ambiente – PNMA

Programa formulado pelo governo brasileiro, no período de 1987-1989, com o apoio do Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente – PNUD, e financiado pelo Banco Mundial, o Kreditanstalt für Wiederaufbau – KfW, do governo alemão, e contrapartida do Tesouro Nacional, foi concebido com a tarefa de fortalecer as instituições e a estrutura legal e normativa da área ambiental do País; proteger áreas ambientalmente importantes do ponto de vista da política ambiental; e aumentar a proteção de ecossistemas sob risco iminente de degradação. Em sua primeira etapa, o Programa apresentava os seguintes objetivos:

1. Fortalecimento da capacidade operativa do Estado brasileiro - particularmente do Ministério do Meio Ambiente, dos Recursos Hídricos e da Amazônia Legal - MMA, do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis - IBAMA e dos Órgãos Estaduais de Meio Ambiente, visando assegurar-lhes a disponibilidade de recursos institucionais, humanos, tecnológicos e de informação necessários à condução das políticas de meio ambiente, no âmbito de suas competências;
2. Implantação e manutenção de um Sistema Nacional de Unidades de Conservação;
3. Desenvolvimento de instrumentos de gerenciamento e ações de proteção a ecossistemas especiais, declarados como “patrimônio nacional” pela Constituição Federal (Pantanal, Mata Atlântica, Zona Costeira) sujeitos a riscos iminentes de degradação;
4. Implementação de projetos demonstrativos de desenvolvimento sustentável, com base nos princípios de (I) fomento à gestão ambiental descentralizada; (II) incorporação das administrações locais e da sociedade civil à gestão ambiental; (III) indução de mecanismos de mercado à gestão do meio ambiente e ao uso sustentável dos recursos naturais.

Os principais resultados alcançados pelo PNMA no período 1991-1996 são apresentados abaixo:

- Componente Fortalecimento Institucional
- Criação de uma rede de documentação e informação ambiental, de alcance nacional;
- Treinamento de técnicos e administradores do Sistema Nacional do Meio Ambiente, com ênfase nas áreas de planejamento e gerência;
- Montagem de uma rede de sensoriamento remoto potencializando os órgãos ambientais para a fiscalização do uso, no planejamento e gestão dos recursos naturais;

### Componente Unidades de Conservação

— Recuperação de 31 unidades (18 parques nacionais, 5 reservas biológicas, 5 estações ecológicas, 3 áreas de proteção ambiental), que em sua maior parte se encontravam parcialmente desprotegidas, sem planos de manejo e fechadas ao uso público ou às entidades de pesquisa, por falta das condições mínimas de funcionamento. No total, essas unidades, distribuídas em todas as regiões do País, cobrem uma área de 56 mil quilômetros quadrados, aproximadamente um terço da área de todas as Unidades de Conservação administradas pelo IBAMA. Apoiado pelo Programa Nacional do Meio Ambiente, o IBAMA vem desenvolvendo experimentos promissores de co-gestão de áreas protegidas, em parceria com organizações governamentais, e adquirindo credibilidade para estabelecer novos acordos desse tipo.

### Componente Proteção de Ecossistemas

Investimentos estratégicos na Mata Atlântica, Pantanal e Zona Costeira.

**Mata Atlântica** – ações centradas nos Estados com os remanescentes mais significativos (Espírito Santo, Rio de Janeiro, São Paulo, Paraná e Santa Catarina):

- i) Estruturação de 16 Unidades de Conservação, entre parques, estações ecológicas e reservas biológicas, abrangendo uma área de 451.845 hectares e agora abertas ao uso públicos e às instituições de pesquisa;
- ii) Em todos os estados, entre o Espírito Santo e Santa Catarina, foram reestruturados ou fortalecidos os sistemas de fiscalização, entre órgãos estaduais de meio ambiente e batalhões de polícia florestal, que estão agora instrumentalizados para atuar sobre uma área de 43.000 quilômetros ou 45% da área total da Mata Atlântica em todo o País;
- iii) Apoio a Programas de Educação Ambiental (treinamento de 190.000 pessoas em 28 municípios do Espírito Santo), sistemas de monitoramento florestal por satélite e mapeamento da Reserva da Biosfera da Mata Atlântica;

#### *Pantanal*

- i) Zoneamento Ecológico-Econômico do Pantanal e da sua bacia contribuinte (361.666km<sup>2</sup>);
- ii) Preparação de um Plano de Conservação da Bacia do Alto Paraguai;
- iii) Criação de um Comitê de Gerenciamento Integrado da Bacia do Alto Paraguai;
- iv) Fortalecimento institucional dos órgãos estaduais de meio ambiente dos Estados de Mato Grosso e Mato Grosso do Sul e reestruturação e equipamento dos sistemas de fiscalização, inclusive de suas unidades de Polícia Florestal;

#### *Zona Costeira*

- i) Zoneamento ambiental, na escala 1:1.000.000, de toda a zona costeira do País, do Amapá ao Rio Grande do Sul (7.367km de extensão e área de 389.000km<sup>2</sup>).
- ii) Zoneamento, na escala de 1:100.000, no conjunto de 8 Estados (Maranhão, Rio Grande do Norte, Bahia, Espírito Santo, Rio de Janeiro, São Paulo, Santa Catarina e Rio Grande do Sul) de uma área correspondente a 40% do litoral brasileiro;
- iii) Equipamento dos órgãos ambientais e de planejamento desses estados com sistemas de geoprocessamento e capacidade para monitoramento de sua zona costeira por informação de satélite e formação de uma massa crítica de especialistas para operação desses sistemas.

A partir de 1994, o Programa Nacional do Meio Ambiente, em articulação com os governos estaduais, pôs em operação um conjunto de iniciativas (os Projetos de Execução Descentralizada-PED), executadas por prefeituras municipais, isoladas ou em consórcio, contando com a participação de organizações comunitárias e não-governamentais. Esses projetos visam simultaneamente: aumento da produção, distributividade, sustentabilidade ecológica e participação comunitária. Até 1996, foram obtidos os seguintes resultados:

- i) Implantação de 90 projetos nas áreas de aquicultura, recuperação de matas ciliares, sistemas agroflorestais, turismo ecológico, recuperação e uso sustentável de recursos naturais em geral, beneficiando cerca de 19.000 famílias;
- ii) Envolvimento direto de 541 entidades na execução dos projetos (92 prefeituras municipais executoras e 185 co-executoras, 112 órgãos dos governos estaduais, 7 órgãos da administração direta federal e 145 organizações comunitárias e não-governamentais).

Além de testar e divulgar modelos de desenvolvimento sustentável, de gerar resultados econômicos imediatamente apropriáveis pelas pessoas e comunidades, a execução desses projetos levaram à capacitação das entidades executoras em matéria de administração, planejamento, manejo de recursos oriundos de agências multilaterais de financiamento. Em muitas localidades, os procedimentos administrativos desenvolvidos para a gestão desses projetos estão sendo incorporados aos procedimentos administrativos correntes das prefeituras municipais.

### Programa Nacional do Meio Ambiente II - PNMA II

Tomando por base as demandas ambientais identificadas por meio de consultas aos governos estaduais e organizações não-governamentais, o governo brasilei-

ro formulou o PNMA II, o qual está estruturado em 3 componentes:

- Desenvolvimento Institucional
- Sub-componentes:
  - Licenciamento Ambiental
  - Monitoramento da Qualidade da Água
  - Gerenciamento Costeiro
  - Gestão Integrada de Ativos Ambientais
  - Coordenação e Articulação

O PNMA II foi configurado para ser desenvolvido em três fases sucessivas de implementação, em um período de 10 anos. Está em execução a Fase I do Programa, iniciada com a assinatura de contrato de financiamento junto ao Banco Mundial, em junho de 2000, e prevista para ser implementada dentro de três anos. Esta fase está voltada, basicamente, à elaboração de projetos e a realização de diagnósticos. Para essa fase os recursos são da ordem de US\$ 30 milhões.

As fases II e III serão negociadas posteriormente (com a assinatura de novos contratos), tendo em vista os resultados obtidos no desempenho da Fase I. O financiamento total do Programa é de US\$ 300 milhões.

#### *Educação Ambiental*

A Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente Humano de Estocolmo, 1972, já se referia à importância da educação ambiental, de caráter interdisciplinar, como uma forma de preparar o cidadão para viver em harmonia com o meio ambiente (Resolução 96). Posição de destaque também recebeu o tema na CNUMAD, 1992, permeando todos os capítulos da Agenda 21, e em especial em seu Capítulo 36- Promoção do Ensino, da Conscientização Pública e do Treinamento. Os princípios fundamentais do Capítulo são as recomendações da Conferência Intergovernamental sobre Educação Ambiental, ou Conferência de Tbilisi, ocorrida em 1977, organizada pelo UNESCO e pelo PNUMA, de onde resultou uma Declaração de Princípios e 41 recomendações, tratando dos objetivos, estratégias e funções da educação ambiental. O Capítulo de 36 da Agenda traz as seguintes Áreas de Programas:

#### *(A) Reorientação do ensino no sentido do desenvolvimento sustentável*

Coloca o ensino formal quanto o informal são indispensáveis para modificar a atitude das pessoas, fazendo-as compreender o sentido e a importância do desenvolvimento sustentável, ou seja, conferindo consciência ambiental, ética, valores, técnicas e comportamentos em consonância com as exigências com um novo padrão de desenvolvimento.

#### *(B) Aumento da consciência pública*

Essa Área de Programa está voltada para a sensibilização dos diferentes públicos quanto aos problemas associados ao desenvolvimento e meio ambiente, ao aumento do senso de responsabilidade em relação ao meio ambiente, e incentivo à participação das soluções dos problemas.

#### *(C) Promoção do treinamento*

É uma Área dirigida para profissionais, entendendo que o treinamento é um instrumento importante para preencher lacunas de conhecimento e habilidades, de forma a facilitar a transição para um desenvolvimento sustentável.

Várias foram as iniciativas do governo brasileiro voltadas para a implementação das idéias preconizadas na Agenda 21. Entre elas podem ser destacadas:

- 1993: Instalação, em caráter permanente, (Portaria do Ministério da Educação e Cultura 773/93) do Grupo de Trabalho para Educação Ambiental com objetivo de coordenar, apoiar, acompanhar, avaliar e orientar as ações, metas e estratégias para a implementação da Educação Ambiental nos sistemas de ensino em todos os níveis e modalidades - concretizando as recomendações aprovadas na RIO -92;
- 1994: Elaboração de proposta do Programa Nacional de Educação Ambiental - PRONEA, com o objetivo de capacitar o ensino formal e não-formal, supletivo e profissionalizante;
- 1995: Criação de uma Câmara Técnica temporária de Educação Ambiental no âmbito do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA);
- 1997: Elaboração dos Parâmetros Curriculares Nacionais - PCNs com o tema "Convívio Social, Ética e Meio Ambiente", onde a dimensão ambiental é inserida como um tema transversal nos currículos do Ensino Fundamental;

No ano de 1999, as ações culminaram com a promulgação da Lei nº 9.795 de 27 de abril de 1999, instituindo a Política Nacional de Educação Ambiental.

O tratamento dado pelo governo brasileiro ao tema Educação Ambiental, com *status* de Política Nacional, de reveste de grande significado e importância, refletindo o amadurecimento das discussões ocorridas em vários setores da sociedade ao longo dos últimos anos. Em sua essência, a Política Nacional de Educação Ambiental entende que educação ambiental é um componente essencial e permanente da educação nacional, devendo estar presente, de forma articulada, em todos os níveis e modalidades do processo educativo, em caráter formal e não-formal.

A Lei que institui a Política incube o Poder Público de definir políticas públicas que incorporem a dimensão ambiental, promover a educação ambiental em todos os níveis de ensino e o engajamento da sociedade na conservação, recuperação e melhoria do meio ambiente; aos órgãos integrantes do Sistema Nacional de Meio Ambiente – SISNAMA -, de promover ações de educação ambiental integradas aos programas de conservação, recuperação e melhoria do meio ambiente; às instituições educativas, de integrar a temática ambiental nos programas educacionais; aos meios de comunicação de disseminar a questão ambiental; às empresas e entidades de classes e instituições públicas e privadas de promover programas voltados à capacitação dos trabalhadores, visando o controle efetivo da qualidade ambiental no ambiente de trabalho; e à sociedade, na formação de atitudes e valores pela sociedade.

### ***Programa Amazônia Solidária***

O Programa Amazônia Solidária foi criado em 1998 com o objetivo de promover a ascensão econômica e social dos extrativistas da Amazônia. Surge de proposta discutida no Senado Federal e comunidades locais interessadas, e tem como instrumentos o fornecimento de subvenções econômicas a produtores de borracha natural, e em particular aos seringueiros da Amazônia Legal, mediante mecanismos específicos de incentivos ao uso da floresta e programas de promoção social.

O Programa tem como meta atender aproximadamente 63 mil seringueiros nos Estados do Acre, Amapá, Rondônia, Amazonas, Mato Grosso e Pará, devendo beneficiar cerca de 376 mil pessoas.

As linhas de atuação do Programa compreendem o incentivo ao uso múltiplo da floresta, o apoio à produção e à comercialização da borracha nativa, as ações de saúde e saneamento básico, o fortalecimento da infra-estrutura local, e a melhoria das condições de abastecimento das famílias a serem atendidas. Além de viabilizar a melhoria do extrativismo, o Programa Amazônia Solidária contribui para manter as populações na floresta, evitando o êxodo para a periferia das pobres cidades da região e a destruição dos ecossistemas regionais.

A coordenação das ações do Programa está a cargo da secretaria executiva do Programa Comunidade Solidária e da Casa Civil da Presidência da República. Participam, também, os ministérios do Meio Ambiente, da Agricultura, da Saúde, da Marinha, do Planejamento, da Aeronáutica, do Exército, da Fazenda e da Secretaria de Assuntos Estratégicos.

### ***Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar – PRONAF***

A discussão sobre a importância e o papel da agricultura familiar no desenvolvimento brasileiro vem ganhando força nos últimos anos, impulsionada pelo debate sobre desenvolvimento sustentável, geração de emprego e renda, segurança alimentar e desenvolvimento local. Neste caso, há que ser destacado a importância da agricultura familiar no emprego de tecnologias alternativas, geralmente de baixo impacto ambiental e adaptadas às realidades locais.

O reconhecimento da importância da agricultura familiar na economia agrícola nacional se refletiu na criação de um programa nacional voltado para apoiar esse segmento da agricultura, o PRONAF. O Programa foi instituído em 28/06/96 pelo Decreto nº 1946 para prestar apoio financeiro às atividades agropecuárias exploradas mediante emprego direto da força de trabalho do produtor e de sua família, formação e capacitação do agricultor familiar, apoio à infra-estrutura nos municípios que tenham base na agricultura familiar e assistência técnica e extensão rural.

O governo federal, desde então, destina recursos para a cobertura do diferencial entre o custo de captação dos recursos aplicados pelo agente financeiro na realização do financiamento, acrescido dos custos administrativos e tributários, e os encargos cobrados do tomador final do crédito. Em 1999, o PRONAF foi transformado em PRONAF/Planta Brasil pela Medida Provisória 1911-8 em 29/07/99.

Os beneficiários do Programa são pequenos agricultores de economia familiar, proprietários, meeiros, posseiros, parceiros ou arrendatários, que morem no imóvel ou em vilas próximas à gleba, usem mão-de-obra eventual e tenham até dois empregados permanentes. Pelo menos 80% da renda desses agricultores deve ser proveniente da atividade desenvolvida na propriedade. Além destes podem ser beneficiários os pescadores artesanais, extrativistas e aqüicultores (criadores de rãs, mexilhões, peixes, etc.).

O Programa está sob a coordenação do Ministério da Política Fundiária e do Desenvolvimento Agrário e é financiado por fontes mistas, a saber: Fundo de Amparo ao Trabalhador – FAT, Fundos Constitucionais de Desenvolvimento (FNO, FNE e FCO), Orçamento Geral da União e contrapartida dos municípios.

Até o final do ano 2000, o PRONAF havia liberado R\$ 10,2 bilhões para pequenos produtores. Somam-se a essa quantia R\$ 983,5 milhões emprestados aos assentados pelo extinto Programa de Crédito Especial da Reforma Agrária (Procerá).

No total, o PRONAF contabiliza 3.975.516 contratos com o sistema bancário, sendo 1,6 milhão na safra 2000/2001.

### **Programa Nacional de Combate à Desertificação - PNCD**

O PNCD está sendo elaborado no âmbito do Ministério do Meio Ambiente desde 1996, como um dos resultados da Convenção da Desertificação – ONU. O projeto de elaboração do PNCD é resultado de um acordo de cooperação técnica entre o Ministério do Meio Ambiente, o PNUD e a FGEB (Fundação Grupo Esquel Brasil), além de contar com o apoio técnico e financeiro da FAO. A definição das ações estratégicas do Programa está em discussão.

### **Programas de Combate aos Desmatamentos e incêndios florestais**

#### **Programa Prevenção e Combate a Desmatamentos, Queimadas e Incêndios Florestais - FLORESCER**

Trata-se de um Programa Estratégico do Plano Plurianual do governo federal (PPA 2000-2003), que possui como objetivo manter a integridade das florestas, reduzindo os desmatamentos ilegais, as queimadas sem controle e os incêndios florestais.

#### *Principais ações*

- Fiscalização dos Recursos Florestais; prevenção de queimadas e incêndios no Arco do Desmatamento na Amazônia (PROARCO); plano de ação de combate a incêndios, queimadas e desmatamentos; monitoramento de queimadas e prevenção de incêndios florestais.

#### *Principais resultados*

- Elaboração de mapas diários de risco de incêndios florestais (Monitoramento – INPE/MCT); monitoramento mensal de uma área de 5,9 milhões de km<sup>2</sup> no arco do desmatamento na Amazônia; oferecimento de cursos de difusão de técnicas de queima controlada em assentamentos do Incra e áreas indígenas, formação de brigadas de combate aos incêndios florestais em unidades de conservação, e investigação de origem e causas dos incêndios florestais; envio de equipamentos, pessoal e recursos financeiros para as unidades de conservação federais para prevenção e combate aos incêndios florestais.

#### **Programa de Monitoramento, Prevenção e Controle das Queimadas na Agricultura**

O Centro Nacional de Pesquisa de Monitoramento por Satélite (CNPM), da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), vem desenvolvendo, sob a demanda e coordenação do Ministério da

Agricultura, do Programa de Monitoramento, Prevenção e Controle das Queimadas na Agricultura.

Os trabalhos são desenvolvidos com base nos dados obtidos através do satélite NOAA/AVHRR, em colaboração com o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), e cobre todo o território nacional. A detecção de pontos de calor é realizada por programas computadorizados, permitindo sua localização geográfica. As informações alimentam um Sistema de Informações Geográficas (SIG), onde se encontram analisados dados orbitais de queimadas desde 1991. Além do INPE, colaboram no projeto a ONG Ecoforça e a Agência de Notícias Estado. Atualmente, são elaborados mapas semanais geocodificados, os quais são disponibilizados na Internet ao público interessado.

#### **Programa Conservação de Solos na Agricultura**

Programa desenvolvido no âmbito do Plano Plurianual do governo brasileiro (PPA 2000-2003), tendo como objetivo trabalhar com pequenos produtores rurais, técnicos do setor agrícola e de órgãos públicos locais, para disseminar práticas de uso do solo e da água voltadas à conservação, e apoiar ações voltadas à recuperação de áreas agrícolas degradadas.

Entre os problemas identificados na conservação do solo nacional, podem ser citados o uso inapropriado de técnicas agrícolas gerando erosão, e o uso incorreto de insumos agrícolas ocasionando sua salinização e sua inadequação para o cultivo.

O trabalho ocorre em microbacias hidrográficas, mediante convênios de cooperação técnica, envolvendo as comunidades organizadas e instituições públicas e privadas.

#### *Principais ações*

- Financiamento ao uso de corretivos de solo;
- Correção, conservação e preservação de solos na agricultura.

#### *Principais resultados*

- Implantação de cerca de 40 unidades demonstrativas para geração, validação e difusão de tecnologias de manejo e conservação de solo e água na agricultura e adaptadas às diferentes realidades socioeconômicas;
- Implementados 8 projetos nas regiões Centro-Oeste e Sul;
- Geração de 15 novas tecnologias em recuperação da capacidade produtiva dos solos;
- Aplicação de R\$165,1 milhões, atingido cerca de 1,9 milhões de hectares, beneficiando aproximadamente 14.200 produtores.

## Referências Bibliográficas

- BRASIL. **Decreto n. 1.946, de 28 de junho de 1996.** Cria o Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar - PRONAF, e dá outras providências. Disponível em: <<http://www.seade.gov.br/ser/dieese/pronaf.html#INDICE>>. Acesso em: 18 fev. 2002.
- BRASIL. **Decreto n. 2.119, de 13 de janeiro de 1997.** Dispõe sobre o Programa Piloto para a Proteção das Florestas Tropicais do Brasil e sobre sua Comissão de Coordenação, e dá outras providências. Disponível em: <[http://www.mct.gov.br/legis/decretos/2119\\_97.htm](http://www.mct.gov.br/legis/decretos/2119_97.htm)>. Acesso em: 17 fev. 2002.
- BRASIL. **Decreto n. 3.420, de 20 de abril de 2000.** Dispõe sobre a criação do Programa Nacional de Florestas PNF, e dá outras providências. Disponível em: <<http://www.lei.adv.br/federal02.htm>>. Acesso em: 16 fev. 2002.
- BRASIL. **Decreto n. 3.991, de 30 de outubro de 1991.** Dispõe sobre o Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar - PRONAF, e dá outras providências. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/decreto/2001/D3991.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/2001/D3991.htm)>. Acesso em: 21 nov. 2002.
- BRASIL. **Decreto n. 3.992, de 30 de outubro de 2001.** Dispõe sobre o Conselho Nacional de Desenvolvimento Rural Sustentável - CNDRS e dá outras providências. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/decreto/2001/D3992.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/2001/D3992.htm)>. Acesso em: 21 nov. 2002.
- BRASIL. **Decreto n. 4.074, de 04 de janeiro de 2002.** Regulamenta a Lei nº 7.802, de 11 de julho de 1989, que 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. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/decreto/2002/D4074.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/2002/D4074.htm)>. Acesso em: 21 nov. 2002.
- BRASIL. **Decreto n. 563, de 05 de junho de 1992.** Institui o Programa Piloto para a Proteção das Florestas Tropicais do Brasil. Disponível em: <http://www.lei.adv.br/federal02.htm>. Acesso em: 17 fev. 2002.
- BRASIL. **Decreto n. 99.193, de 27 de março de 1990.** Dispõe sobre as atividades relacionadas ao zoneamento ecológico-econômico, e dá outras providências. Disponível em: <<http://www.lei.adv.br/federal02.htm>>. Acesso em: 16 fev. 2002.
- BRASIL. **Decreto n. 99.274, de 06 de junho de 1990.** Regulamenta a Lei n. 6.902, de 27 de abril de 1981, e a Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, que dispõem, respectivamente sobre a criação de Estações Ecológicas e Áreas de Proteção Ambiental e sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, e dá outras providências. Disponível em <[http://www.mct.gov.br/legis/decretos/99274\\_90.htm](http://www.mct.gov.br/legis/decretos/99274_90.htm)>. Acesso em: 21 nov. 2002.
- BRASIL. **Lei 6.938, de 31 de agosto de 1981.** Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. Disponível em: <<http://www.planalto.gov.br/CCIVIL/Leis/L6938.htm>>. Acesso em: 21 nov. 2002.
- BRASIL. **Lei n. 10.228 de 29 de maio de 2001.** Acrescenta artigo a Lei nº 8.171, de 17 de janeiro de 1991, que dispõe sobre a política agrícola, a fim de estabelecer procedimentos relativos ao cadastramento e à recuperação de áreas desertificadas. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/LEIS/LEIS\\_2001/L10228.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/LEIS_2001/L10228.htm)>. Acesso em: 21 nov. 2002.
- BRASIL. **Lei n. 4.771, de 15 de setembro de 1965.** Institui o Código Florestal. Disponível em: <<http://www.ipef.br/legislacao/codigo.html#Antigo>>. Acesso em: 21 nov. 2002.
- BRASIL. **Lei n. 7.735, de 22 de fevereiro de 1989.** Dispõe sobre a extinção de órgão e de entidade autárquica, cria o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis e dá outras providências. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/Leis/L7735.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L7735.htm)>. Acesso em: 21 nov. 2002.
- BRASIL. **Lei n. 7.802, de 11 de julho de 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. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/LEIS/L7802.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L7802.htm)>. Acesso em: 21 nov. 2002.
- BRASIL. **Lei n. 7.876, de 13 de novembro de 1989.** Institui o Dia Nacional da Conservação do Solo a ser comemorado, em todo o País, no dia 15 de abril de cada ano. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/Leis/L7876.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L7876.htm)>. Acesso em: 21 nov. 2002.
- BRASIL. **Lei n. 8.171 de 17 de janeiro de 1991.** Dispõe sobre a Política Agrícola. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/Leis/L8171.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L8171.htm)>. Acesso em: 21 nov. 2002.
- BRASIL. **Lei n. 9.433 de janeiro de 1997.** Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. Disponível em: <<http://www.planalto.gov.br/CCIVIL/Leis/L9433.htm>>. Acesso em: 21 nov. 2002.
- BRASIL. **Lei n. 9.272 de 03 de maio de 1996.** Acrescenta incisos ao art. 30 da Lei nº 8.171, de 17 de janeiro de 1991, que dispõe sobre a política agrícola. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/CCIVIL/Leis/L9272.htm>. Acesso em: 21 nov. 2002.
- BRASIL. **Lei n. 9.795, de 27 de abril de 1999.** Dispõe sobre a educação ambiental, institui a Política Nacional de Educação Ambiental, e dá outras providências. Disponível em: <<http://www.lei.adv.br/federal01.htm>>. Acesso em: 18 fev. 2002.
- BRASIL. **Lei n. 9.985, de 17 de julho de 2000.** Regulamenta o artigo 225, § 1º, incisos I, II, III e VII da Constituição Federal, institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e dá outras providências. Disponível em: <[http://www.mct.gov.br/legis/leis/9985\\_2000.htm](http://www.mct.gov.br/legis/leis/9985_2000.htm)>. Acesso em: 21 nov. 2002.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Departamento de Fomento e Fiscalização da Produção Vegetal. Programa: **Conservação de Solos na Agricultura.** Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/dfpv/conservacao.htm>>. Acesso em: 20 fev. 2002.
- BRASIL. Ministério da Ciência e Tecnologia. **Decreto de 28.12.2001.** Dispõe sobre a Comissão Coordenadora do Zoneamento Ecológico-Econômico do Território Nacional e o Grupo de Trabalho Permanente para a Execução do Zoneamento Ecológico-Econômico, institui o Grupo de Trabalho Permanente para a Execução do Zoneamento Ecológico-Econômico, denominado de Consórcio ZEE - Brasil, e dá outras providências. Disponível em: <<http://www.mct.gov.br/legis/decretos/28122001.htm>>. Acesso em: 17 fev. 2002.
- BRASIL. Ministério da Ciência e Tecnologia. **Programa Piloto para Proteção das Florestas Tropicais do Brasil.** Disponível em: <<http://www.mct.gov.br/prog/ppg7/Default.htm>>. Acesso em: 20 fev. 2002.
- BRASIL. Ministério das Relações Exteriores. **Programa Protocolo Verde Ano II.** Disponível em: <<http://www.mre.gov.br/ndsg/textos/protoc-p.htm>>. Acesso em: 15 fev. 2002.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente dos Recursos Hídricos e da Amazônia Legal. Secretaria de Recursos Hídricos. Histórico. **A Implementação da Convenção no Brasil**. Disponível em: <<http://www.ana.gov.br/Criticos/Desertificacao/historico.htm>>. Acesso em: 17 fev. 2002.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente, dos Recursos Hídricos e da Amazônia Legal. **Programa Piloto para Proteção das Florestas Tropicais do Brasil**. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/sca/ppg7/capa/index.html>>. Acesso em: 20 fev. 2002.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente, dos Recursos Hídricos e da Amazônia Legal. **Programa Nacional de Florestas**. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br>>. Acesso em 16 fev. 2002.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente, dos Recursos Hídricos e da Amazônia Legal. **Programa de prevenção e combate a desmatamentos, queimadas e incêndios florestais-FLORESCER**. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br>>. Acesso em: 18 fev. 2002.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente, dos Recursos Hídricos e da Amazônia Legal. **Agenda 21**. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br>>. Acesso em: 10 fev. 2002.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE – CONAMA. **Resolução n. 302, de 20 de março de 2002**. Dispõe sobre os parâmetros, definições e limites de Áreas de Preservação Permanente de reser-

vatórios artificiais e o regime de uso do entorno. Disponível em: <<http://www.ipef.br/legislacao/conama302.html>>. Acesso em: 21 nov. 2002.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE – CONAMA. **Resolução n. 303, de 20 de março de 2002**. Dispõe sobre parâmetros, definições e limites de Áreas de Preservação Permanente. Disponível em: <<http://www.ipef.br/legislacao/conama302.html>>. Acesso em: 21 nov. 2002.

EMBRAPA MONITORAMENTO POR SATÉLITE. **Monitoramento orbital de queimadas**. Disponível em: <<http://www.queimadas.cnpm.embrapa.br>>. Acesso em: 20 fev. 2002.

INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS. **Programa de prevenção e controle de queimadas e incêndios florestais na Amazônia Legal – PROARCO**. Disponível em: <<http://www.ibama.gov.br>>. Acesso em: 17 fev. 2002.

SOARES, P.; CAMPANHOLA, C.; BETTIOL, W.; RODRIGUES, G. S. Proposta para o Programa nacional de racionalização do uso de agrotóxicos. In: CAMPANHOLA, C.; BETTIOL, W. (ed.). **Métodos alternativos de controle fitossanitário**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente. No prelo.

UNITED NATIONS CONVENTION TO COMBAT DESERTIFICATION. Disponível em: <<http://www.unccd.int/convention/menu.php>>. Acesso em: 19 fev. 2002.

# Compromissos Internacionais: Convenção Sobre Diversidade Biológica

# 12

Capítulo

Clayton Campanhola

## Contextualização

A conservação e uso sustentável da diversidade biológica ganharam expressão a partir do compromisso assumido por 168 países com a Convenção da Diversidade Biológica, sendo que o Brasil a ratificou em fevereiro de 1994. A efetiva implementação desta Convenção ocorreu a partir de 1994, com a realização da 1ª Conferência das Partes.

A temática da agricultura foi tratada pela primeira vez na 3ª Conferência das Partes da Convenção da Diversidade Biológica, em setembro de 1996, tendo sido o Brasil o principal proponente de uma proposta oficial sobre esse assunto (Campanhola et al., 1998).

Os objetivos específicos da diversidade biológica na agricultura definidos nesta Conferência foram:

- promover efeitos positivos e mitigar os impactos negativos dos sistemas e práticas agrícolas na diversidade biológica em agroecossistemas e suas interfaces com outros ecossistemas;
- promover a conservação e o uso sustentável dos recursos genéticos de valor potencial e real para os alimentos e agricultura;
- promover a divisão equitativa e justa dos benefícios resultantes do uso de recursos genéticos.

Mas foi a partir da 5ª Conferência, realizada em maio de 2000, que foram definidos os quatro componentes principais de um programa de trabalho em biodiversidade na agricultura. Esse programa visa promover os objetivos da Convenção e também contribuir para a implementação do Capítulo 14 da Agenda 21 – Agricultura sustentável e desenvolvimento rural.

O **primeiro componente** do programa tem como objetivo realizar uma análise da situação e tendências da biodiversidade na agricultura no mundo e

as suas causas, assim como uma análise do conhecimento local para o seu manejo. O **segundo componente** visa identificar práticas, tecnologias e políticas de manejo que promovam os impactos positivos e mitiguem os impactos negativos da agricultura na biodiversidade. O **terceiro componente** tem como objetivo fortalecer a capacitação dos agricultores, suas comunidades e organizações, assim como outros representantes, incluindo agroempresas, para que possam gerenciar a biodiversidade na agricultura de modo a aumentar os benefícios oriundos do seu uso sustentável e promover o aumento da consciência e da ação responsável. E o **quarto componente** do programa se propõe a apoiar o delineamento de planos ou estratégias nacionais para a conservação e uso sustentável da biodiversidade na agricultura e a promover a sua incorporação e integração em planos e programas setoriais e intersetoriais.

A proposta dos países que participam da Convenção não é simplesmente defender a conservação da diversidade biológica pela simples conservação, mas sim o seu uso econômico, como é o caso das atividades de produção agropecuária. É importante também mencionar que a diversidade biológica apresenta dois grandes enfoques na agricultura. O primeiro enfoque trata da sua importância para assegurar a produtividade agrícola e a qualidade ambiental, podendo-se citar os seguintes bens e serviços:

- estoque de organismos que permitem o controle biológico natural;
- participação de organismos vivos na manutenção dos ciclos naturais da água, da energia, no nitrogênio e do carbono, entre outros;
- polinização, da qual dependem as culturas para a produção;
- associações simbióticas;



- resistência genética, que pode advir de espécies silvestres; e
- novas espécies de importância econômica.

E o segundo enfoque refere-se aos efeitos que as práticas agropecuárias podem causar na biodiversidade, devendo-se identificar e recomendar as ações que sejam menos degradadoras e incentivar o desenvolvimento de práticas que conservem a diversidade biológica (Campanhola et al., *op. cit.*).

### Estado da Arte

A seguir, são apresentados os principais avanços em cada componente do programa de trabalho em biodiversidade na agricultura. No **primeiro componente**, as realizações relevantes são:

#### **Bancos de germoplasma vegetal e animal**

A Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Embrapa coordena a Rede Nacional de Conservação de Recursos Genéticos, que agrega atividades de coleta, intercâmbio, quarentena, caracterização, avaliação, documentação e, principalmente, de conservação e utilização de germoplasma. Há 27 bancos de germoplasma *ex situ* no país, cabendo à Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia a coleção de referência de germoplasma vegetal enquanto que as coleções ativas e coleções de plantas perenes são mantidas por outras entidades, inclusive outras unidades da própria Embrapa.

Em levantamento realizado nessa Rede, constatou-se que no Brasil existem cerca de 200 mil acessos de germoplasma vegetal em conservação. Dos acessos conservados, cerca de 76% são de espécies exóticas e 24% de espécies nativas (Brasil, 1998). Quanto ao germoplasma animal, há 12 bancos que reúnem amostras de populações animais *in vivo* e *in vitro*, especialmente aquelas em perigo de extinção.

#### **Coleções de culturas de microrganismos**

A Embrapa coordena e mantém 10 bancos de germoplasma de microrganismos de interesse agrícola, incluindo vírus, bactérias, fungos e protozoários, contando com a parceria de seis instituições.

Por sua vez, a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo – FAPESP possui o programa especial Biota que financia projetos de pesquisa com o objetivo de inventariar e caracterizar a biodiversidade do Estado de São Paulo, definindo os mecanismos para sua conservação, seu potencial econômico e sua utilização sustentável. Particularmente, há um projeto que é coordenado pela Embrapa Meio Ambiente, em par-

ceria com a Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, que tem por objetivos: a) estudar a diversidade de microrganismos endofíticos das culturas de soja, milho, café, mandioca (Estados de SP, AM, BA), citros, *Brachiaria* e *Dicksonia* (xaxim); b) avaliar a diversidade molecular de microrganismos endofíticos através de análise direta do DNA, usando a técnica de PCR (*Polymerase Chain Reaction*), RNA 16S e plasticidade genômica de fungos e actinomicetos através da eletroforese de campo pulsado; c) realizar estudos da diversidade química de microrganismos endofíticos através da extração dos principais metabólitos secundários, do tipo antibiótico, dos diferentes microrganismos endofíticos e d) avaliar o potencial de microrganismos no controle biológico e implantar uma coleção de culturas de microrganismos endofíticos. O projeto será concluído no final de 2003 e os resultados esperados são: novas drogas biativas, potencialização do controle biológico, banco de germoplasma microbianos e descobrimento de novas espécies microbianas.

#### **Conservação e uso dos polinizadores na agricultura**

A decisão tomada na 3ª Conferência das Partes de estabelecer uma iniciativa internacional para a conservação e uso sustentável de polinizadores baseou-se na proposta apresentada por representantes brasileiros. O fundamento é que a melhor maneira de assegurar a conservação da diversidade biológica mundial é promover e aumentar seu valor, que está associado ao uso direto dos recursos biológicos, ao uso indireto dos serviços dos ecossistemas ou aos valores intrínsecos com valores culturais, sociais e religiosos.

Muitos esforços de conservação mais recentes enfatizam o valor intrínseco da biodiversidade, apelando para o convencimento emocional do público por meio de espécies de animais em extinção, tais como: mico-leão-dourado, urso-panda, arara-azul, etc. Não tem havido muitos esforços no sentido de se preocupar com componentes da biodiversidade que são críticos para a manutenção de serviços essenciais dos ecossistemas, apesar da conscientização crescente sobre a importância econômica desses serviços. Um exemplo nesse sentido é a conservação de organismos polinizadores, pois se sabe que eles polinizam mais de 75% das plantas alimentícias mundiais. Esse serviço é prestado por abelhas, borboletas, morcegos e pássaros, entre outros.

O governo brasileiro organizou um *workshop* internacional sobre polinizadores no período de 7 a 9 de outubro de 1998, com o objetivo de apoiar a decisão acima mencionada. Um dos resultados desse *workshop* foi a aprovação da proposta de uma Política Nacional sobre Polinização a ser implantada pelos

Países da Convenção, que é constituída de dez itens, a saber: 1) O futuro de nossas fazendas depende da polinização; 2) É preciso reconhecer os benefícios oferecidos pela diversidade de polinizadores; 3) As abelhas estão em declínio; 4) Todos os polinizadores requerem proteção contra as toxinas e degradação dos habitats; 5) A fragmentação de habitats é a maior ameaça aos polinizadores; 6) Menos polinizadores significam menos plantas; 7) A necessidade de proteção às espécies ameaçadas não precisa ser incompatível com a segurança alimentar; 8) Tanto as plantas como os polinizadores precisam de habitats protegidos; 9) Polinizadores migradores podem requerer proteção internacional e 10) A polinização é um serviço ecológico ameaçado.

### **Diversidade, conservação e uso de microrganismos de solo**

A diversidade de microrganismos nos solos contribui tanto para o controle natural de agentes fitopatogênicos, como para a manutenção adequada dos ciclos naturais de nutrientes.

Porém, a diversidade de microrganismos nos solos varia de um ecossistema para outro. Mesmo dentro de um mesmo ecossistema, os agroecossistemas tendem a ter menor diversidade nos solos quando comparados a situações não alteradas pelo homem. Contudo, é possível manter a biodiversidade nos solos por meio da utilização de práticas de produção agropecuária adequadas, como é o caso do plantio direto, da rotação de culturas, da adubação verde, da cobertura morta, que contribuem para a manutenção de níveis adequados de matéria orgânica nos solos.

Há casos que mostram a importância dos microrganismos na fixação biológica de nitrogênio atmosférico e na absorção de nutrientes do solo, assim como há outros casos em que microrganismos exercem o controle biológico de agentes fitopatogênicos.

Estudos de bactérias fixadoras de N<sub>2</sub>, ou diazotróficas, associadas às plantas têm mostrado a ocorrência de uma grande variedade de microrganismos isolados a partir das mais diversas famílias do reino vegetal, além de amostras de solo e sistemas aquáticos (Box 1).

#### **Box 1: Bactérias fixadoras de N<sub>2</sub> em gramíneas**

A Embrapa Agrobiologia tem-se destacado mundialmente pelas pesquisas desenvolvidas com bactérias diazotróficas associadas a gramíneas, principalmente cereais, como o trigo, arroz, milho, sorgo; gramíneas forrageiras, como capim Braquiária (*Brachiaria* spp.), capim elefante (*Pennisetum purpureum*), e pelas pesquisas desenvolvidas com a cana-de-açúcar (*Saccharum* spp.), que foram lideradas pela pesquisadora Joana Döbereiner (Reis et al., 2002).

Nessas pesquisas constatou-se a ocorrência de bactérias do gênero *Azospirillum* associadas às gramíneas – milho, sorgo, arroz, trigo, cana-de-açúcar, cevada e forrageiras (Reis et al., 2002). A distribuição ecológica de *Azospirillum* é extremamente ampla e variada (Döbereiner e Pedrosa, 1987 *apud* Reis et al., 2002). Bactérias deste gênero têm sido encontradas em associação com plantas monocotiledôneas e dicotiledôneas, sendo por isso consideradas ubíquas (Bashan e Holguin, 1997 *apud* Reis et al., 2002). Outra bactéria, a espécie *Herbaspirillum seropedica*, tem sido isolada da maioria das gramíneas examinadas, tais como milho, sorgo, arroz, forrageiras e cana-de-açúcar cultivadas no Brasil. Também foi observada a presença deste gênero em raízes de café, embora não se tenha detalhado a classificação de qual espécie (Reis et al., 1998 *apud* Reis et al., 2002).

Por sua vez, a bactéria *Gluconacetobacter diazotrophicus* foi isolada inicialmente de cana-de-açúcar (Cavalcante & Döbereiner, 1989 *apud* Reis et al., 2002) e, posteriormente, foi encontrada associada a outras plantas ricas em açúcar e que se propagam vegetativamente, como a batata doce (Reis et al., 1994 *apud* Reis et al., 2002). A sua presença tem sido observada em raízes, caules e folhas de plantas de cana-de-açúcar cultivadas no Brasil, assim como em plantas cultivadas na Argentina, Uruguai, México, Cuba, Estados Unidos e Austrália (Baldani et al., 1997a *apud* Reis et al., 2002). Entretanto, esta espécie não foi encontrada em cereais.

A espécie *Burkholderia brasilensis*, recentemente descrita (Baldani et al., 1997b *apud* Reis et al., 2002), tem sido isolada de diversas plantas, como por exemplo, arroz, mandioca, batata doce e cana-de-açúcar (Oliveira, 1992; Balota, 1994; Baldani, 1996; *apud* Reis et al., 2002). A mesma ainda não foi encontrada em associação com outros cereais e sua presença em outras gramíneas forrageiras ainda não foi explorada. Os resultados obtidos até o momento apontam o arroz como a planta que apresenta maior ocorrência desta bactéria, já que a mesma tem sido freqüentemente encontrada em números bastantes elevados nesta cultura (Campos et al., 1998 *apud* Reis et al., 2002).

O exemplo de uso prático mais expressivo da fixação biológica de N por bactérias é aquele referente aos gêneros *Rhizobium*, *Bradyrhizobium* e *Azorhizobium*, tornando o N disponível em forma assimilável, principalmente, pelas plantas leguminosas. Essas associações são simbióticas, mas nem todas as espécies de bactérias fixadoras de N o são.

No caso da cultura da soja, muitos estudos foram conduzidos no país desde a sua introdução, tornando o processo de simbiose (associação entre as bactérias nitrificadoras e as raízes das plantas) mais eficiente. A economia trazida com o uso prático dessas bactérias por meio da inoculação de sementes de soja, devido à eliminação da necessidade de uso de fertilizantes nitrogenados, tem sido bastante significativa.

A Embrapa Soja estimou que para uma área de 11,35 milhões de ha (safra 93/94) houve economia de fertilizantes de aproximadamente US\$ 1 bilhão devido à fixação simbiótica do N atmosférico (Siqueira et al., 1994). Atualmente, em uma área de cerca de 14 milhões de ha, a economia em fertilizantes seria de US\$ 1,23 bilhão por safra. Além dessa economia, deve-se considerar que a eliminação do uso de fertilizantes nitrogenados, altamente solúveis em água, reduz os riscos da lixiviação de N no solo e da contaminação dos aquíferos, assim como a eutrofização de mananciais superficiais. E mais, a redução no consumo de fertilizantes nitrogenados reduz os gastos energéticos (derivados do petróleo) necessários para a sua produção.

Na Floresta Amazônica, as plantas leguminosas apresentam a maior diversidade de espécies e alto número de indivíduos, quando comparadas a outras espécies de plantas (Ducke, 1949 *apud* Siqueira et al., 1994). Como muitas dessas espécies são nodulíferas (Moreira et al., 1992 *apud* Siqueira et al., 1994), a contribuição das simbioses de leguminosas com rizóbio na Floresta Amazônica também deve ser significativa.

A importância das espécies arbóreas ou arbustivas, fixadoras de nitrogênio atmosférico, pode ser evidenciada em sistemas florestais, agroflorestais, agrosilvipastoris e em programas de recuperação de áreas degradadas (Franco et al., 1996; Buck et al., 1998; Dommergues et al., 1999; Huxley, 1999; *apud* Franco & Campello, 2002).

As quantidades de N fixadas em espécies arbóreas variam com as espécies e com os demais fatores, variando de zero a valores que podem ser extremamente altos, como na *Sesbania sp.*, que chegou a fixar 286kg/ha em 56 dias, podendo suprir assim, a necessidade de N de qualquer cultura (Sanginga et al., 1995, 1996; Dommergues et al., 1999; Franco & Balieiro, 2000; *apud* Franco & Campello, 2002). Além de fixar grandes quantidades de N e contribuir com um aporte elevado de biomassa ao solo, estas espécies podem contribuir para a reciclagem de nutrientes de modo efetivo, uma

vez que a qualidade do material aportado é geralmente superior àquela oriunda de espécies não leguminosas (Franco & Campello, *op. cit.*).

A diversidade de microrganismos no solo também pode se constituir em importante fator de controle biológico natural de patógenos de plantas cultivadas. Entre os microrganismos com essa característica, destacam-se os fungos do gênero *Trichoderma*, que produzem enzimas extracelulares que degradam paredes celulares de outros fungos (Melo, 1991).

Em outros casos, a ação de *Trichoderma spp.* dá-se pela produção de metabólitos extracelulares com atividade antimicrobiana. Um outro modo de ação do *Trichoderma* é o hiperparasitismo, ou seja, o parasitismo de um fungo por outro.

Observou-se antagonismo de *Trichoderma spp.* aos fitopatógenos *Sclerotinia sclerotiorum*, *Rhizoctonia solani*, *R. tuliparum*, *Sclerotium minor* e *S. rolfsii*, que se alojam no solo. Como esses fungos produzem escleródios, constata-se que essa característica os torna mais vulneráveis ao ataque de hiperparasitos, como é o caso das espécies de *Trichoderma*. Para detalhes sobre os mecanismos de ação e vantagens do uso do fungo *Trichoderma spp.* no controle biológico de fitopatógenos, ver Melo (1991) e Melo & Faull (2000).

No que se refere aos microrganismos que aumentam a absorção de nutrientes pelas plantas, destacam-se as micorrizas, que são associações simbióticas entre fungos e raízes de plantas. Os fungos micorrízicos geralmente não são específicos quanto ao hospedeiro, mas a sua ocorrência diminui na medida em que há destruição da vegetação nativa.

Na associação simbiótica, o fungo se nutre na planta e ao mesmo tempo absorve nutrientes que são transferidos para a planta hospedeira. Geralmente, plantas micorrizadas acumulam maiores quantidades de macro e micronutrientes, como também de outros elementos, como Br, I, Cl, Na, Al, Si e metais pesados (Siqueira et al., 1994).

Talvez o efeito mais consistente e de interesse prático dessa associação seja o favorecimento da absorção e utilização de fósforo no solo, que facilita o crescimento vegetal na maioria dos solos brasileiros. Por isso, a micorrização representa um importante mecanismo de maximização do uso de fertilizantes fosfatados aplicados aos solos deficientes.

Os benefícios nutricionais das micorrizas resultam de interações dinâmicas e complexas entre as raízes e o micélio fúngico, moduladas pelas condições do ambiente. Estas interações não são totalmente claras, mas resultam de alguns mecanismos básicos que melhoram a nutrição das plantas, a saber: a) aumento da absorção de vários nutrientes; b) sinergismo aumentando a fixação biológica de N; c) alterações fisiológicas na raízes e d) alterações rizosféricas (Saggin Júnior & Silva, 2002).

Em resumo, considerando os benefícios que os microrganismos de solo representam para os agroecossistemas, deve-se adotar práticas de manejo da produção agrícola que mantenham as condições para que esses microrganismos possam desempenhar as suas mais variadas funções.

No **segundo componente** do programa de trabalho proposto pelos Países da Convenção, está sendo dada ênfase à identificação das melhores práticas de manejo para a conservação da diversidade na agricultura. Muitas atividades foram desenvolvidas nesse sentido, sendo que algumas delas já têm ampla utilização prática, como os exemplos apresentados a seguir.

### **Plantio direto**

Este sistema de plantio se expandiu muito na última década, tendo se iniciado na região Sul, disseminando-se em seguida para a região Centro-Oeste do país. Detalhes sobre esta prática são mostrados na Box 2. Há um *site* na Internet ([http://www.embrapa.br/plantio\\_direto](http://www.embrapa.br/plantio_direto)) que, além de divulgar a contribuição dos trabalhos de pesquisa em todo o país e os pesquisadores e técnicos que atuam no tema, contém um banco de dados sobre as soluções e ações recomendadas por agricultores e técnicos, a partir de problemas levantados e priorizados pelos produtores.

### **Controle biológico**

Como os agrotóxicos ainda são muito usados nos tratamentos fitossanitários – no Brasil representam atualmente um mercado da ordem de US\$ 2,5 bilhões ao ano, e devido aos seus efeitos negativos no homem e no meio ambiente, foram adotadas várias iniciativas para substituir essas substâncias. Uma delas é o controle biológico de pragas e doenças, cujos exemplos mais expressivos em termos de utilização prática são incluídos na Box 3.

### **Sistemas agroflorestais**

Os sistemas agroflorestais consistem da combinação de espécies florestais e espécies agrícolas e possuem grande potencial na Região Amazônica, por três razões principais. A primeira razão é que eles podem ampliar o período de produção agrícola em áreas já desmatadas, reduzindo assim a necessidade de mais desmatamento. A segunda, é que os sistemas agroflorestais melhoram o padrão de vida, diminuindo a necessidade dos agricultores de ocupar grandes áreas para a agricultura de subsistência. E a terceira razão é que os agricultores que plantam espécies florestais como parte de seu sistema produtivo tornam-se mais sensíveis à importância de se conservar os recursos florestais.

Há muitas experiências de sistemas agroflorestais que estão sendo conduzidas pelos próprios agricultores em toda a Região Amazônica, envolvendo centenas de diferentes combinações de espécies nativas e introduzidas. No entanto, esses sistemas ainda representam uma pequena parcela de toda a terra utilizada para plantio na Região.

Exemplos de projetos que foram conduzidos na implantação de sistemas agroflorestais são: Projeto de Reflorestamento Consorciado e Adensado (RECA), Projeto BONAL, da Natural Rubber S.A. e Programa de Pólo Florestal em Rio Branco, Acre. O Projeto RECA está localizado entre Rio Branco – AC e Porto Velho – RO e atualmente conta com 150 produtores. Todos usam uma configuração padrão de pupunha, cupuaçu e castanha-do-brasil, sendo o processamento e a comercialização dos produtos os principais problemas enfrentados. O outro projeto é o BONAL, que até 1996 tinha estabelecido 900ha de pupunha, sendo 600ha intercalado com seringueira e kudzu. Neste caso, há uma indústria processadora de borracha próxima que facilita o processamento e a comercialização da borracha em grandes centros de consumo. E o terceiro Projeto é uma excelente alternativa para promover a im-

#### **Box 2: Plantio Direto**

O plantio direto consiste em não revolver o solo por meio de aração, gradeação ou escarificação, colocando as sementes em sulcos abertos na cobertura morta de resíduos de colheitas anteriores.

A palha na superfície do solo tem muitas funções, entre elas: estabilizar a temperatura do solo, favorecendo os processos biológicos e a vida do solo; agir como reciclador de nutrientes, assegurando alta atividade biológica; aumentar a biomassa do solo pelo aumento da matéria orgânica (Saturnino & Landers, 1997). Além desses efeitos há melhoria na retenção de água, no teor de nutrientes e na estrutura do solo.

As condições mais adequadas de umidade e temperatura e a maior quantidade de matéria orgânica beneficiam a flora e fauna do solo, o que significa maior ocorrência de organismos benéficos, tais como: minhocas, colêmbolas, insetos, ácaros, rizóbios, bactérias, micorrizas, etc.

A Federação Brasileira de Plantio Direto na Palha estimou que, em 1998, a área com plantio direto no Brasil foi maior que 8 milhões de ha, esperando-se um grande crescimento de sua adoção na região centro-sul do país.

**Box 3. Controle Biológico de Pragas e Doenças de Plantas****Pragas Agrícolas**

**Cana-de-açúcar** - Controle da broca, *Diatraea saccharalis*, com a vespa parasitóide *Cotesia flavipes*, em praticamente toda área de cultivo do país.

**Citros** - Controle da mosca-das-frutas, *Ceratitis capitata*, com *Diachasmimorpha longicaudata*; da cochoni-lha *Orthesia praelonga* com o fungo *Colletotrichum gloesporioides*; e da mosca-das-frutas, *Anastrepha fraterculus*, com *Diachasmimorpha longicaudata* e com o caracol rajado *Oxystilla pulchella*, com redução no uso de Temik® (aldicarb) de 70%.

**Soja** - Controle da lagarta das folhas, *Anticarsia gemmatalis*, com *Baculovirus anticarsia* em mais de 1 milhão de ha, representando uma economia de cerca de US\$ 50 Mi por ano; e controle dos percevejos *Nezara viridula* e *Piezodorus guildinii* com a vespinha parasita de ovos, *Trissolcus basalalis*.

**Pastagens** - Controle da cigarrinha das pastagens com aplicação do fungo *Metarhizium anisopliae* em 25.000 ha por ano, recebendo uma única aplicação de 1 kg de uma formulação de esporos (Metabiol). O controle químico normalmente envolve 5 aplicações ao ano.

**Seringueira** - Controle da mosca-da-renda, *Leptophenga hevea*, com *Hirsuta verticillioides* e de ácaros com *Sporothrix insectorum*, sendo que cada programa envolve cerca de 50.000 ha ao ano.

**Arroz** - Controle de *Diatraea saccharalis* com o parasitóide empregado em cana-de-açúcar *Cotesia flavipes*. Controle do vetor de vírus *Deois flavopicta* com *Metarhizium anisopliae*.

**Algodão** - Controle do curuquerê do algodoeiro, *Alabama argilacea*, com *Trichogramma* sp e *Bacillus thuringiensis*.

**Doenças de plantas**

**Citros** - Controle da tristeza dos citros com vírus fraco da tristeza através da técnica de pré-imunização - Cultura de laranja Pera, em 100 milhões de plantas.

**Coqueiro** - Controle da lixa do coqueiro com *Acremonium* e *Hansfordia pulvinata*. Uma aplicação desses antagonistas custa cinco vezes menos que uma de fungicida. O produto é comercializado pelo IPA-PE e por pequenos laboratórios.

**Morango** - Controle de *Botrytis cinerea* (agente do mofo cinzento) do morango com *Gliocladium roseum* - Aplicação semanal no período do florescimento, em estufas, no estado do Rio Grande do Sul.

**Seringueira** - Controle do mal-das-folhas da seringueira (*Microcyclus ulei*) com *Dycima pulvinata*, associado ao cultivo com vegetação nativa e plantações policlonais. Aplicação em área de aproximadamente 50.000 ha.

**Macieira** - Associação de *Trichoderma* e formaldeído para o controle de *Phytophthora* da macieira - Prévia desinfestação das covas com formaldeído e posterior incorporação de *Trichoderma*. O custo é de US\$ 0,50/ saco de 24 g (utiliza-se um saco/cova).

**Fumo** - Controle do *damping-off* de fumo com o fungo *Trichoderma* - Aplicação massal de *Trichoderma* multiplicado em grãos de trigo.

plantação de sistemas agroflorestais, pois a Prefeitura, em 1993, permitiu o usufruto (sem doação) de lotes de 5 ha localizados de 15 a 60km de Rio Branco para assentamento de famílias sem-terra, que tinham o compromisso de implantar sistemas agroflorestais com assistência técnica adequada. Atualmente há quatro pólos agroflorestais implantados, onde vivem 150 famílias. Nesses pólos orientou-se o cultivo de mais de 30 espécies vegetais perenes e 28 culturas anuais (Smith et al., 1998).

Contudo, há ainda muito a ser feito para resolver os constrangimentos socioeconômicos e técnicos e aproveitar todo o potencial dos sistemas agroflorestais

na Amazônia, que muito podem contribuir para que a diversidade biológica seja mais bem conservada nessa região.

**Agricultura orgânica**

Atualmente, há no país mais de 50 produtos agrícolas orgânicos certificados, "in natura" ou processados, podendo-se citar os seguintes: açaí, acerola, açúcar, aguardente, algodão, amaranto, arroz, aveia, aves e ovos, banana, banana passa, bovinos, cacau, café, caju, castanha de caju, chá, citrus, coco, ervas medicinais, fécula de mandioca, feijão, gengibre, girassol, goiabada, gua-

raná em pó, hortaliças (várias), hortaliças processadas, laticínios (gado de leite), madeira, mamão, manga, maracujá, mel, milho, morango, óleo de babaçu, óleos essenciais, azeite de dendê, palmito de pupunha, pimentão, soja, suco de laranja, suínos, tecidos, tomate, trigo, urucum e uva-passa.

O valor da produção orgânica nacional, em 1999, foi de US\$ 150 milhões, assumindo-se que em 2000 ele tenha atingido US\$ 195 - 200 milhões, segundo o "International Trade Center", de Genebra - Suíça, e o Instituto Biodinâmico<sup>1,2</sup>.

O crescimento da produção da agricultura orgânica no país foi de 50% em 2000 em relação ao ano anterior (op. cit., nota 4). Esse aumento é crescente, pois segundo a Associação de Agricultura Orgânica - ONG que atua na certificação de produtos orgânicos, o acréscimo no consumo desses produtos, no estado de SP, foi de 10% em 1997, 24% em 1998 e de 30% em 1999.

Estima-se que a área ocupada com agricultura orgânica em todo o país seja de apenas 100 mil ha, mas se considerar que em 1990 a área era de apenas mil hectares, o aumento da área na última década foi de 9.900%. É importante registrar também que a evolução recente da área plantada tem sido muito rápida: os projetos acompanhados pelo Instituto Biodinâmico, que é o maior órgão de certificação do país, registraram em 2000 um aumento de cerca de 100% da área em relação a 1999, ou seja, a área aumentou de 30 mil ha em janeiro para 61 mil ha em agosto<sup>3</sup>.

Ainda no contexto do **segundo componente**, consta o compromisso de desenvolver métodos e técnicas que contenham um conjunto limitado de critérios ou indicadores de biodiversidade da agricultura que facilitem o monitoramento e a avaliação de diferentes ambientes e sistemas de produção, assim como os impactos das várias práticas. Esta atividade foi contemplada no sistema de avaliação de impacto ambiental da inovação tecnológica agropecuária - Ambitec-Agro que foi desenvolvido por demanda institucional da Embrapa, e vai ser utilizado, em 2002, para avaliar o impacto ambiental de algumas tecnologias que já foram adotadas pelos agricultores, sendo que cada Centro de Pesquisa vai utilizar esse método para avaliar três tecnologias.

O Sistema de Avaliação Ambitec-Agro é composto de um conjunto de planilhas eletrônicas (plata-

forma MS-Excel<sup>®</sup>) construídas para permitir a consideração de quatro aspectos de contribuição de uma dada inovação tecnológica para melhoria ambiental na produção agropecuária, quais sejam, Alcance, Eficiência, Conservação e Recuperação Ambiental (Rodrigues *et al.*, 2000). Cada um destes aspectos é composto por um conjunto de *indicadores* organizados em matrizes de ponderação automatizadas, nas quais os *componentes* dos indicadores são valorados com *coeficientes de alteração*, conforme conhecimento pessoal do produtor que adota a tecnologia. No que diz respeito especificamente ao indicador de biodiversidade, os componentes da matriz são: perda de vegetação natural, perda de corredores de fauna e perda de espécies ou variedades caboclas. Quanto à recuperação ambiental, todos os componentes têm relação com a biodiversidade, e referem-se à recuperação de: solos degradados, ecossistemas degradados, áreas de preservação permanente (topo de morros, encostas íngremes, margens de nascentes e mananciais) e reserva legal (percentual da propriedade estabelecido pelo Código Florestal que deve estar coberto com vegetação natural).

A aplicação do sistema de avaliação de impacto ambiental envolve uma entrevista/vistoria conduzida pelo usuário do sistema e aplicada ao produtor/responsável pela propriedade rural. A entrevista deve dirigir-se à obtenção do *coeficiente de alteração do componente*, para cada um dos indicadores de impacto, conforme avaliação do produtor/responsável, especificamente em consequência da aplicação da tecnologia à atividade, na situação vigente na propriedade.

A inserção desses *coeficientes de alteração do componente* diretamente nas matrizes e sequencialmente nas planilhas de Eficiência Tecnológica, Conservação Ambiental, e Recuperação Ambiental resultam na expressão automática do *coeficiente de impacto ambiental* da tecnologia, relativizada por *fatores de ponderação* devido à *escala da ocorrência da alteração* e ao *peso do componente na composição do indicador*. Os resultados finais da avaliação de impacto são expressos graficamente na planilha AIA da Tecnologia, após ponderação automática dos *coeficientes de alteração* fornecidos pelo produtor/responsável pelos *fatores de ponderação* dados.

No **terceiro componente** do programa de trabalho, há vários avanços no que se refere à biodiversidade em geral, como é o caso do Programa Nacional de Educação Ambiental - PRONEA, que foi aprovado pelo Presidente da República em 21.12.1994. No entanto, a biodiversidade na agricultura não é tratada de modo específico, o que impede a avaliação dos efeitos do Programa nesse segmento.

O **quarto componente** do programa de trabalho em biodiversidade na agricultura trata dos avan-

<sup>1</sup>Jornal "Gazeta Mercantil Latino-Americana". Produtos orgânicos ganham mais espaço. 2-8/10/2000, p.5. Revista "Isto É". Alimentos e produtos orgânicos, livres de agrotóxicos, garantem lugar na mesa do consumidor brasileiro. 24/11/2000.

<sup>2</sup>Jornal "O Estado de São Paulo". Mercado de orgânicos está em expansão. 15/11/2000 (Supl. Agrícola), p.10-12.

<sup>3</sup>Jornal "Folha de São Paulo". Brasil prepara terreno para crescimento dos orgânicos (Caderno Agrofolha). 17/10/2000.

ços na legislação dos países participantes da Convenção. São apresentadas a seguir as principais realizações do País nesse componente.

### **Credenciamento de entidades certificadoras de produtos orgânicos**

A agricultura orgânica vem paulatinamente sensibilizando os governos a adotarem legislações específicas para a certificação de produtos orgânicos.

A Instrução Normativa nº 07, de 17/05/1999, do Ministro da Agricultura e do Abastecimento, estabelece as normas para a produção, tipificação, processamento, envase, distribuição, identificação e certificação da qualidade de produtos orgânicos de origem animal ou vegetal. Esta Instrução dispõe também sobre a estrutura de fiscalização e controle da qualidade orgânica, que deverá ser seguida por instituições certificadoras, que por sua vez deverão ser credenciadas nacionalmente pelo Órgão Colegiado Nacional, e nos estados pelos respectivos Órgãos Colegiados Estaduais e do Distrito Federal.

Além disso, está em trâmite no Congresso Nacional o Projeto de Lei nº 659-A, que objetiva ordenar e promover a expansão do sistema orgânico de produção agropecuária nacional, e para isso altera dispositivos da Lei nº 7.802, de 11/06/1989. Em resumo, esse Projeto de Lei visa incorporar à Lei anterior os requisitos técnicos dos sistemas orgânicos de produção agropecuária.

### **Biossegurança**

No Brasil, a importação de organismos exóticos depende de autorização prévia do Ministério da Agricultura e do Abastecimento (MAA) ou do Ministério do Meio Ambiente (MMA). Em alguns casos deve haver autorização de ambos. Depois da adesão à Convenção da Diversidade Biológica, novos instrumentos legais de biossegurança foram desenvolvidos, tais como: Portaria no. 74, de 7 de março de 1994, do MAA, que atualizou normas do Decreto 24.114, estabelecendo procedimentos de quarentena para intercâmbio de organismos vivos destinados à pesquisa em controle biológico de pragas, doenças, plantas daninhas e também os destinados a outros fins científicos; Portaria nº 29, de 24 de março de 1994, do MMA, criaram-se regras para importação de organismos silvestres e Portaria nº 142, de 22 de dezembro de 1994, do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA), que proibiu a introdução, cultivo e comercialização de bagres exóticos nas bacias dos rios Amazonas e Paraguai, para proteger a ictiofauna e a diversidade biológica locais.

Na Embrapa Meio Ambiente, foi construído o Laboratório de Quarentena "Costa Lima", ao qual cabe a quarentena e o controle de insetos e microrganismos

introduzidos no País para o controle biológico da agropecuária.

Por sua vez, o uso de técnicas de engenharia genética, assim como a liberação no meio ambiente de organismos geneticamente modificados (OGMs), estão regulamentados pela Lei nº 8.974, de 5 de janeiro de 1995. Essa Lei estabelece as normas de segurança e mecanismos de fiscalização no uso de técnicas de engenharia para construção, cultivo, manipulação, transporte, comercialização, consumo, liberação e descarte de OGMs – entre outras razões, para proteger a diversidade biológica.

### **Registro de agentes biológicos de controle**

Para fins de registro e avaliação ambiental de agentes microbianos vivos de ocorrência natural empregados no controle de um outro organismo vivo considerado nocivo, o IBAMA publicou a Portaria Normativa no. 131, de 03/11/1997. Esta Portaria estabelece os procedimentos a serem adotados, com a apresentação das seguintes informações: dados do requerente e informações gerais sobre o organismo a ser registrado, documentos relativos à avaliação da eficiência do produto comercial, documentos exigidos pelo Ministério da Saúde para fins de avaliação e classificação toxicológica do produto quanto ao aspecto de saúde humana, dados e informações referentes à avaliação ambiental do produto, modelo de rótulo e de bula e descrição da embalagem quanto ao tipo, material e capacidade volumétrica.

Essa iniciativa representa grande avanço, uma vez que não havia regulamentação específica para registro de agentes microbianos de controle biológico. Aplicavam-se, esses casos, os mesmos critérios usados para registro de agrotóxicos, que possuem características muito diferentes dos organismos vivos usados em controle biológico.

### **Proteção de cultivares**

Uma outra contribuição para a diversidade de alimentos foi a aprovação da Lei nº 9.456, em 28 de abril de 1997, que trata da proteção de cultivares que sejam: claramente distintos de outros já existentes, homogêneos e estáveis e cujas características se mantenham ao longo dos ciclos de multiplicação. Esse instrumento permite que o detentor da propriedade da cultivar receba *royalties* pela sua comercialização. Porém, o agricultor que utilizar a espécie poderá reservar sementes ou mudas para uso próprio, tanto no consumo quanto no plantio. Pesquisadores também poderão utilizá-la como fonte de variação em melhoramento genético ou outros trabalhos científicos. A Lei permite ainda que pequenos produtores multipliquem cultivares para doação ou troca, no âmbito de programas de apoio à agricultura familiar.

### **Crimes ambientais**

A Lei de Crimes Ambientais nº 9.605, de 13 de fevereiro de 1998, pune de forma severa as práticas lesivas contra a flora brasileira, tais como: destruir ou danificar a floresta nativa, exótica ou de preservação permanente; causar danos direto ou indireto às Unidades de Conservação; provocar incêndio; fabricar, vender, transportar, ou soltar balões que possam provocar incêndio na floresta ou demais formas de vegetação; extrair material de florestas de preservação permanente; impedir a regeneração natural; receber ou adquirir madeira e outros produtos de origem vegetal sem licença; transformar madeira de lei em carvão, e utilizar moto-serra sem autorização.

Os órgãos gestores da política ambiental receberam do legislador forte instrumental administrativo para conter os predadores da natureza, com a possibilidade de aplicação de diversas reprimendas administrativas, entre elas: advertência, multa simples; multa diária; apreensão dos animais, produtos e subprodutos da fauna e flora, instrumentos, petrechos, equipamentos ou veículos de qualquer natureza utilizados na infração; perda ou restrição de incentivos e benefícios fiscais; suspensão de venda e fabricação do produto; suspensão ou cancelamento de registro, licença ou autorização; perda ou suspensão da participação em linhas de financiamento em estabelecimentos oficiais de crédito; proibição de contratar com a Administração Pública.

### **Perspectivas e Indicadores para Monitoramento**

Há várias lacunas do conhecimento que dificultam uma abordagem adequada da diversidade biológica na agricultura. Uma das formas de sensibilizar os países participantes da Convenção da Diversidade Biológica para que se avançasse nesse tema foi propor três temas iniciais que tivessem relação direta com a questão econômica da agricultura, quais sejam: polinizadores, microrganismos de solo e controle biológico. O primeiro foi escolhido pela importância da polinização na produção agrícola, o segundo, principalmente pelo papel das bactérias fixadoras de nitrogênio atmosférico e das micorrizas no aumento da absorção de nutrientes pelas plantas, e o terceiro, pela diminuição de despesas com agrotóxicos e pelo apelo social à utilização de tecnologias ambientalmente corretas de produção agropecuária.

Entretanto, não se pode tratar a diversidade biológica na agricultura de modo tão pontual, ou seja, o enfoque deve ser mais abrangente, tratando-se das interações e influências mútuas entre os organismos que compõem os diferentes compartimentos – água, solo, planta, atmosfera – de um agroecossistema. Só

assim vai ser possível avaliar a estabilidade ecológica e a resiliência dos sistemas de produção agropecuária, e dimensionar o papel da biodiversidade nesses atributos. Por exemplo, um tema que requer essa abordagem é a ciclagem de nutrientes, cujos processos têm participação direta de agentes biológicos.

Outro desafio é como valorar, com parâmetros financeiros, os diferentes serviços prestados pela diversidade biológica à agricultura. Além disso, há interferências externas que precisam ser avaliadas, ou seja, como outras atividades antrópicas interferem nos organismos essenciais à estrutura biológica e ao funcionamento dos processos nos agroecossistemas?

Outro grande desafio é vencer as dificuldades metodológicas para a avaliação da diversidade biológica *ex ante* e *ex post* em relação às novas atividades produtivas ou mesmo às tecnologias específicas em uso nos sistemas de produção. É muito importante também que se estabeleçam critérios de licenciamento ambiental para atividades agropecuárias praticadas em áreas de alto risco para a diversidade biológica.

No que se refere à definição de indicadores para monitoramento é importante considerar duas vertentes: 1) os serviços ambientais prestados pela biodiversidade à agricultura e 2) os efeitos da agricultura na biodiversidade.

Numa primeira etapa, pode-se realizar estudos-de-caso para testar e adequar os indicadores, para, em uma segunda etapa, ampliar o monitoramento para áreas mais extensas. Cabe lembrar que para muitos desses indicadores, pode-se utilizar dados secundários.

Como sugestão, a seguir são apresentados alguns indicadores para monitoramento da diversidade biológica considerando a sua interface com a agricultura. Para facilitar o seu entendimento, optou-se por agrupá-los em três grupos: o primeiro, com indicadores de estado da diversidade biológica, o segundo grupo com indicadores de pressão e impacto sobre a diversidade biológica e o terceiro, com indicadores de respostas aos impactos causados sobre a diversidade biológica.

#### **Indicadores de Estado da Diversidade Biológica**

- Área total com solos degradados, por região;
- Área total com ecossistemas degradados, por região;
- Área total de preservação permanente (topo de morros, redor de nascentes e margens de mananciais, encostas íngremes), por região;
- Área total de reserva legal, por região;
- Diversidade de espécies: animais e plantas superiores, microrganismos e mesofauna do solo, etc., por ecossistema, e por microrregião; e
- Germoplasma útil para a agricultura: número de espécies e plantas medicinais, aromáticas, fruteiras etc. disponibilizadas para produção comercial.



### **Indicadores de Pressão e Impacto sobre a diversidade biológica**

- Frequência de uso de agrotóxicos, por cultura principal e por região;
- Quantidade consumida de agrotóxicos (ingredientes ativos e produtos comerciais) das classes toxicológicas I e II (de maior toxicidade), por cultura principal e por região;
- Área de agricultura e pecuária praticadas em áreas que tinham cobertura vegetal natural no ano anterior (expansão da fronteira agrícola), por ecossistema e por região;
- Qualidade da água em microrregiões com despejo de substâncias poluentes, considerando os seguintes parâmetros: demanda bioquímica de oxigênio, concentração de metais pesados, nitratos, fosfatos, etc;
- Área com uso de queimada como prática agrícola, por ecossistema e por região;
- Número de espécies de animais e plantas ameaçadas de extinção; e
- Número de intoxicações agudas humanas, não-intencionais, causadas por agrotóxicos.

### **Indicadores de Resposta aos impactos causados sobre a diversidade biológica**

- Uso de práticas ou sistemas conservacionistas de produção: número de produtores, por prática, por cultura. Exemplos de práticas: agricultura orgânica, manejo integrado e controle biológico de pragas e doenças de plantas, rotação de culturas, práticas de conservação do solo, adubação verde, etc;
- Área com recomposição de corredores de fauna, por ecossistema, por região; e
- Legislação: número de leis, decretos, portarias, normas, etc. de interesse para a conservação da diversidade biológica na agricultura, no País, nos Estados e nos Municípios.

O principal problema a ser resolvido é a dificuldade de registro e de sistematização de dados e informações que possibilitem o uso adequado dos indicadores para fins de monitoramento e de avaliação de impacto ambiental na biodiversidade. Por fim, é importante ressaltar que todos os indicadores listados acima devem ser monitorados ao longo do tempo, e para tanto devem ter sempre um marco referencial ao qual comparam-se os resultados subsequentes.

### **Referências Bibliográficas**

- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente, dos Recursos Hídricos e da Amazônia Legal. **Primeiro relatório nacional para a Convenção sobre Diversidade Biológica**. Brasil. Brasília, DF, 1998. 283 p.
- CAMPANHOLA, C.; RODRIGUES, G. S.; DIAS, B. F. Agricultural biological diversity. **Ciência e Cultura**, São Paulo, v. 50, p. 10-13, 1998.
- FRANCO, A. A.; CAMPELLO, E. F. C. Manejo nutricional integrado na recuperação de áreas degradadas e na sustentabilidade de sistemas produtivos utilizando a fixação biológica de nitrogênio como fonte de nitrogênio. In: CURSO INTENSIVO EM AGROBIOLOGIA, 14., 2002, Seropédica. **Princípios e técnicas ecológicas aplicadas à agricultura**. Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 2002. v. 2, cap. 14, 11 p. CD-ROM.
- MELO, I. S. de. Potencialidades de utilização de *Trichoderma* spp. no controle biológico de doenças de plantas. In: BETTIOL, W. (Org.). **Controle biológico de doenças de plantas**. Jaguariúna: EMBRAPA-CNPMA, 1991. p.135-156. (EMBRAPA-CNPMA. Documentos, 15).
- MELO, I. S. de; FAULL, J. L. Parasitismo de *Rhizoctonia solani* por linhagens de *Trichoderma* spp. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 57, n. 1, p. 55-59, 2000.
- REIS, V. M.; BALDANI, V. L. D.; BALDANI, J. I. Ecologia, isolamento e identificação de bactérias diazotróficas. In: CURSO INTENSIVO EM AGROBIOLOGIA, 14., 2002, Seropédica. **Princípios e técnicas ecológicas aplicadas à agricultura**. Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 2002. v. 1, cap. 7, 27 p. CD-ROM.
- 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** (Encaminhado para publicação, em fev/2002, na Série Documentos, da Embrapa Meio Ambiente).
- SAGGIN JÚNIOR, O. J.; SILVA, E. M. R. da. Micorriza arbuscular: papel, funcionamento e aplicação da simbiose. In: CURSO INTENSIVO EM AGROBIOLOGIA, 14., 2002, Seropédica. **Princípios e técnicas ecológicas aplicadas à agricultura**. Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 2002. v. 1, cap. 10, 25 p. CD-ROM.
- SIQUEIRA, J. O.; MOREIRA, F. M. de S.; GRISI, B. M.; HUNGRIA, M.; ARAUJO, R. S. **Microrganismos e processos biológicos do solo**: perspectiva ambiental. Brasília, DF: EMBRAPA-SPI, 1994. 142 p. (Embrapa-SPI. Documentos, 45).
- SMITH, N.; DUBOIS, J.; CURRENT, D.; LUTZ, E.; CLEMENT, C. **Agroforestry experiences in the Brazilian Amazon**: constraints and opportunities. Brasília, DF: Rain Forest Unit – World Bank, 1998. 67 p.

# Compromissos Internacionais: Convenções-quadro das Nações Unidas Sobre Mudança do Clima (UNFCCC) e Sobre Combate a Desertificação (UNCCD)

# 13

Capítulo

Magda Aparecida de Lima  
Paulo Choji Kitamura  
Luciano José de Oliveira Accioly

Entre os mais importantes compromissos internacionais assumidos pelo Brasil na área ambiental, ressaltam-se aqueles ligados às Convenções-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima (UNFCCC) e sobre Combate à Desertificação (UNCCD). Os resultados e desdobramentos destes *fora* globais incidem diretamente nas políticas agrícolas regionais, e devem ser interpretados como um instrumento prático para a conservação da qualidade ambiental aliada a indicadores de produtividade sustentável do setor agropecuário e florestal. Implicam também nas ações de gestão agrícola visando a adaptação do setor aos impactos potenciais de mudanças climáticas globais e regionais, bem como na prevenção à degradação das terras e recuperação de áreas degradadas devido ao processo de desertificação.

## Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima

### Contextualização

Evidências de alterações climáticas globais começaram a ser apresentadas a partir da década 80, despertando cada vez mais o interesse da comunidade científica e também política. Iniciava-se assim a discussão sobre o efeito estufa, fenômeno provocado pelo aumento crescente de gases atmosféricos com o conseqüente efeito de absorção de uma fração maior de calor na superfície terrestre. Entre esses gases, chamados gases de efeito estufa, estão o dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), o metano (CH<sub>4</sub>), o óxido nitroso (N<sub>2</sub>O), o ozônio (O<sub>3</sub>), e vapor d'água (H<sub>2</sub>O). O aumento do CO<sub>2</sub> na atmosfera tem sido o mais discutido, devido ao volume de suas emissões representarem de 55 a 60% do total das emissões e ao tempo de sua permanência na atmosfera, de pelo

menos de 10 décadas. A concentração aumentada desses gases na atmosfera é atribuída às atividades humanas – agricultura, indústria, energia, urbanização, transportes, provocando um aquecimento global adicional. De acordo com estimativas globais (IPCC, 1996), só o setor agrícola (incluindo queima de biomassa, pecuária, dejetos animais, cultivo de arroz inundado, solos agrícolas) seria responsável por 20% do potencial para o aquecimento global.

Em atenção a esse problema, o Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA) e a Organização Mundial de Meteorologia (OMM) estabeleceram em 1988 o Painel Intergovernamental sobre Mudança do Clima (IPCC), com o papel de apoiar cientificamente as negociações de um tratado mundial sobre o tema.

Após várias reuniões realizadas entre cerca de 150 países, a Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima é adotada em maio de 1992, na Sede das Nações Unidas, e firmada em junho do mesmo ano, durante a Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento, realizada no Rio de Janeiro, também conhecida como a “Cúpula da Terra”. A Convenção entrou em vigor em março de 1994, com o objetivo de “alcançar, em conformidade com as disposições pertinentes desta Convenção, a estabilização das concentrações de gases de efeito estufa na atmosfera num nível que impeça uma interferência antrópica perigosa no sistema climático. Esse nível deverá ser alcançado num prazo suficiente que permita aos ecossistemas se adaptarem naturalmente à mudança do clima, que assegure que a produção de alimentos não seja ameaçada e que permita ao desenvolvimento econômico prosseguir de maneira sustentável”.

Às Partes (países membros) cabe a proteção do sistema climático em benefício das gerações presentes

e futuras da humanidade com base na equidade e em conformidade com suas responsabilidades comuns mas diferenciadas e respectivas capacidades. Isso implica que países mais desenvolvidos tomem a iniciativa no combate à mudança do clima e a seus efeitos.

Entre os compromissos das Partes da Convenção, como disposto no seu Artigo 4, destacam-se:

*“Alínea a:* Elaborar, atualizar periodicamente, publicar e por à disposição da Conferência das Partes, em conformidade com o Artigo 12, inventários nacionais de emissões antrópicas por fontes e das remoções por sumidouros de todos os gases de efeito estufa não controlados pelo Protocolo de Montreal, empregando metodologias comparáveis a serem adotadas pela Conferência das Partes;

*Alínea b:* Formular, implementar, publicar e atualizar regularmente programas nacionais e, conforme o caso, regionais, que incluam medidas para mitigar a mudança do clima, enfrentando as emissões antrópicas por fontes e remoções por sumidouros de todos os gases de efeito estufa não controlados pelo Protocolo de Montreal, bem como medidas para permitir adaptação adequada à mudança do clima;

*Alínea c:* Promover e cooperar para o desenvolvimento, aplicação e difusão, inclusive transferência, de tecnologias, práticas e processos que controlem, reduzam ou previnam as emissões antrópicas de gases de efeito estufa não controlados pelo Protocolo de Montreal em todos os setores pertinentes, inclusive nos setores de energia, transportes, indústria, agricultura, silvicultura e tratamento de resíduos;

*Alínea d:* Promover a gestão sustentável, bem como promover e cooperar na conservação e fortalecimento, conforme o caso, de sumidouros e reservatórios de todos os gases de de efeito estufa não controlados pelo Protocolo de Montreal, incluindo a biomassa, as florestas e os oceanos como também outros ecossistemas terrestres, costeiros e marinhos.”

Além dessas obrigações, a Convenção inclui atribuições às Partes de colaborar com esforços de conscientização pública, transferência de conhecimento, em relação à mudança do clima, inclusive estimulando a participação de organizações não governamentais nesse processo. Os países devem assegurar o intercâmbio de informações científicas, tecnológicas, técnicas, socioeconômicas e jurídicas relativas ao sistema climático e à mudança do clima. Também são requeridos esforços para a adaptação dos países e suas atividades econômicas aos impactos da mudança do clima, bem como planos integrados para a gestão de zonas costeiras, recursos hídricos e agricultura, principalmente em áreas potencialmente mais afetáveis, sujeitas à inundações ou secas.

A Conferência das Partes, como órgão supremo da Convenção, tem a responsabilidade de facilitar, ori-

entar, acompanhar e avaliar a implementação da Convenção, examinando periodicamente as obrigações das Partes.

Durante a terceira Conferência das Partes (COP-3), em Quioto, Japão, foi celebrado o Protocolo de Quioto, que inclui metas e prazos para a redução ou limitação das emissões futuras de CO<sub>2</sub> e outros gases responsáveis pelo efeito estufa.

Este protocolo inclui 3 mecanismos de flexibilização a serem utilizados no cumprimento dos compromissos da Convenção: 1- implementação conjunta, 2- comércio de emissões, e 3 – mecanismo de desenvolvimento limpo (MDL). Este último mecanismo foi desenvolvido a partir de uma proposta da delegação brasileira que previa a constituição de um Fundo de Desenvolvimento Limpo. Esta idéia foi então transformada no MDL, um mecanismo que permite um país desenvolvido financiar projetos em países em desenvolvimento, a ser contabilizado como meta de redução das emissões.

O Protocolo de Quioto, contendo 28 artigos, foi aberto para assinatura em Março de 1998, e entrará em vigor 90 dias após ter sido ratificado por pelo menos 55 Partes da Convenção, incluindo países desenvolvidos somando pelo menos 55% do total das emissões de CO<sub>2</sub> geradas em 1990 (MCT, 2002).

### ***A implementação da UNFCCC no Brasil***

O Brasil tem se destacado por sua participação ativa e postura consistente nas Conferências das Partes, e também dentro do grupo a que pertence, o Grupo dos 77 e China.

Quanto às ações do país para a implementação da Convenção do Clima, sob a responsabilidade do Ministério da Ciência e Tecnologia, destacam-se as seguintes ações realizadas e em implementação:

#### **Elaboração da Comunicação Nacional**

Conforme requerido no Artigo 12 da Convenção, foi realizado o inventário nacional das emissões de gases de efeito estufa, bem como a descrição geral das providências tomadas ou previstas no país para implementar a Convenção. Cerca de 60 instituições participaram desta ação, coordenando e contribuindo com os inventários setoriais de emissões de gases de efeito estufa provenientes de atividades ligadas à energia, aos transportes, à agricultura, ao tratamento de resíduos urbanos, à indústria e outros setores (cumprimento do item A do Artigo 4 da Convenção). Entre os participantes incluem-se ministérios (MME, MMA, MT, MDICT, etc.), instituições federais (Petrobrás, Eletrobrás, Embrapa, INPE, entre outras), estaduais (Cetesb, Cemig, entre outras), associações de classe (SNIEC, IBS, ANFAVEA, ABAL, ABE-GÁS, ABIQUIM, Bracelpa, entre outras), empresas e

cooperativas privadas (Copersucar, White Martins, entre outras), organizações não-governamentais (Funcate, Fundação José Bonifácio, entre outras), universidades e centros de pesquisas (COPPE/UFRJ, USP, UFRS, UnB, entre outras) (MCT, 2002).

#### **Instalação do Programa Executivo Mudanças Climáticas**

Este programa foi criado em fevereiro de 1994, após a ratificação pelo Brasil da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima, com o objetivo de apoiar o desenvolvimento de estudos relativos à emissão de gases de efeito estufa, e assim subsidiar a definição da política de atuação em mudanças climáticas. O Programa vem sendo desenvolvido desde junho de 1996 com recursos do GEF - Global Environment Facility e por um acordo bilateral com os Estados Unidos, no âmbito do "U.S. Country Studies Program".

#### **Ações no Programa Avança Brasil (PPA)**

Oito ações foram estabelecidas pelo Programa, sob a coordenação do Ministério da Ciência e Tecnologia – MCT, promovendo o desenvolvimento de estudos em diversos setores:

- Ação 1 - Desenvolvimento de estudos sobre a vulnerabilidade e adaptação aos impactos das mudanças climáticas;
- Ação 2 - Desenvolvimento de modelos de prospecção para acompanhamento das mudanças climáticas;
- Ação 3 - Desenvolvimento de Plano Nacional de Mitigação de Mudanças Climáticas decorrentes do Efeito Estufa;
- Ação 4 - Elaboração do Inventário Nacional de Emissões Antrópicas de Gases de Efeito Estufa;
- Ação 5 - Fomento ao desenvolvimento de tecnologias, práticas e processos para reduzir as emissões de gases de efeito estufa;
- Ação 6 - Implantação de Sistema de Monitoração de Emissões de Gases de Efeito Estufa;
- Ação 7 - Manutenção do Sistema de Informações sobre o Efeito Estufa;
- Ação 8 - Operacionalização do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo.

#### **Abertura à participação de entidades governamentais e não governamentais em discussões sobre a Mudança do Clima no Brasil:**

Representantes de instituições governamentais, não governamentais, especialistas, técnicos, estudantes, têm sido encorajados a participar das discussões por ocasião das Conferências das Partes, acompanhando e debatendo as negociações a cargo da delegação brasileira.

#### **Difusão de informações sobre a Mudança do Clima**

O Ministério da Ciência e Tecnologia, e também a Secretaria do Meio Ambiente, do Governo do Estado de São Paulo, têm difundido publicações sobre a Convenção-Quadro de Mudança do Clima, Protocolo de Quioto e outros temas relacionados. O MCT criou um site sobre o tema (<http://www.mct.gov.br/clima>), contendo o histórico de envolvimento do país na Convenção, os documentos gerados nas Conferências, a posição do governo brasileiro, e ações em desenvolvimento e realizadas no país.

Vários projetos custeados pelo Programa Mudanças Climáticas geraram publicações técnico-científicas sobre o tema, em diversos setores (energia, agricultura, tratamento de resíduos, etc.), bem como uma série de eventos foram realizados sob seu patrocínio e em parceria com outras instituições.

#### **Criação do Fórum Brasileiro de Mudanças Climáticas**

A criação deste Fórum, pelo Decreto nº 3.515, de 20 de junho de 2000, teve por objetivo "conscientizar e mobilizar a sociedade para a discussão e tomada de posição sobre os problemas decorrentes da mudança do clima por gases de efeito estufa, bem como sobre o Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (CDM) definido no Artigo 12 do Protocolo de Quioto à Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima, ratificada pelo Congresso Nacional por meio do Decreto Legislativo nº 1, de 3 de fevereiro de 1994". A este Fórum cabe estimular a criação de Fóruns (*fora*) Estaduais de Mudanças Climáticas, de forma a abranger as diferentes regiões do país.

#### **Criação da Comissão Interministerial de Mudança Global do Clima**

Aliado ao papel do MCT no cumprimento dos compromissos brasileiros assumidos junto à Convenção sobre Mudança do Clima, o governo federal estabeleceu, recentemente, uma Comissão Interministerial de Mudança Global do Clima, com sede em Brasília. Esta comissão, criada em julho de 1999, tem por finalidade "articular as ações de governo decorrentes da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima e seus instrumentos subsidiários de que o Brasil seja parte", visando fornecer subsídios para políticas setoriais e posições do governo nas negociações da Convenção.

A Comissão é formada por representantes do Ministério das Relações Exteriores, da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, dos Transportes, das Minas e Energia, do Planejamento, Orçamento e Gestão, do Meio Ambiente, da Ciência e Tecnologia, do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior e da Casa Civil da Presidência da República. A Presidência desta

Comissão está a cargo do Ministro da Ciência e Tecnologia e a Vice-Presidência ao Ministro do Meio Ambiente.

### A Agricultura e a Mudança do Clima

Acredita-se que pequenas mudanças do clima (menos de 2°C) poderão afetar relativamente pouco a produção agrícola global, mas que com um maior aquecimento terrestre, ela será significativamente reduzida. Estima-se também que a produção agrícola e mudanças na produtividade variarão diferentemente em regiões do planeta, tal que em regiões tropicais e subtropicais, e principalmente na África e América Latina, prevê-se a redução na produção de algumas culturas, com conseqüente risco de maior escassez de alimento (Watson, 2000). E isso é preocupante em vista de uma maior demanda por alimentos por uma crescente população global.

Apesar da importância deste cenário, poucos estudos têm sido preparados para prever futuros impactos sobre a agricultura no Brasil e América do Sul, de forma a que se possa planejar ações estratégicas na mitigação dos efeitos e adaptação da agropecuária ao impacto da mudança do clima (Siqueira et al., 1994; Alves & Evenson, 1996).

Por outro lado, a agricultura também contribui com o efeito estufa, por meio da emissão de gases como metano, monóxido de carbono, dióxido de carbono, óxido nitroso e óxidos de nitrogênio. Vinte por cento do incremento anual da forçante radiativa global é atribuído ao setor agrícola considerando-se o efeito dos gases metano, óxido nitroso e gás carbônico (IPCC, 1996), excluída a fração correspondente às mudanças do uso da terra relacionadas à atividades agrícolas (15%). O cultivo de arroz irrigado por inundação, a pecuária doméstica e seus dejetos, assim como a queima de resíduos agrícolas promovem a liberação de metano (CH<sub>4</sub>) na atmosfera. Os solos agrícolas, pelo uso de fertilizantes nitrogenados, fixação biológica de nitrogênio, adição de dejetos animais, incorporação de resíduos culturais, entre outros fatores, são responsáveis por significantes emissões de óxido nitroso (N<sub>2</sub>O). A queima de resíduos agrícolas nos campos liberam, além do metano (CH<sub>4</sub>), óxido nitroso (N<sub>2</sub>O), óxidos de nitrogênio (NO<sub>x</sub>) e monóxido de carbono (CO).

A Embrapa, entre outras instituições participantes da primeira Comunicação Nacional, contribuiu em grande parte para a realização do inventário das emissões de gases provenientes do setor agropecuário (Embrapa 1998, 1999a, b, c), com a colaboração de mais de 60 instituições de pesquisa e outras entidades brasileiras. Os temas tratados pela Embrapa foram: metano proveniente de pecuária ruminante, dejetos animais e

arroz irrigado por inundação, CH<sub>4</sub>, CO, N<sub>2</sub>O e NO<sub>x</sub> a partir da queima de resíduos agrícolas e N<sub>2</sub>O gerado em solos agrícolas, pelo processo de desnitrificação. Nesta oportunidade, verificou-se uma enorme carência de estudos sobre a quantificação das emissões de gases, bem como sobre a dinâmica do carbono em sistemas agropastoris e florestais.

Em conclusão ao primeiro inventário das emissões de GEEs no setor agropecuário, a Embrapa Meio Ambiente e o Ministério da Ciência e Tecnologia organizaram, em junho de 1999, um Workshop sobre Mudanças Climáticas e a Agropecuária Brasileira, onde foram apresentados os mais recentes estudos sobre o tema no país (Mudanças Climáticas Globais e a Agropecuária Brasileira, 1999).

A Embrapa vem desenvolvendo, nos últimos anos, estudos sobre a dinâmica de carbono e fluxos de emissão de gases de efeito estufa gerados por sistemas de produção agropecuária brasileiros. Entre as Unidades envolvidas, destacam-se a Embrapa Amazônia Oriental, Embrapa Meio Ambiente, Embrapa Agrobiologia, Embrapa Cerrados, Embrapa Pecuária Sudeste, Embrapa Instrumentação Agropecuária, Embrapa Solos, Embrapa Amazônia Ocidental, Embrapa Acre, e outras Unidades. A maioria desses projetos envolve a participação de instituições parceiras nacionais e internacionais, reunindo esforços e competências necessárias para a obtenção de uma linha de base no setor agropecuário. Numa tentativa de otimizar e reunir os esforços conduzidos por esses grupos, a rede de pesquisas **Agrogases**, ora em estruturação, tem entre seus objetivos fornecer subsídios científicos aos negociadores brasileiros junto à Convenção do Clima, por meio de um maior conhecimento sobre a dinâmica de C em solos e vegetação e sobre os fluxos de gases de efeito estufa em diferentes sistemas de produção agropecuária, florestal e agroflorestal brasileiros.

### *Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre o Combate à Desertificação (UNCCD)*<sup>1</sup>

#### Contextualização

Os processos de desertificação – entendido como perda da capacidade produtiva das terras em regiões áridas, semi-áridas e sub-úmidas causada por vários fatores, entre essas as antrópicas e as variações climáticas – ameaçam a subsistência de mais de 900 milhões de pessoas no mundo. Segundo dados do Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA), esse

<sup>1</sup>Nesta seção são apresentados apenas os desdobramentos da Convenção das Nações Unidas de Combate à Desertificação e os compromissos assumidos pelo Brasil na qualidade de signatário dessa. O relato da desertificação no Brasil, encontra-se no Capítulo 9.

problema vem se agravando e afeta atualmente cerca de da superfície terrestre. No Brasil, os processos de desertificação ocorrem no Nordeste, atingindo o dia-dia de mais de 15 milhões de pessoas.

Apesar do primeiro Plano das Nações Unidas de Combate à Desertificação, ter sido apresentado ainda em 1977, na Conferência das Nações Unidas sobre Desertificação, foi somente após a Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento (Rio-92), que se decidiu elaborar e implementar um instrumento internacional juridicamente obrigatório para os países signatários.

E assim, conforme recomenda o capítulo 12 da Agenda 21 aprovada na Rio-92, um comitê intergovernamental elaborou, com a participação de mais de 100 países, o texto da Convenção das Nações Unidas de Combate à Desertificação (UNCCD), aprovada em outubro de 1994 em Paris, tendo entrado em vigor em 1996, 90 dias após a 50ª assinatura de adesão. O Brasil é signatário dessa Convenção desde 1994.

A UNCCD estabelece as bases para a cooperação internacional no tema combate à desertificação, compreendendo como seções; **Preambular**, de motivos, pressupostos e princípios que balizam a implementação da convenção e os compromissos dos países signatários (partes contratantes); **Introdução**, com as principais definições, objetivos e os princípios que nortearão a execução dos compromissos da Convenção; **Disposições Gerais**, contendo as obrigações gerais, as obrigações dos países-partes afetados e dos países-partes desenvolvidos; **Programa de Ação, Cooperação Científica e Técnica e Medidas de Apoio**, que discorre sobre a estratégia de abordagem, a necessidade de executar Programas de Ação Nacional, participativos e multidisciplinares, a importância da cooperação científica e técnica, as medidas de apoio tais como de educação ambiental, fortalecimento de instituições locais e regionais e o compromissos de aporte de recursos financeiros pelos países-partes desenvolvidos e dos fundos multilaterais; **Instituições**, que descreve os órgãos e mecanismos da Convenção criados para facilitar a implementação dos compromissos e fortalecer a cooperação internacional no tema; **Procedimentos**, de definição dos procedimentos na implementação da convenção; **Dispositivos finais**, que definem as questões processuais da Convenção e; **Anexos** de aplicação Regional.

Um dos momentos fundamentais para avaliação de progressos e coordenação multilateral da implementação da UNCCD, inclusive de questões de financiamento das ações, é a Conferência das Partes (COP), órgão supremo da Convenção. Nessas ocasiões são apresentadas também os relatórios nacionais de cada Parte. Ao todo, foram realizadas até o momento cinco Conferências das Partes; a COP 1 em Roma, Itália, outubro/1997, a COP 2 em Dakar, Senegal, de-

zembro/1998, a COP 3 em Recife, Brasil, novembro/1999, a COP 4 em Bonn, Alemanha, dezembro/2000 e a COP 5 em Genebra, Suíça, novembro/2001.

### A implementação da UNCCD no Brasil

Como desdobramento dos compromissos da Convenção das Nações Unidas de Combate à Desertificação (UNCCD) assumidos pelo Brasil, sob a liderança do Ministério do Meio Ambiente, dos Recursos Hídricos e da Amazônia Legal (MMA), várias ações foram implementadas no âmbito do projeto BIRD já existente, BRA 93/036, entre essas:

- a) a construção de um arcabouço jurídico, incluindo o Decreto Legislativo Federal 28/ 1997, que aprova o texto da UNCCD; a Resolução 238 do Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA, de dezembro de 1997, que definiu as diretrizes da Política Nacional de Controle da Desertificação; o Decreto 2741/1998 que promulga a UNCCD e a apresentação de um projeto de Lei Complementar que dispõe sobre a criação do “Fundo Nacional de Combate à Desertificação e dá outras providências”;
- b) o fortalecimento institucional – entendido como o aporte de recursos financeiros e de pessoal treinado no tema – do próprio Ministério do Meio Ambiente e de outras instituições federais, setoriais e regionais para das operacionalidade e coordenar as ações de combate a desertificação a partir da formulação (participativa) do Plano Nacional de Controle da Desertificação e do Programa Nacional de Combate à Desertificação; a busca de um atuação coordenada e participativa das instituições federais, regionais, estaduais e municipais no combate à desertificação, a criação da Rede de Informação e Documentação sobre Desertificação – REDESERT, e a criação do Grupo Consultivo do PNCD, composto por várias instituições da sociedade civil, como ONGs e entidades sindicais, com objetivos básicos de facilitar a operacionalidade do Programa;
- c) a realização de uma série de estudos básicos, em especial diagnósticos ambientais das áreas suscetíveis à desertificação e elaboração de manuais e propostas para monitoramento da desertificação e do desenvolvimento sustentável do Semi-Árido, com foco nas ações emergenciais;
- d) a edição de materiais para a educação ambiental e capacitação de equipes para atuar no tema, assinatura de convênios e acordos de cooperação técnica e financeira, além de eventos e outras iniciativas de extensão nas principais regiões-problemas.

Todavia, sem dúvida, é a partir da finalização do Plano Nacional de Combate à Desertificação, em elaboração pelo MMA, que os compromissos brasileiros perante a UNCCD ficarão mais claramente deline-

ados. Nesse sentido, o diagnóstico básico, inclusive com mapas de susceptibilidade à desertificação, já elaborado por aquele Ministério para a Secretaria da Convenção, indicam perdas da ordem de US\$ 300 milhões/ano devido aos processos de desertificação no Brasil. O diagnóstico indicou oito estados do Nordeste Brasileiro (AL, BA, CE, PB, PE, PI, RN e SE) com uma área total de 1.548.672km<sup>2</sup> com algum processo de degradação, sendo que 98.595km<sup>2</sup> localizados em 6 estados, encontram-se em condição muito grave. Alguns núcleos de desertificação, ou seja, áreas com evidentes sinais de degradação, foram identificados: Gilbués-PI, Irauçuba-CE, Seridó-RN e Cabrobó-PE.

Estima-se custos da ordem de US\$ 2 bilhões a serem gastos em 20 anos somente para a recuperação das áreas mais gravemente afetadas, prevendo-se para tanto, programas integrados de desenvolvimento sustentável visando renda e emprego, programas de reflorestamento e conservação do solo e água, programas mitigadores dos efeitos das secas e programas de assistência técnica, social e financeira das comunidades ali localizadas.

## Referências bibliográficas

- ALVES, D. C. O; EVENSON, R. E. . Global warming impacts on brazilian agriculture: estimates of the Ricardian Model. In: Conference on environmetrics in Brazil, 1996, São Paulo, SP. **Abstracts...** São Paulo: IME-USP, 1996. p. B30-B31.
- BRASIL. MCT/BNDES. **Efeito estufa e a convenção sobre mudança do clima**. Brasília. 1999. 38 p.
- COPV/UNCCD. **Vulnerabilidade da agricultura brasileira à mudança climática global e opções de mitigação das emissões de gases de efeito estufa provenientes de atividades agrícolas**: relatório técnico. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 1999d. 35 p. Disponível na URL: <http://www.unccd.int/cop/cop5/menu.php> Consultado em 08/02/2002
- Embrapa. **Inventário de Emissões de Gases de Efeito Estufa provenientes de atividades agrícolas no Brasil**: emissões de metano provenientes de arroz irrigado por inundação Jaguariúna. 1998. 1 v.
- Embrapa. **Inventário de emissões de gases de efeito estufa provenientes de atividades agrícolas no Brasil: emissões de gases de efeito estufa provenientes da queima de resíduos agrícolas**: relatório revisado. Jaguariúna, 1999a. 1 v.
- Embrapa. **Inventário de emissões de gases de efeito estufa provenientes de atividades agrícolas no Brasil**: emissões de metano provenientes da pecuária (relatório revisado). Jaguariúna, 1999b. 1 v.
- Embrapa. **Inventário de Emissões de Gases de Efeito Estufa provenientes de atividades agrícolas no Brasil**: emissões de óxido nitroso provenientes de solos agrícolas (relatório revisado). Jaguariúna, 1999c. 1 v.
- IPCC. **Climate Change 1995 impacts, adaptations and mitigation of climate change**: Scientific-Technical Analysis. Cambridge: University Press, 1996. 878 p.
- IPCC. **Climate Change 2001: synthesis report**. Third assessment report of the Intergovernmental Panel On Climate Change (IPCC). Cambridge University Press, 2001. 1 v.
- MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA/ COORDENADORIA DE PESQUISAS EM MUDANÇAS GLOBAIS. Disponível na URL: <http://www.mct.gov.br/clima>. Consultado em fevereiro de 2002.
- MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE/ SECRETARIA DE RECURSOS HÍDRICOS. COP – **Conferência das Partes**. Disponível na URL: <http://www.ana.gov.br/Criticos/Desertificacao/relatorio/index.htm> Consultado em 07/02/2002.
- MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE/ SECRETARIA DE RECURSOS HÍDRICOS. **Histórico – a implementação da convenção no Brasil**. Disponível na URL: <http://www.ana.gov.br/Criticos/Desertificacao/historico.htm> Consultado em 07/02/2002.
- MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE/ SECRETARIA DE RECURSOS HÍDRICOS. **Síntese da Comissão da ONU**. Disponível na URL: <http://www.mma.gov.br/port/redesert/sintese.html> Consultado em 07/02/2002
- MINISTRY OF ENVIRONMENT/ WATER RESOURCES SECRETARIAT. **Desertification National Report**. Brasília, DF, 2000. Disponível na URL: <http://www.unccd.int/cop/reports/lac/nationa/2000/brazil-eng.pdf> Consultado em 07/02/2002.
- MUDANÇAS CLIMÁTICAS GLOBAIS E A AGROPECUÁRIA BRASILEIRA. Memória do Workshop. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 1999. 69 p. (Embrapa Meio Ambiente. Documentos, 4).
- SÃO PAULO (Estado) . Secretaria de Estado do Meio Ambiente. **Entendendo o meio ambiente: convenção sobre mudança do clima**. São Paulo: SMA, 1997. 51p.
- SIQUEIRA, O J.F. DE; FARIAS, J.R.B; SANS, L.M.A. Potential effects of global climate change for brazilian agriculture: applied simulation studies for wheat, maize and soybeans. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 2, p. 115-129, 1994
- UNEP/IUC. **The Kyoto Protocol**. [s.l.],1999. 34 p.
- UNITED NATIONS CONVENTION TO COMBAT DESERTIFICATION. Disponível na URL: <http://www.unccd.int/convention/menu.php>. Consultado em 07/02/2002.
- WATSON, R. T. **Presentation at the sixth conference of parties to the united nations framework convention on climate change**. The Netherlands, november, 2000. 1 v.

# Uma Resposta Conservacionista – o Impacto do Sistema Plantio Direto

# 14

Capítulo

Luís Carlos Hernani  
Pedro Luiz de Freitas  
José Eloir Denardin  
Rainoldo Alberto Kochhann  
Isabella Clerici De-Maria  
John Nicolas Landers

## A Resposta da Sociedade aos Processos da Degradação das Terras

Diante do problema de degradação dos recursos ambientais, especialmente das terras agrícolas que vem contribuindo para a inadimplência de produtores rurais, êxodo rural, inchamento e favelização urbana, tem-se verificado no Brasil um princípio de reação da sociedade na busca de formas mais adequadas de conduzir o desenvolvimento e as atividades econômicas, gerando expectativas de alcance de uma agricultura competitiva e comprometida em prover equidade social, respeito ao ambiente e segurança alimentar. Neste contexto, alguns programas de manejo conservacionistas de solo e de água têm sido conduzidos com sucesso. Em geral, esses programas têm considerado fundamentos básicos (aumento da capacidade de infiltração de água no solo e da cobertura do solo e práticas comunitárias de controle à erosão) que têm permitido o desenvolvimento do Sistema Plantio Direto no âmbito de bacias hidrográficas, com grandes reflexos positivos na qualidade do solo, da água e da vida dos envolvidos.

Exemplo dessas iniciativas é o Projeto Microbacias, desenvolvido em parte com recursos do BIRD na Microbacia do Lajeado São José (Chapecó, SC, Brasil), no período de 1991 a 1998, que possibilitou expressivos avanços no sistema de conservação dos recursos solo, água e socioambientais. Os resultados demonstraram relevantes melhorias na qualidade da água, na redução da degradação do solo, na evolução da produtividade das culturas e, conseqüentemente, no aumento da renda das propriedades rurais. Bassi (1999), ao avaliar esse projeto, verificou que a cobertura do solo (aumento de 43% na área com adoção de culturas de cobertura) associada à mudança na forma de preparo do solo (aumento de 48% na área adoção de Sistema Plantio Dire-

to) garantiu maior infiltração de água da chuva; proporcionando redução de 69,5% na concentração de sedimentos em mananciais de superfície e de 16,6% nas perdas totais de sedimentos. Isso implicou em redução de 13g de sulfato de alumínio por m<sup>3</sup> de água para floculação dos sólidos em suspensão e, portanto, numa economia de 46% no custo mensal do tratamento de água. Além disso, verificou-se incremento médio de 24% em produtividade de culturas e aumento de 29% nos ingressos líquidos para o produtor rural.

Outro exemplo de manejo integrado do solo e da água tendo como unidade de trabalho a microbacia hidrográfica é o Programa Paraná Rural, desenvolvido a partir de 1987, mediante parceria entre Governo Estadual do Paraná, Governo Federal e Banco Mundial. Esse programa assumiu a erosão hídrica como o grande problema ambiental do setor agrícola e considerou como fundamental a organização dos produtores rurais para a busca de alternativas e soluções comuns. Segundo Bragagnolo et al., 1997, o Programa Paraná Rural atingiu pleno sucesso sendo que alguns dos resultados obtidos foram: aumento de 53% de propriedades com adoção de terraceamento, representando incremento de 60% na área conservada, queda de 70% nos sedimentos em suspensão nos mananciais de superfície, redução no custo de tratamento de água em 2,7 a 6,0 vezes que totalizou redução de US\$43.600,50 por ano e promoveu aumento de 59% na renda bruta da mão-de-obra familiar. Durante o desenvolvimento desse projeto, a área adotada de Sistema Plantio Direto cresceu 1.700.000ha/ano.

Muitos outros programas de gestão integrada e sustentável em bacias hidrográficas se encontram em pleno andamento em todo o país e poderiam ser citados. Enfatiza-se aqui o fato de que técnicas conjugadas e integradas de manejo de solo, embasadas no Sistema Plantio Direto, têm alcançado pleno êxito com gran-



des melhorias socioeconômicas e ambientais, especialmente, quando os diferentes setores da sociedade estão fortemente comprometidos com o processo de sua execução. Além disso, conforme salientam Freitas et al. (2001), para a reversão da atual degradação dos recursos naturais, é preciso tornar mais eficiente o processo de difusão de tecnologia, ampliar os programas de educação ambiental e os planos de manejo integrado em bacias hidrográficas.

### O Sistema Plantio Direto no Brasil

O Sistema Plantio Direto é uma forma de manejo de solo, água e culturas altamente conservacionista cujo processo de adoção é inédito na história da agricultura brasileira. Foi desenvolvido pela pesquisa pública, com a participação efetiva de produtores abnegados, os quais vêm liderando um profícuo processo de integração e desenvolvimento tecnológico envolvendo, além de órgãos de pesquisa, indústrias de insumos e máquinas, assistência técnica oficial e privada e outros serviços ligados à agricultura (Plataforma Plantio Direto, 2001; Landers et al., 2001a).

Introduzido no Brasil, visando principalmente o controle da erosão, o Sistema Plantio Direto vem sendo submetido a intenso processo de evolução agrônômica, sendo, hoje, reconhecido como exemplo para países tropicais e subtropicais de todo o mundo. A adoção do Sistema Plantio Direto significa o caminho mais adequado na busca da competitividade, da sustentabilidade e da equidade, com qualidade ambiental (Freitas, 2002).

### *A Evolução e a Expansão do Sistema Plantio Direto*

Os esforços de introdução do Sistema Plantio Direto no Brasil tiveram início a partir do final dos anos 60, por iniciativa de órgãos públicos de pesquisa e fomento localizados nos Cerrados de São Paulo, no Planalto Sul-Rio-Grandense e no noroeste do Paraná (Plataforma Plantio Direto, 2001; Freitas, 2002).

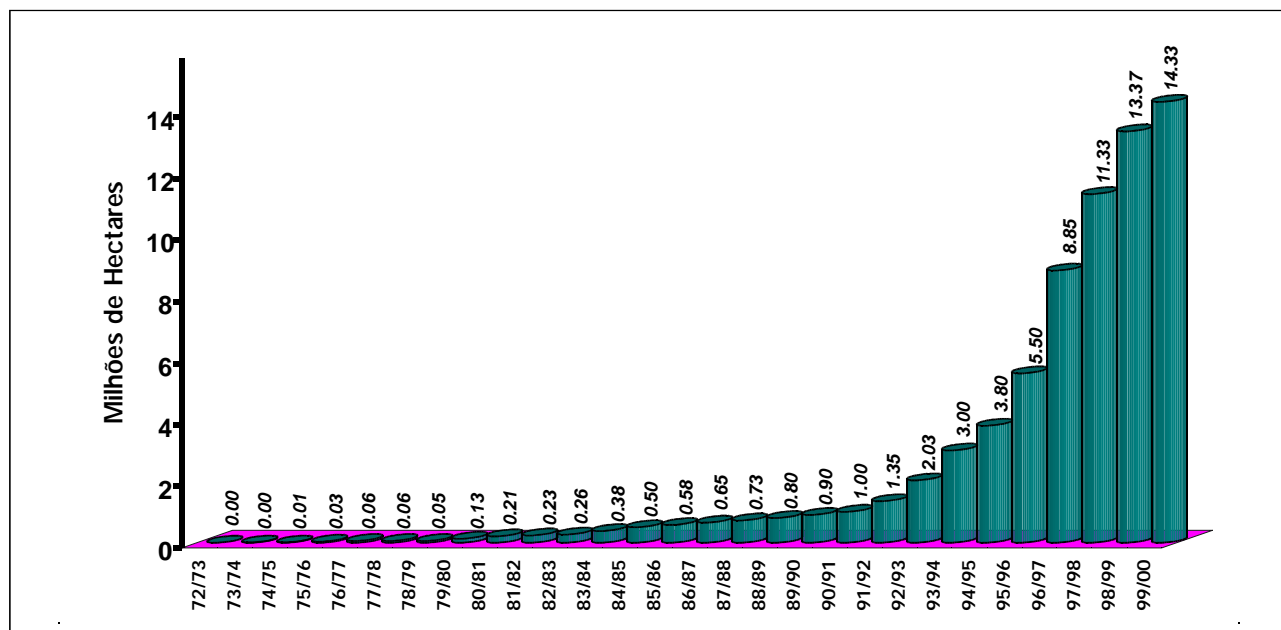
Apesar dos expressivos efeitos conservacionistas do Sistema Plantio Direto, dificuldades na condução geraram, ao longo dos anos 70, frustrações que levaram a freqüentes implementações e abandonos no processo de adoção. Nesse período, verificava-se:

- i) baixa eficiência dos herbicidas disponíveis (de contato e de ação total) e desconhecimento da tecnologia de aplicação desses e de outros insumos;
- ii) limitações das semeadoras (excessivo revolvimento do solo na linha de semeadura e inadequada distribuição de adubo e semente);
- iii) insuficiente cobertura morta (Kochhann & Denardin, 2000).

Na década de 80, foram desenvolvidos herbicidas sistêmicos e de pós-emergência específicos, e semeadoras mais eficientes, especialmente quanto aos sistemas de corte de palha e de abertura de sulco para colocação da semente e do adubo no solo. Amplia-se também, nesse período, o consenso da necessidade de diversificação de espécies para cobertura do solo e mesmo para produção comercial, via rotação de culturas.

Em decorrência, um consistente crescimento da adoção desse sistema foi observado no Brasil. Entre 1974 e 1992, a área cultivada em Sistema Plantio Direto cresceu 132 vezes, passando de 0,01 para 1,32 milhões de hectares (Figura 1). A expansão dessa adoção foi ainda mais intensa na década de 90, sendo que em 2000 este sistema já ocupava cerca de 14 milhões de hectares. Essa evolução representou incremento de aproximadamente 11 milhões de hectares em nove anos. Exceção feita ao Rio Grande do Sul, todos os demais Estados relacionados na Tabela 1, apresentaram, no período 1996-2000, crescimento contínuo na adoção do Sistema Plantio Direto. Na região tropical, onde predomina a vegetação de cerrado brasileiro, verificou-se surpreendente incremento de mais de 1,2 milhões de hectares, em três anos. Nesta região, segundo estimativas da Associação de Plantio Direto no Cerrado, citada por Freitas (2002), a área total de adoção chegou a mais de 5 milhões de hectares no ano agrícola 2001/2002.

No Rio Grande do Sul, essa expressiva adoção do Sistema Plantio Direto ocorreu em período anterior, de 1992 a 1998, com taxa de adoção da ordem de 561.464ha/ano, atingindo, em 1998, 3,817 milhões de hectares de lavoura sob este sistema, o que representou 64% da área cultivada com culturas anuais desse Estado (Figura 2). No período de 1998 a 2000, área manejada sob Sistema Plantio Direto decresceu linearmente a taxa anual de 112.000 hectares. Uma das justificativas apontadas para essa reação negativa reside na percepção do produtor rural de que a queda de produtividade de soja e a estabilidade da produtividade de milho, observadas nas safras de 1994 a 1998, estejam relacionadas à compactação do solo, decorrente do uso ininterrupto desse sistema. Entretanto, dados experimentais relativos a ensaios de longa duração, comparando preparo convencional, preparo reduzido e Sistema Plantio Direto, conduzidos pela Embrapa Trigo, em Passo Fundo (RS), demonstram que as causas de variação de produtividade entre safras não estão associadas ao tipo de manejo de solo. Assim, o abandono ou a interrupção temporária do Sistema Plantio Direto não encontra suporte em dados de pesquisa para ser praticado. A queda de área cultivada sob esse Sistema, nesse período, deve ser creditada à desaceleração das ações de transferência de tecnologia que até então vinham sendo realizadas de forma intensiva e sistemática nesse Estado.



**Figura 1.** Evolução da área cultivada em Sistema Plantio Direto no Brasil (1972-2000), segundo a Federação Brasileira de Plantio Direto na Palha (FBPDP).

A aceitação do Sistema Plantio Direto deve-se, principalmente, aos seus efeitos sobre o controle da erosão hídrica. Mas deve-se também a outras importantes vantagens, como os impactos positivos promovidos na qualidade do solo, da água e na estabilidade econômica-financeira das unidades rurais. A tendência da taxa de adoção do Sistema Plantio Direto nos próximos anos é de crescimento, mas a magnitude desse incremento dependerá em grande medida das políticas públicas de incentivo e de organização dos atores envolvidos, com ênfase às ações cooperativas de pesquisa e de difusão de tecnologia, onde se destaca o papel dos setores envolvidos com a assistência técnica e a extensão rural.

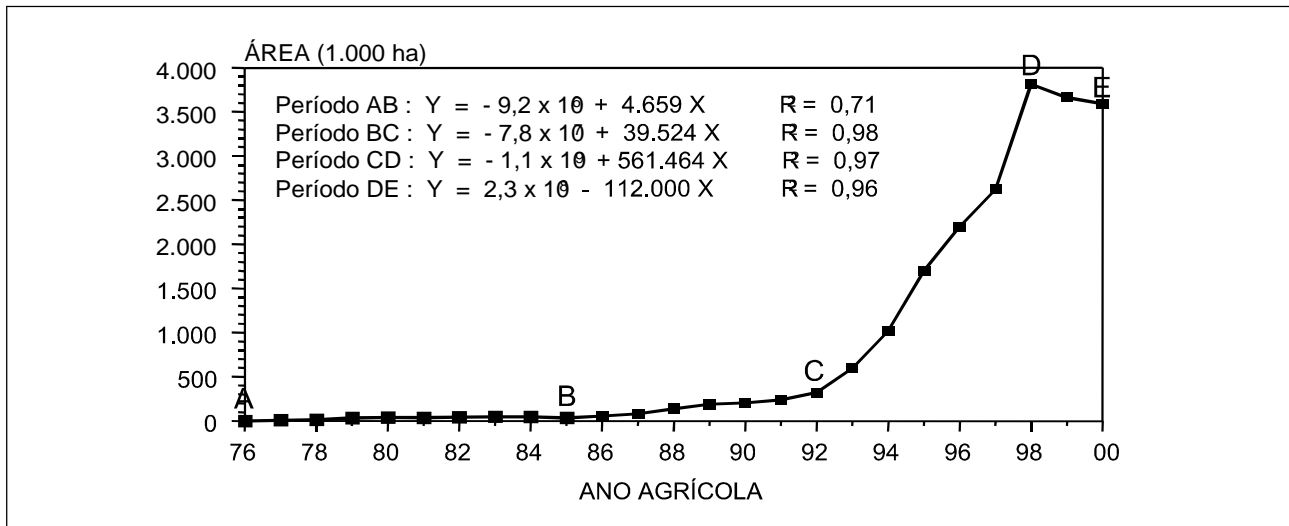
### ***O conceito do Sistema Plantio Direto***

De simples alternativa de preparo de solo, como era considerado na década de 70, o Sistema Plantio Direto passou a ser entendido, na década de 90, como um complexo ordenado de ações inter-relacionadas e dependentes entre si, que visam a sustentabilidade socio-econômica e ambiental do agronegócio (Kochhann & Denardin, 2000).

Surge então o conceito do Sistema Plantio Direto (SPD) que envolve diversificação de espécies por meio de rotação de culturas, mobilização do solo exclusivamente na cova ou na linha de semeadura e permanente cobertura do solo. A palavra sistema se refere não apenas ao complexo de técnicas interrelacionadas e necessárias ao seu desenvolvimento, mas também ao fato de que a produtividade é resultante do trinômio solo (armazenamento e difusão de nutrientes, de água, de ar e de calor e ambiente biológico), planta (composição genética) e atmosfera (luz, calor, água, ar) e, não de qualquer desses fatores individualmente. Além disso, o SPD amplia o horizonte da unidade de produção rural inserindo-a, definitivamente, na socioeconomia regional e no agronegócio como um todo, ou seja, engloba não apenas os macroprocessos associados à unidade de produção, mas também os dispostos antes e após a porteira. No SPD, visa-se a diversificação das atividades, a geração de produtos novos ou alternativos que devem ser absorvidos no mercado regional (o qual muitas vezes precisa ser implementado e, portanto, envolver outros setores e atores econômicos da comunidade), o desenvolvimento de atividades integra-

**Tabela 1.** Evolução da área cultivada em Sistema Plantio Direto no Brasil, em mil hectares, em alguns Estados e região do Cerrado (1996-2000), segundo Federação Brasileira de Plantio Direto na Palha (FBPDP).

ANO	Estados						Bioma Cerrado	Total
	RS	PR	MS	SC	SP	Outros		
1996/97	2.331	3.441	375	250	-	250	2.200	8.847
1997/98	3.817	3.861	525	302	45	300	2.475	11.325
1998/99	3.665	4.384	853	623	348	200	3.300	13.373
1999/00	3.593	4.515	887	863	601	200	3.465	14.334



**Figura 2.** Evolução da área cultivada em Sistema Plantio Direto no Rio Grande do Sul, no período de 1976 a 2000 (Emater/RS – adaptado).

das, como agropastoris (lavoura-pecuária), agrosilvipastoris etc., o que gera alternativas de lucro e uma nova dinâmica do agronegócio local e regional.

Além disso, o SPD deve ser entendido como novo paradigma agrícola, pois exige mudança completa na forma de conduzir os diferentes sistemas integrados de produção e no enfoque da agropecuária, conforme salientam Hernani & Salton (1998).

Um dos elementos mais importantes neste conceito é que o SPD é baseado na “cobertura permanente do solo”. Esta cobertura deve ser enfatizada sob dois aspectos:

- i) cobertura vegetal viva, caracterizada pelo cultivo em diferentes épocas do ano (se possível durante o ano todo) de culturas (comerciais, sempre que possível) que visem promover não apenas um rápido desenvolvimento de dossel dissipador de energia erosiva, mas também a exploração de maior volume de solo, mediante plantas de sistema radicular abundante e agressivo, que ativem mecanismos de alteração estrutural do solo, e;
- ii) cobertura morta ou resíduo vegetal de culturas resultante de organizada junção de espécies vegetais comerciais e/ou, apenas na impossibilidade destas, de outras espécies que além das características acima descritas relativas ao sistema radicular possam formar e manter, por mais tempo possível, adequada quantidade e qualidade de palha sobre a superfície do solo. Para que isso ocorra é preciso considerar dois outros aspectos não menos importantes: i) após a adoção do SPD, respeitando os seus princípios básicos, deve ser evitado qualquer prática de preparo do solo, sob pena de acelerar a decomposição da cobertura vegetal e destruir o novo ambiente estrutural do solo (correções, cuja neces-

sidade for comprovada, deverão ser realizadas sem quebrar a continuidade do processo de desenvolvimento desse ambiente); e ii) ter plena consciência de que o SPD não é simplesmente cultivar as mesmas espécies comerciais em sucessão à outras espécies que visam apenas produzir palha, ou seja, é preciso planejar a nova agricultura baseada na rotação de culturas e visualizar não apenas os efeitos econômicos das atividades integradas, mas, sobretudo, a melhoria contínua da qualidade da propriedade rural (solo e água) e do ambiente como um todo.

### **Os cuidados na implantação**

O sucesso dessa forma de agricultura conservacionista depende, entretanto, de uma série de requisitos que devem ser previstos antes de sua implantação, sendo que os mais importantes serão sucintamente abordados. Além disso, durante a manutenção do sistema, são importantes atitudes radicalmente diferentes das adotadas no sistema tradicional, pois o que se procura é a construção de um sistema solo-planta de elevada qualidade biológica, que requer mínima perturbação.

Na fase inicial de implantação recomenda-se promover os seguintes passos: diagnóstico, divisão da propriedade em glebas, correções das limitações das glebas, adequação de máquinas, treinamento e atualização da mão-de-obra envolvida e planejamento e implantação das culturas para cobertura de solo e ou adubação verde e rotação.

O diagnóstico é entendido como o levantamento prévio e análise da situação da propriedade rural e das condições do agronegócio regional. Na propriedade rural, recomenda-se analisar principalmente o estado do solo (físico, químico e biológico), da cobertura

vegetal (plantas daninhas, floresta de preservação permanente, mata ciliar, quebra-ventos etc.), das técnicas de conservação de solo utilizadas, da infra-estrutura viária, e das máquinas e implementos. No âmbito regional, sugere-se avaliar as possibilidades de transformação e ou de colocação no mercado de produtos alternativos ou tradicionais (p.ex.: aveia, centeio, cevada, sorgo, girassol etc.), bem como predisposição à interação cooperativa entre os diferentes atores do processo de desenvolvimento do SPD.

Após o diagnóstico, deve-se estabelecer a divisão da propriedade em glebas de forma a facilitar o processo de implantação do SPD. As glebas que apresentarem condições ideais deverão ser escolhidas para o desenvolvimento imediato do SPD. O número das glebas selecionadas deve ser função do esquema de rotação de culturas a ser adotado e o tamanho dessas glebas é variável e depende do tipo das atividades, da localização da propriedade rural, da capacidade de investimento do produtor rural etc. As demais glebas não selecionadas passarão a ser incorporadas ao sistema, de forma gradativa, após a devida adequação.

A sistematização da área se constitui no processo de eliminação de sulcos, trilheiros e depressões na superfície do terreno que geram concentração de enxurrada, aumento de erosão, limitação ao livre trânsito de máquinas, manchas de fertilidade e proliferação de plantas daninhas. Nesse âmbito, também é igualmente importante a readequação ou a implantação de práticas conservacionistas mecânicas e do sistema viário.

O manejo da fertilidade é procedido, após a sistematização da área e divisão da propriedade em áreas homogêneas, mediante readequação das condições física, química e biológica do solo de cada gleba. Essa etapa é importante na medida em que a mobilização intensiva do solo com implementos de discos, o cultivo de monocultura e a ausência anterior de práticas conservacionistas, especialmente as vegetativas, induzem à formação de camadas compactadas e perdas de matéria orgânica e de nutrientes de plantas por erosão hídrica e eólica. Tais aspectos devem ser adequadamente corrigidos antes da implantação do SPD, porque posteriormente as correções químicas, quando eventualmente necessárias, serão realizadas com aplicações sobre a superfície do terreno, não se considerando, exceto no caso de elementos mais móveis como o enxofre, potássio e magnésio, correções de horizontes subsuperficiais do solo.

No processo de implantação do SPD, um dos fatores mais importantes é a avaliação e a adequação da estrutura de máquinas e implementos da propriedade. Adaptações em semeadoras são em muitos casos suficientes para a fase de implantação do SPD, mas recomenda-se que semeadoras e pulverizadores sejam devidamente revisados, haja vista que falhas de aplica-

ção ficam claramente visíveis e detectáveis, podendo comprometer o processo de controle das plantas daninhas e influenciar negativamente a produtividade.

Dois aspectos são ainda fundamentais para a adequada implantação do SPD: a existência na região de assistência técnica pró-ativa, capacitada ou, no mínimo, predisposta para essa nova filosofia de trabalho e a atualização do usuário, mediante treinamentos, especialmente dos operadores de máquinas, quanto à calibração e cuidados com a semeadora e com a tecnologia de aplicação de herbicidas.

O SPD caracteriza-se pelo desenvolvimento de sistemas de produção voltados não apenas para a melhoria dos indicadores de sustentabilidade ambientais, mas também para os aspectos socioeconômicos. Os efeitos conservacionistas são, em grande medida, resultantes da ação da perfeita proteção do solo promovida por adequada cobertura morta do solo e pela ação de diferentes sistemas radiculares. Estes, em pleno desenvolvimento, associados a um maior conteúdo de matéria orgânica reativada, influenciam a atividade microbiana, a dinâmica de nutrientes e de água e a agregação do solo. Diferentes sucessões de culturas auxiliam a quebra de ciclo de pragas e de doenças e, culturas específicas podem promover efeitos benéficos (condições de disponibilidade de nutrientes, de dinâmica de água e de ar) às espécies comerciais subsequentes, induzindo maior produtividade e menor custo de produção. Desta forma, a rotação de culturas, em face de seus efeitos conservacionistas e econômicos, é um requisito essencial à viabilização do SPD. No planejamento do sistema de rotação de culturas, recomenda-se adotar, na fase inicial, espécies de elevada relação C/N, visando formação de grande quantidade de palha de lenta decomposição. Para manter os resíduos o maior tempo possível sobre o solo, sugere-se evitar triturá-los em excesso. Além disso, eles devem ser homogeneamente distribuídos, pois, no mínimo, 80% da superfície do terreno deve permanecer coberta.

Ressalta-se todavia que, conforme se observou em Mato Grosso do Sul, apenas cerca de 13% das propriedades rurais que adotam o plantio direto desenvolvem o SPD conforme o preconizado (Melo Filho et al., 2001). Embora se adote, em geral, a semeadura sem preparo do solo, é muito comum o uso da monocultura da soja no verão e o cultivo, na sequência, de cultura formadora de palhada como o milho tardio ou de segunda safra (safrinha), o sorgo e o milheto entre outras. Essa situação tem gerado problemas semelhantes aos observados no sistema convencional de manejo de solo, quais sejam: adensamento de camadas superficiais do solo; insuficiente cobertura do solo; incidência de pragas e/ou de doenças, algumas relacionadas ao solo e outras devido ao uso continuado, ao longo do tempo, de uma mesma espécie vegetal, seja

comercial, seja para cobertura morta etc. Apesar dessa não conformidade em relação ao sistema proposto, dificuldades características à mudança de um paradigma, vários dos efeitos como o controle à erosão, a manutenção da umidade e a melhoria da fertilidade do solo são observados e se refletem sobre o rendimento e a sustentabilidade da atividade agrícola.

### **Valoração dos benefícios do uso do Sistema Plantio Direto no Brasil**

Os benefícios do Sistema Plantio Direto podem ser observados tanto no âmbito da propriedade rural (diretos) como também fora dela. Os efeitos diretos do Sistema Plantio Direto estão relacionados à redução drástica das perdas por erosão hídrica e/ou eólica, ao incremento da produtividade, à diminuição dos custos de produção, à estabilidade de produção, à melhoria da qualidade do solo e da água, entre outros fatores. Fora da propriedade, os impactos do Sistema Plantio Direto se fazem sentir sobre os aspectos ambientais, como na qualidade da água, na preservação de estradas, na diminuição de inundações e/ou assoreamentos de mananciais de superfície, na estabilidade econômica regional, entre outros.

#### ***Benefícios Internos à Propriedade Rural***

##### **Redução das perdas por erosão**

A maior parte dos dados comparativos entre o Sistema Plantio Direto e outros sistemas de preparo de solo, quanto aos efeitos em perdas de solo e de água por erosão hídrica são obtidos em parcelas experimentais. Segundo De Maria (1999), que promoveu um levantamento de trabalhos publicados na Revista Brasileira de Ciência do Solo, entre 1977 e 1997, a redução nas perdas de solo do Sistema Plantio Direto comparada ao preparo convencional é cerca de 75% e a de água é de 20%. Os valores obtidos pelos diferentes autores variam em função do solo, das culturas, do relevo, do clima e do tempo de avaliação.

Abstraindo-se dos valores organizados por De Maria (1999) àqueles mais discrepantes, tem-se que a média das perdas de solo para o preparo convencional é de, aproximadamente, 14,9t/ha/ano enquanto que para o Sistema Plantio Direto é cerca de 2,5t/ha/ano. Ressalta-se que as perdas médias de solo em parcelas experimentais submetidas ao preparo convencional são praticamente a mesma sugerida por Bragagnolo & Pan (2000) para a média brasileira em áreas de lavouras, 15,0t/ha/ano (*ver capítulo 5*). Portanto, admitindo-se que as perdas médias de solo por erosão para o preparo convencional sejam de 15,0t/ha/ano, verifica-se que o emprego do Sistema Plantio Direto promove, em

termos comparativos, redução potencial média geral de 12,5t/ha/ano nas perdas de solo. Tomando-se por base o trabalho de De Maria (1999), tem-se que, após abstração semelhante à anterior, no Sistema Plantio Direto perde-se, em média, cerca de 1.940mm de água/ano em forma de enxurrada, enquanto que no preparo convencional cerca de 2.519mm/ano, havendo portanto uma diferença de 579mm/ano favorável ao Sistema Plantio Direto. Extrapolando-se os valores para a área de adoção do Sistema Plantio Direto no país, que é da ordem de 14,3 milhões de hectares, verifica-se que esse sistema proporciona condições para que, anualmente, 178,8 milhões de toneladas de solo deixem de ser erodidos e 8,3 bilhões de m<sup>3</sup> de água sejam mantidas no solo, minimizando graves prejuízos relativos à erosão de estradas, à destruição de pontes, ao assoreamento/inundação/poluição de mananciais, ao atendimento a populações ribeirinhas, ao potencial de produção de energia elétrica etc.

##### **Redução das perdas por erosão de nutrientes e de matéria orgânica**

Para estimar as perdas globais de nutrientes, como cálcio, magnésio, fósforo e potássio, e de matéria orgânica, perdas médias para o preparo de solo (gradagens pesada + niveladora), obtidas em Latossolo Vermelho distroférico, 3% de declividade (Hernani et al., 1999), foram extrapoladas, por regra de três simples, para 15t/ha/ano (Bragagnolo & Pan, 2000). Da mesma forma, perdas médias obtidas para Sistema Plantio Direto (Hernani et al., 1999) foram relacionadas à perda média geral de 2,5t/ha/ano. Extrapolação semelhante foi realizada para as perdas de água para ambos os sistemas. Para as perdas totais de nitrogênio e de enxofre, assumiu-se que, no Sistema Plantio Direto, as perdas são cerca de cinco vezes menores que as sugeridas por Malavolta (1992) para preparo convencional. Os valores médios obtidos foram extrapolados para a área total cultivada sob Sistema Plantio Direto no país, ou seja, 14,3 milhões de hectares. Neste sentido, o Sistema Plantio Direto proporcionou redução nas perdas totais, em mil t/ano, de 206,9 em cálcio, 8,2 em magnésio, 13,2 em fósforo, 124 em potássio, 197,4 em nitrogênio; 19,7 em enxofre e 5085,6 em matéria orgânica.

##### **Redução no uso de corretivos e fertilizantes**

Considerando os dados anteriores pode-se estimar que com o Sistema Plantio Direto deixam de ser perdidos por erosão, por ano, o correspondente a cerca de 1,26 milhões de toneladas de calcário dolomítico, cujo valor é cerca de R\$46,6 milhões, cerca de 81,4 mil toneladas de superfosfato triplo custando R\$44,8 milhões, cerca de 275,6 mil toneladas de cloreto de potássio, num total de R\$141,7 milhões, cerca de 408 mil tone-

ladas de uréia, perfazendo R\$212,2 milhões, a cerca de 89,4 mil toneladas de sulfato de amônia, a R\$35,4 milhões e a cerca de 5,6 milhões de toneladas de adubo orgânico (cama de frango), ao valor de R\$169,5 milhões (Tabela 2). Esses insumos são mantidos no solo representando uma economia de cerca de R\$650 milhões por ano.

**Tabela 2.** Redução de fertilizantes e corretivos devido a menores perdas por erosão nos 14,3 milhões de hectares cultivados sob Sistema Plantio Direto no Brasil

Adbos e Corretivos	t	Mil R\$
Calcário dolomítico	1.258.420	46.562
Superfosfato triplo	81.444	44.794
Cloreto de potássio	257.579	141.668
Uréia	408.105	212.215
Sulfato de amônia	89.440	35.418
Adubo Orgânico (Cama de frango)	5.650.681	169.520
Total	—	650.178

Além disso, considerando que com o Sistema Plantio Direto observa-se uma redução de 50% no requerimento de calcário a ser aplicado em manutenção (Landers et al., 2001b), ao custo de R\$20/t (posto na propriedade), para a dose de calagem de manutenção de 0,6t/ha/ano e custo de aplicação (trator de 80 HP x em média 0,2 horas/ha a R\$21/hora), a economia gerada é de  $0,5 \times [0,2 \times 21 + (0,6 \times 20)] = R\$8,1/\text{ha}/\text{ano}$  (US\$ 3,24/ha/ano). Extrapolando-se para área de 14,3 milhões de hectares, tem-se uma economia de R\$115,8 milhões.

Por outro lado, comparadas ao preparo convencional, as doses de P O no Sistema Plantio Direto podem ser, de maneira geral, até 33% menores (Landers et al., 2001b). Considerando uma aplicação média de 50kg/ha de P O, a economia comparativa é de R\$14,7/ha/ano. Extrapolando-se para a área adotada com o Sistema Plantio Direto no Brasil, tem-se uma redução de R\$210,2 milhões.

Agregando-se todos as estimativas para fertilizantes, corretivos e adubação orgânica tem-se uma economia de R\$976,2 milhões por ano, ou seja, considerando a relação dólar/real do início de 2002, aproximadamente de R\$2,50 por US1,00, a economia estimada é de US\$390,5 milhões.

#### Menor utilização de defensivos

Considera-se que o uso de Sistema Plantio Direto tendem a reduzir em 50% a quantidade de herbicidas e de inseticidas, resultando em economia de R\$20,0/ha/ano (Landers et al., 2001b). O cenário é bastante alterado quando se considera a adoção do manejo integrado de pragas (insetos, doenças e plantas daninhas), incluindo a adoção do controle biológico e de balanço nutricional. O impacto direto, nesse caso, é de R\$10,0/ha/

ano, calculado sobre o preço dos agroquímicos utilizados e o da aplicação. Considerando a área total adotada com Sistema Plantio Direto no Brasil, estima-se uma economia de R\$143 milhões por ano (US\$57,2 milhões). O impacto do menor uso, que vai além do custo e da aplicação desses insumos, no entanto, não é valorado, mas deve ser considerado.

#### Aumento de produtividade

Levando-se em conta resultados de pesquisa de vários autores (Hernani et al., 1997; Ruedell, 1995; Muzilli et al., 1994; Calegari et al., 1992), verifica-se que embora haja variações devido aos diferentes sistemas de produção utilizados nos diferentes trabalhos de pesquisa, pode-se estimar que a produtividade sob Sistema Plantio Direto em relação ao sistema de preparo convencional é, em média, 17% superior, tanto para soja como para milho e trigo. Com isso, para os valores de insumos e produtos de 2001, na região de Dourados (MS) e, considerando as áreas cultivadas em Sistema Plantio Direto de 10 milhões de hectares para soja, 4 milhões para milho e 1,5 milhão para trigo em todo o país, tem-se um incremento correspondente à R\$1.496 milhões, R\$490,7 milhões e R\$125 mil, respectivamente, que perfazem um total de cerca de R\$1,99 bilhões por ano (US\$795 milhões).

Ressalta-se também que em projetos de manejo integrado em microbacias hidrográficas do Rio Grande do Sul, Santa Catarina e Paraná, onde o Sistema Plantio Direto é uma das principais práticas adotadas, tem-se verificado, como no caso de Santa Catarina, ganhos acima de 24% de produtividade e ingressos líquidos ao produtor acima de 29% (Bassi, 1999).

#### Menores custos de produção

Estimativas de custos para o ano de 2000 indicaram percentuais menores em 6,9, 10,0 e 5,0%, respectivamente para cultivo de soja, milho e trigo, no Sistema Plantio Direto comparado ao preparo convencional de solo (Melo Filho & Mendes, 2000 a, b, c). Em valores praticados na região de Dourados (MS), extrapolados para toda a área com adoção de Sistema Plantio Direto (10 milhões de hectares com soja, 4 milhões de hectares com milho e 1,5 milhões de hectares com trigo), tem-se um incremento no lucro da ordem de R\$370 milhões em soja, R\$288 milhões em milho e R\$30 milhões em trigo, totalizando um adicional de R\$688 milhões (US\$275,2 milhões).

#### Economia de energia elétrica na irrigação por aspersão nas propriedades

Nas áreas irrigadas, devido à cobertura do solo pela palha, o Sistema Plantio Direto proporciona redução

na evaporação e na demanda de água (Marson Filho, 1998). Essa economia é de 40% em lâmina de água aplicada com cobertura total (no cultivo de feijão de porte ereto), por pivô (Stone & Moreira, 1998) e de 23% no uso consultivo d'água, refletindo-se em redução do custo de eletricidade de 38,4 a 47,3%. Tomando por base uma lâmina mínima anual de 800mm para suprimento de todas as culturas ao longo do ano, a um custo médio de energia para bombeamento de R\$0,03/m<sup>3</sup> e considerando que a área irrigada em Sistema Plantio Direto é cerca de 550 mil hectares (50% do total) e que a economia em volume de água é cerca de 40%, totalizando uma redução de 1,76 bilhões de m<sup>3</sup>, ao custo de bombeamento de R\$0,03/m<sup>3</sup>, tem-se que a economia proporcionada pelo sistema é estimada em *R\$52,8 milhões* (US\$21,1 milhões).

Agregando-se os valores obtidos para os impactos benéficos do Sistema Plantio Direto dentro da propriedade, obtém-se um total de cerca de *R\$3,8 bilhões* ou *US\$1,5 bilhões por ano* (Tabela 3).

**Tabela 3.** Resumo dos benefícios internos à propriedade rural para os 14,3 milhões de hectares em Sistema Plantio Direto.

Benefícios	Milhões de R\$	Milhões de US\$*
Menor uso de corretivos e fertilizantes	976,2	390,5
Menor uso de defensivos	143,0	57,2
Aumento de produtividade	1987,8	795,1
Menor custo de produção	688,0	275,2
Economia de energia com irrigação	52,8	21,1
Total	3847,8	1539,1

\*(US\$1,0 = R\$2,5)

### Benefícios externos à propriedade rural

O Sistema Plantio Direto gera benefícios econômicos indiretos, ou seja, além dos limites da propriedade rural, como redução de gastos públicos com tratamento de água, recuperação de estradas vicinais, atendimento de população vitimada por enchentes etc., portanto, a partir do campo refletem-se em toda a sociedade.

#### Manutenção de estradas rurais

A manutenção de estradas municipais de terra no Estado do Paraná apresentou custos 50% menores com a adoção de medidas de conservação de solo no projeto Paraná Rural, onde a prática mais impactante foi a adoção do Sistema Plantio Direto (Bragagnolo et al., 1997). Carroll (1997) estima uma economia de R\$425,00/ano/km devido à adoção de sistemas conservacionistas. Em 2000, segundo DNER, citado por Landers et al. (2001b), o país tinha 1.265.907km de estradas não pavimentadas, cuja manutenção era de

R\$538 milhões por ano. Considerando que dessas estradas apenas cerca de 22% estejam em áreas de lavouras e, admitindo-se que desse total cerca de 60% estão relacionadas à área total de adoção do Sistema Plantio Direto (aproximadamente 167 mil km), os custos totais de manutenção seriam diminuídos de cerca de *R\$71 milhões por ano* (Tabela 4).

#### Redução no custo do tratamento de água

O índice de turbidez médio anual dos 16 mananciais utilizados para abastecimento urbano, monitorados no Programa Paraná-Rural, foi reduzido em 49,3%, em consequência da drástica diminuição das perdas por erosão obtidas com as práticas conservacionistas implantadas (Bragagnolo et al., 1997). Citam-se reduções no custo do tratamento de água de 46%

(Bassi, 1999) e de US\$0,577 por dez mil m<sup>3</sup> (Carroll, 1997). A adoção de Sistema Plantio Direto, tratamento de dejetos animais e reflorestamento em projeto de gestão integrada de microbacias em Santa Catarina resultaram, em sete anos, na redução da ocorrência de até 68% das bactérias coliformes fecais na água a ser tratada e para cada t/ha/ano a menos de solo erodido que atingiu os mananciais, com redução de sulfato de alumínio em 13g/m<sup>3</sup> de água (Bassi, 1999). Estimando-se a população relativa à área de adoção do Sistema Plantio Direto de cerca de 43 milhões (aproximadamente 42% do total de habitantes que recebem água de origem superficial tratada), consumindo 40 l/dia/habitante, receberia cerca de 1,72 bilhões de m<sup>3</sup>/dia, com 627,8 bilhões de m<sup>3</sup>/ano de água tratada, assumindo os valores citados por Carroll (1997), tem-se uma economia anual de cerca de *R\$90,6 milhões* ou *US\$36,2 milhões* mais barato (Tabela 4).

**Tabela 4.** Benefícios externos à propriedade rural devidos à adoção de Sistema Plantio Direto no Brasil

Benefícios	Milhões de R\$	Milhões de US\$*
Manutenção de estradas	71,0	28,4
Tratamento de água	90,6	36,2
Reposição de reservatórios	35,7	14,3
Dragagem de rios/portos	123,8	49,5
Total	321,1	128,4

\*(US\$1,0 = R\$2,5)

#### Impactos sobre a vida útil de reservatórios

Estima-se em 0,5% a perda anual da capacidade de armazenamento dos reservatórios ou 2,0 bilhões de m<sup>3</sup>/ano, significando um custo de US\$700 milhões/ano para a reposição (Carvalho et al., 2000). No Estado de São Paulo, há perdas anuais de US\$64 a 74 milhões na geração de energia em consequência da erosão (Marques, citado por López, 1997). A adoção de sistemas conservacionistas

pode mitigar a erosão na área de contribuição dos reservatórios. Estima-se que o Sistema Plantio Direto comparado ao preparo convencional diminui perdas de solo em 12,5t/ha/ano. Renfro (1975) estimou que, numa bacia com área média de captação de 10 mil km<sup>2</sup>, o material erodido sofre uma retenção de 75 % (em canais de terraços, linhas de plantio, colúvios, etc.). Admitindo-se a densidade do material erodido em 1,1t/m<sup>3</sup>, tem-se perdas de 11,4m<sup>3</sup>/ha/ano. Extrapolando-se para a área de adoção de Sistema Plantio Direto no país de 14,3 milhões de hectares, tem-se 163 milhões de m<sup>3</sup>/ano. Considerando que apenas 25% deste material cheguem aos reservatórios, a adoção de sistemas conservacionistas mitiga a sedimentação em 40,8 milhões de m<sup>3</sup>/ano. Usando os dados de Carvalho et al. (2000), ou seja, custo de US\$700 milhões/ano para 2 bilhões de m<sup>3</sup>, tem-se um custo anual de reposição de aproximadamente R\$35,7 milhões/ano ou US\$14,3 milhões/ano (Tabela 4).

#### Dragagem de rios e portos

Landers (1996) estimou que 25% do volume erodido resultam em sedimentação de rios, lagos e oceanos (148,2 milhões de m<sup>3</sup>). Considerando que apenas 10% (14,8 milhões de m<sup>3</sup>) do sedimento deve ser retirado, ao custo de US\$3,90/m<sup>3</sup>, tem-se que essa dragagem causada por sistemas convencionais de preparo de solo, custa cerca de US\$57,7 milhões. O Sistema Plantio Direto pode reduzir esse volume de sedimentos em até sete vezes, assim os custos dessa dragagem seriam de US\$8,24 milhões com uma economia de R\$123,8 milhões ou US\$49,5 milhões (Tabela 4).

Com base em Landers et al. (2001b), pode-se considerar ainda outros impactos do Sistema Plantio Direto fora da propriedade como o efeito no recarregamento de aquíferos, créditos de carbono devido à economia em óleo diesel, aos reflexos em custos sociais devidos ao menor uso de água de irrigação, ao seqüestro de carbono no solo e em resíduos culturais que permanecem sobre a superfície do terreno (Tabela 5), a valoração desses itens gera uma economia cerca de US\$184,1 milhões por ano. Agregando-se os valores relativos aos

**Tabela 5.** Outros impactos positivos, fora da propriedade rural, devidos à adoção de Sistema Plantio Direto, em área 14,3 milhões de hectares.

Categorias de Impacto	Total (10 <sup>6</sup> xUS\$)
Maior recarregamento de aquíferos	114,4
Créditos de carbono para economias em óleo diesel	0,6
Economias em água de irrigação	6,6
Seqüestro de carbono no solo	59,5
Seqüestro de carbono em resíduos de culturas	3,0
Total	184,1

Fonte: Landers et al. 2001b.

impactos indiretos ou externos à propriedade devido ao uso do Sistema Plantio Direto (Tabela 4 e 5), tem-se um total de R\$781,4 milhões ou US\$312,5 milhões.

#### Resumo dos benefícios do Sistema Plantio Direto no Brasil

Além dos impactos já contabilizados, existe uma série de outros efeitos do Sistema Plantio Direto sobre o ambiente que seriam de valor substancial adicional, se computados (Landers & Freitas, 2001). Entre estes, citam-se: o balanço positivo sobre a biodiversidade terrestre e aquática; a menor poluição química das águas superficiais e da costa; a redução nas emissões de metano e óxido nitroso à atmosfera; maior preservação dos recursos ambientais (biodiversidade, pesca e balanço de oxigênio, valor cênico e extração sustentável); maiores tempos de concentração para enchentes e menores estragos; melhor qualidade do ar em função de menores níveis de poeira e fuligem; maior segurança de alimentos devido a produtividades maiores e mais estáveis; maiores ingressos rurais, reduzindo a migração às cidades; melhor qualidade da vida rural; e, melhor balança comercial – menos petróleo e fertilizantes importados e maiores exportações.

Agregando-se os valores dos efeitos internos e externos à propriedade, tem-se que o impacto promovido pelo Sistema Plantio Direto no Brasil para a área de adoção de 14,3 milhões de hectares é cerca de R\$4,6 bilhões ou cerca de US\$1,8 bilhões (Tabela 6).

#### Desafios do Sistema Plantio Direto

Apesar de uma série de efeitos e impactos benéficos anteriormente levantados e discutidos e da certeza de que o Sistema Plantio Direto é o mais conservacionista forma de manejo do solo e da água para as condições tropicais, este tem ainda que suplantar alguns obstáculos.

O primeiro e maior de todos obstáculos é a mudança de paradigma que, como tal, talvez leve dezenas de anos para que se realize. Esse novo paradigma exige transformações radicais em termos culturais e nos diferentes segmentos das cadeias dos diversos produtos agropecuários e, enfim, abordagem global de todo o agroecossistema. Exige alterações não apenas na

**Tabela 6.** Benefícios devidos ao Sistema Plantio Direto, considerando a área cultivada de 14,3 milhões de hectares no Brasil

Benefícios	Milhões de R\$	Milhões de US\$*
Dentro da Propriedade	3847,8	1539,1
Fora da Propriedade	781,4	312,5
Total	4629,2	1851,6

\*(US\$1,00=R\$2,50)



estrutura e no método do processo produtivo das unidades rurais, com evolução dos processos administrativos e gerenciais, mas também na forma do desenvolvimento de novas técnicas que permitam a geração de lucros com proteção e melhorias da qualidade do ambiente como um todo. Requer cuidados ao pensar e solucionar eventuais problemas sem promover descontinuidade no desenvolvimento do sistema. Neste contexto, pode-se entender que a maior parte dos desafios decorrem da resistência à essa mudança de paradigma que o Sistema Plantio Direto exige. Entre esses desafios, cita-se a não adoção de: i) planejamento e condução de adequados sistemas de rotação de culturas; ii) espécies econômicas que produzam adequada cobertura de solo; iii) espécies específicas para cobertura do solo; iv) adubos verdes; v) rigoroso controle sobre as atividades e ações físico-financeiras da propriedade; vi) implantação dos processos que compõem o sistema e anexação de novas áreas, de forma gradativa e contínua etc. Entretanto, verifica-se grandes lacunas de desenvolvimento científico no fornecimento de espécies econômicas ou não, para diferentes período do ano, no melhoramento de espécies econômicas com ciclos de desenvolvimento mais curtos, na disponibilização de dados econômicos e financeiros de sistemas de produção integrados ou da propriedade como um todo etc.

Nos próximos anos, espera-se que a taxa de crescimento da adoção do Sistema Plantio Direto, mesmo que na forma não ideal, se mantenha. Mas faz-se necessário implementar políticas públicas de incentivo e de organização dos atores envolvidos, com ênfase em treinamentos sistemáticos e no desenvolvimento de pesquisa e de difusão de tecnologia, onde se destaca o papel da assistência técnica e da extensão rural.

Deve-se buscar instrumentos que fomentem o desenvolvimento do Sistema Plantio Direto e esperar respostas, a médio prazo. Deve-se, enfim, entender que este sistema é um grande macroprocesso que deve ser desenvolvido continuamente visando atingir a agricultura de mínimo uso de insumos e de mínimo impacto ambiental. E, na medida que fortes programas de pesquisa venham a minimizar essas e outras lacunas ainda existentes, gerando alternativas, como por exemplo, para o uso de herbicidas e outros insumos e, que houver plena conscientização e conhecimento por parte dos produtores e técnicos, o Sistema Plantio Direto poderá se transformar na ferramenta fundamental ao desenvolvimento rural brasileiro neste século.

## Referências Bibliográficas

BASSI, L. **Impactos sociais econômicos e ambientais na microbacia hidrográfica do Lajeado São José, Santa Catarina, Brasil** - Estudo de Caso. Relatório do Projeto Microbacias/BIRD. 1999. 1v.

BRAGAGNOLO, N.; PAN, W.; THOMAS, J. C. **Solo**: uma experiência em manejo e conservação. Curitiba: N. Bragagnolo, 1997. 102 p.

BRAGAGNOLO, N.; PAN, W. A experiência de programas de manejo e conservação dos recursos naturais em microbacias hidrográficas. In: INTERFACES DA GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS: desafios da lei de águas de 1997. Brasília, DF: Secretaria de recursos Hídricos, 2000. p. 176-198.

CALEGARI, A.; FERRO, M.; GRZESTUK, F.; JACINTO JR., L. **Plantio Direto e rotação de culturas**. Experiência em Latossolo Roxo. IAPAR-COCAMAR-ZENECA. Maringá, 1992. 1 v.

CARROLL, M. **Paraná Rural** – Projeto de Manejo e Conservação do Solo do Paraná. BIRD – Unidade de Gerenciamento – Brasil, Brasília, DF: [s.ed.], 1997. 29 p.

CARVALHO, N. O.; FILIZOLA JÚNIOR, N. P.; SANTOS, P. M. C.; LIMA, J. E. F. W. Ocorrência de reservatórios assoreados no país. In: GUIA DE AVALIAÇÃO DE ASSOREAMENTO DE RESERVATÓRIOS. [s.l.]: ANEEL. 2000. p.13-18

DE MARIA, J. C. Erosão e terraços em plantio direto. **Boletim Informativo da Sociedade Brasileira de Ciência de Solo**, Viçosa, v. 24, p. 17-21, 1999.

FREITAS, P. L. de. Harmonia com a Natureza. **Agroanalysis**, Rio de Janeiro, v.22, n.2, p. 12-17, fev., 2002.

FREITAS, P. L. de; MANZATTO, C. V.; COUTINHO, H. L. da C. A Crise de energia e a degradação dos Recursos Naturais – Solo, ar, água e biodiversidade. **Boletim Informativo Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 26, n. 4, p. 7-9, 2001.

HERNANI, L. C.; KURIHARA, C. H.; SILVA, W. M. Sistemas de manejo de solo e perdas de nutrientes e matéria orgânica por erosão. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.23, n.1, p.145-154, 1999.

HERNANI, L. C.; SALTON, J. C. Conceitos. In: SALTON, J. C.; HERNANI, L. C. E FONTES, C. Z., (org.) **Sistema Plantio Direto**. O produtor pergunta, a Embrapa responde. Brasília, DF: Embrapa-SPI; Dourados: Embrapa-CPAO, 1998. p. 15-20.

HERNANI, L. C.; SALTON, J. C.; FABRÍCIO, A. C.; DEDECEK, R.; ALVES JUNIOR, M. Perdas por erosão e rendimentos de soja e de trigo em diferentes sistemas de preparo de um Latossolo Roxo de Dourados (MS). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.21, n.4, p.667-676, 1997.

KOCHHANN, R. A.; DENARDIN, J. E. **Implantação e manejo do sistema plantio direto**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2000. 36 p. (Embrapa Trigo. Documentos, 20)

LANDERS, J. L.; FREITAS, P. L. de. Preservação da vegetação nativa nos trópicos brasileiros por incentivos econômicos aos sistemas de integração lavoura x pecuária com plantio direto. In: SIMPÓSIO SOBRE ECONOMIA E ECOLOGIA, 2001. **Anais...** Belém, PA. Nov., 2001.

LANDERS, J. N. O Plantio Direto na agricultura: O caso do Cerrado. In: GESTÃO AMBIENTAL NO BRASIL: experiência e sucesso. Rio de Janeiro: Fundação Getúlio Vargas, 1996. p.3-33.

LANDERS, J. N.; BARROS, G. S.de; ROCHA, M. T.; MANFRINATO, W. A.; WEISS J. Environmental impacts of zero tillage in Brazil: a first approximation. In: CONSERVATION AGRICULTURE: a worldwide challenge. Proc. of the World Congress on Cons. Agric., 1st. Madrid: FAO, 2001 (b). p. 317-326.

LANDERS, J. N.; SATURNINO, H. M.; DE FREITAS, P. L.; TRECENTI, R. Experiences with farmer clubs in dissemination of zero tillage in tropical Brazil. In: **Conservation Agriculture: a worldwide challenge**. Proc. of the World Congress on Cons. Agric., 1st. Madrid, Espanha: FAO, 2001(a). p. 71-76.

LÓPEZ, A. O. **Análise dos custos privados e sociais da erosão do solo** – o caso da bacia do Rio Corumbataí. 1997. 1 v. Tese de

Doutorado – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Piracicaba: ESALQ-USP.

MALAVOLTA, E. Fertilizantes, corretivos e produtividade – Mitos e fatos. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 20., 1992, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: SBCS, 1992 p.89-153.

MARSON FILHO, E. Economia de água em Plantio Direto: verdade ou engano? **Direto no Cerrado**, APDC, Goiânia, v. 3, n. 7, p. 4-5, fev. 1998.

MELO FILHO, G.; LEMES, M. M. R. **Estimativa do custo de produção de trigo no SPD, safra 2000, em Mato Grosso do Sul**. Embrapa Agropecuária Oeste: Dourados, fev 2000 a. (Embrapa Agropecuária Oeste. Comunicado Técnico 13)

MELO FILHO, G.; LEMES, M. M. R. **Estimativa do custo de produção de soja, safra 2000-2001, em Mato Grosso do Sul**. Embrapa Agropecuária Oeste: Dourados, set 2000 b. (Embrapa Agropecuária Oeste. Comunicado Técnico 14)

MELO FILHO, G.; LEMES, M. M. R. **Estimativa do custo de produção de milho, safra 2000-2001, em Mato Grosso do Sul**. Embrapa Agropecuária Oeste: Dourados, set 2000 c. (Embrapa Agropecuária Oeste. Comunicado Técnico 15)

MELO FILHO, G.; VIEIRA, C. P.; RICHETTI, A.; NOVACHINSKI, J. R. **Recomendação e nível de adoção de tecnologia agrícolas em Mato Grosso do Sul**. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2001. 76 p. (Embrapa Agropecuária Oeste. Documentos, 35).

MUZILLI, O.; VIEIRA, M. J.; OLIVEIRA, E. L. **Avaliação dos sistemas de plantio direto e convencional em diferentes sucessões de culturas**. Londrina, PR: IAPAR - Programa Recursos Naturais. Relatório Técnico Anual, 1994. 1 v.

PLATAFORMA PLANTIO DIRETO. **Sistema Plantio Direto**. Acesso em abril de 2001 <http://www.embrapa.br/plantiodireto/IntroducaoHistorico/> 2001.

RENFRO, G W. Use of erosion equations and sediment delivery ratios for producing sediment yield. In: PRESENT AND PROSPECTIVE TECHNOLOGY FOR PRODUCING SEDIMENT YIELD AND SOURCES. Oxford, MS: USDA-ERS, 1997. p.33-45.

RUEDELL, J. O **Plantio Direto na região de Cruz Alta**. Contrato FUNDACEP/BASF FUNDACEP/FECOTRIGO. Cruz Alta, RS, [s.d.]. 1v.

STONE, L. F.; MOREIRA, J. A. A. A irrigação no Plantio Direto. **Direto no Cerrado**, Brasília, DF: APDC, v. 3, n. 8, p. 5-6, 1998.

# Cenários Sobre a Adoção de Práticas Conservacionistas Baseadas no Plantio Direto e Seus Reflexos na Produção Agrícola e na Expansão do Uso da Terra

# 15

Capítulo

Pedro Luiz de Freitas  
Celso Vainer Manzatto

## Referencial de Apoio

Embora inúmeros esforços no sentido de ordenar o processo de uso das terras, tais como os zoneamentos climáticos, agroecológicos e ecológico-econômicos, tenham sido realizados nas últimas décadas, por motivos diversos, foram entretanto, insuficientes para apoiar um país que pretende ter uma agricultura moderna, competitiva, socialmente justa e ambientalmente sustentável. Para tanto, são necessários investimentos urgentes na geração de dados e de informações vitais para o apoio ao planejamento e à tomada de decisão abrangendo aspectos como a conservação da biodiversidade, a ocupação e reordenamento de suas áreas produtivas considerando as novas tecnologias, potencialidades, vantagens comparativas e impactos ambientais associados ao uso das terras. Isto requer um amplo processo de negociação com a sociedade, face as transformações e exigências ambientais formalizadas na Rio 92 e os novos desafios que as mudanças climáticas globais impõem para as nações.

Apesar do imenso potencial de terras aptas para a atividade agropecuária e a grande disponibilidade de fronteiras agrícolas, algumas simulações aqui efetuadas mostram que o País pode ainda responder as demandas futuras de alimentos, energia e fibras simplesmente com o avanço das tecnologias convencionais, que ainda não completaram totalmente seu ciclo em diversos cultivos agrícolas e regiões, caso se consolide a tendência atual de tecnificação e ganhos de produtividade na agricultura e, conseqüente diminuição da pressão para a ocupação de novas áreas. Isso sem considerar um novo movimento no campo da biotecnologia, que no caso do Brasil, além dos possíveis efeitos em termos de custos e adaptação de cultivos, poderá ainda permitir ganhos consideráveis de rendimento, benefício este que se imagina não produzir efeitos semelhantes em países mais desenvolvidos e com produtividades mais elevadas.

Por outro lado, Opschoor (2001) discute a validade da curva ambiental de Kuznet, uma correlação quadrática entre renda e degradação ambiental, de forma que até um nível crítico de renda haveria uma correlação positiva e, após este nível, haveria uma inflexão na qual esta relação seria negativa e, portanto, sustentável. Embora os resultados não permitam generalizações e sua comprovação seja mais robusta apenas em casos como os gases de efeito estufa, parece certo que os recursos naturais podem ser utilizados de forma mais eficiente e justa como conseqüência da elevação, da composição e da distribuição da renda no setor agrícola. Assim, mesmo considerando que ganhos de eficiência e equidade não garantam, necessariamente, uma trajetória sustentável de crescimento, pelo menos podem contribuir para a mitigação dos principais problemas ambientais associados à exploração agrícola.

Mesmo considerando os valores, a evolução da conscientização ambiental, a tendência de preferência dos consumidores por alimentos mais “*limpos e saudáveis*” e as respostas da sociedade brasileira em termos de legislação e compromissos ambientais, a lógica da maximização da renda ainda domina no setor agropecuário, onde os produtores rurais exercem suas atividades procurando maximizar sua renda, dada a base tecnológica local disponível. Exemplificando, mesmo considerando os benefícios financeiros e a sustentabilidade da produção a médio e longo prazo, produtores rurais, ao adotarem práticas e técnicas de conservação do solo, de menor impacto ambiental ou ainda que impliquem no reordenamento de suas atividades, porém que incorram em maiores custos de produção ou de transferência de tecnologia, estariam em última análise, reduzindo sua renda líquida e gerando benefícios e serviços ambientais que, em grande parte, estari-

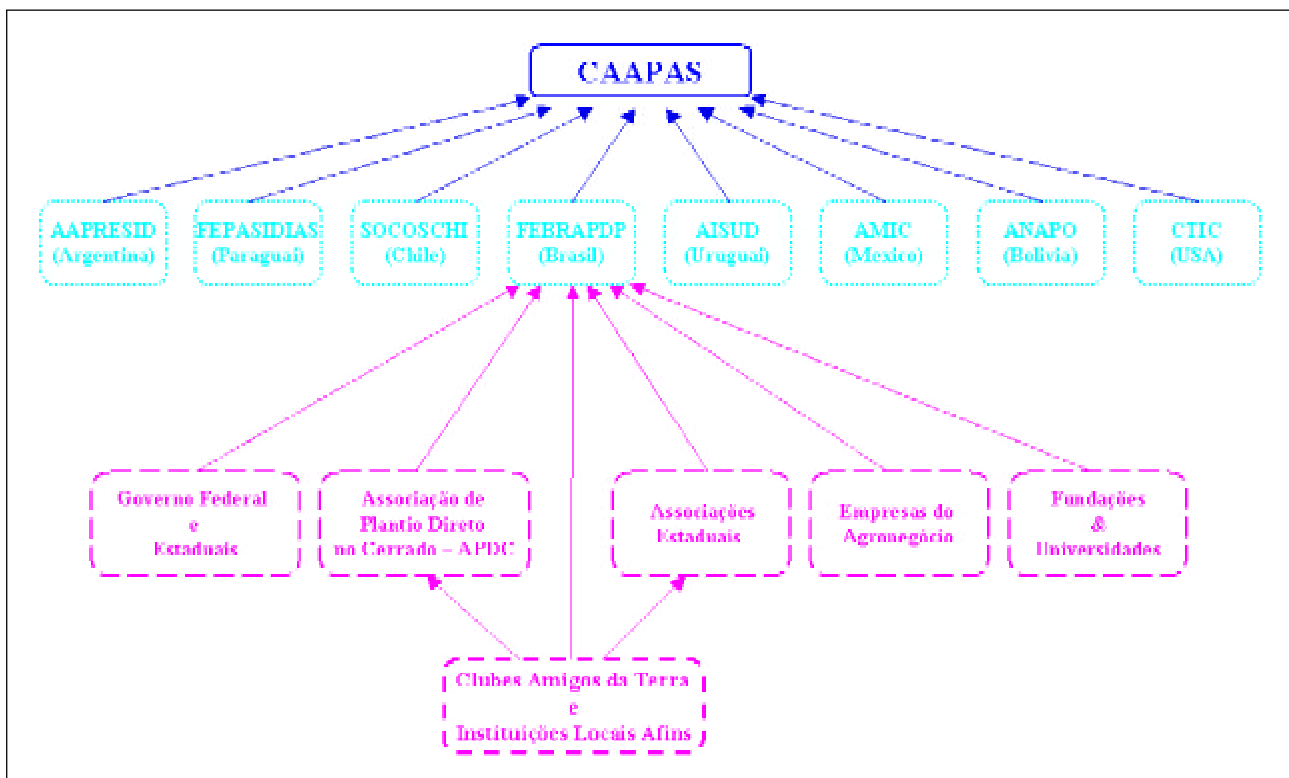
am sendo repassados para sociedade como um todo, como por exemplo, os estimados no Capítulo 13. Esta situação é, em parte, contraditória com a dinâmica econômica da agropecuária, onde os ganhos de produtividade têm sido utilizados para compensar perdas de preços relativos verificados ao longo do tempo e, para uma lógica tradicional de um país, que dispõe de um amplo espaço territorial e de fronteiras agrícolas ainda por ocupar. Na verdade, até recentemente, as políticas públicas apontavam também de forma contrária, fomentando através de subsídios, a expansão e ocupação de novas terras pela agropecuária, a despeito e de forma geral, do passivo ambiental deixado nas chamadas “terras velhas”.

Extensionistas e técnicos do setor agropecuário conhecem bem as dificuldades para se convencer os agricultores a adotarem técnicas de conservação do solo, especialmente entre agricultores tradicionais ou de regiões menos favorecidas e com maiores limitações de solo, clima e acesso à tecnologia. Como então explicar o recente sucesso da adoção de práticas conservacionistas baseadas no Sistema Plantio Direto (SPD), se o único incentivo governamental se baseia na diminuição do prêmio pago pelos agricultores ao seguro agrícola de culturas anuais? De fato, este movimento entusiástico da sociedade civil no setor rural, com seus agricultores obstinados, pioneiros, organizados em Clubes de Amigos da Terra, associações, federações e,

em âmbito continental, em confederações (Figura 01), souberam trabalhar em parceria excepcional com a pesquisa agrícola oficial e privada, os benefícios ambientais e econômicos da adoção do SPD, traduzidos em termos financeiros através dos ganhos de produtividade e renda, economia no uso de fertilizantes e investimentos em máquinas agrícolas, em sistemas de produção adequados aos pequenos, médios e grandes produtores (Landers et al., 2001).

Atualmente, os esforços têm se concentrado na identificação e quantificação dos benefícios e serviços ambientais do SPD, resultando recentemente no reconhecimento por instituições internacionais, como uma das principais contribuições da sociedade brasileira à preservação do meio ambiente (Pretty & Koohafkan, 2002; Landers et al., 2002b; Landers et al., 2002c). Iniciativas para ressarcir os agricultores de parte dos benefícios ambientais proporcionados pelo Sistema, como seqüestro de carbono e principalmente “produção de água” em propriedades rurais começam a ser articuladas, porém há pouca sensibilização junto às esferas governamentais sobre a importância e dimensão ambiental desta iniciativa, mesmo considerando o impacto na produção de alimentos e fibras que o sistema pode proporcionar.

Por exemplo, com a ampliação da adoção do SPD e integração lavoura pecuária, poder-se-ia atingir uma produção de grãos da ordem de 140 milhões



**Figura 1.** Estrutura da sociedade civil no setor rural voltada à adoção do Sistema Plantio Direto como Sistema Conservacionista no continente americano (Landers et al., 2001)

de toneladas no ano de 2007, mantendo-se a área atualmente cultivada, porém rapidamente convertida ao sistema, via implementação de políticas públicas direcionadas ao uso racional do recurso Solo (ex.: através do Programa de Conservação do Solo na Agricultura, do Ministério da Agricultura, Pecuária e do Abastecimento). Caso se promova ainda o sistema de integração lavoura-pecuária com plantio direto, além de ganhos de produção de grãos, seria possível recuperar pastagens degradadas, elevando sua produtividade de 4 arrobos/ha/ano para 15 arrobos/ha/ano. Considerando a atual capacidade de crescimento da adoção do Sistema Plantio Direto, investimentos em pesquisa, transferência de tecnologias e incentivos através de programas governamentais, poderiam ainda ampliar a renovação do estoque de capital na agropecuária, em um País que aumenta a possibilidade de adoção de tecnologias mais modernas, poupadoras de recurso naturais, com menores índices de poluição e mais eficientes no uso da energia.

Mesmo considerando que o planejamento e o ordenamento territorial sejam os instrumentos mais adequados para equacionar os impactos decorrentes do uso e domínio das terras no Brasil, e que ações de zoneamentos agrícolas e ecológicos-econômicos estejam em curso, com maior ou menor grau de percepção pela sociedade, estes não foram considerados nos cenários aqui construídos. Fixou-se apenas nas alternativas de adoção do SPD, posto que se trata de um processo real em curso, com influências tanto na conservação quanto no uso do recurso natural Solo. Ressalta-se ainda, que as simulações possuem expressão apenas como ordem de grandeza visto que, na ausência de dados organizados de forma regionalizada e por tipo de atividade, utilizaram-se apenas dados médios que, evidentemente não refletem as diferenças regionais e as particularidades dos diversos sistemas produtivos.

Entretanto, entende-se que o SPD é uma solução viável para a mitigação dos processos de degradação dos solos tropicais e sub-tropicais predominantes no país, em especial a erosão hídrica, que impacta negativamente os recursos hídricos através do assoreamento, disponibilidade hídrica e contaminação química. Finalmente, destaca-se que estes cenários são atualmente exequíveis, com menor ou maior taxa de expansão, como consequência da competência do agricultor brasileiro e dos investimentos estratégicos em pesquisa agropecuária efetuados, principalmente, a partir da década de 70, que permitiram ao Brasil deter atualmente, o maior acervo de conhecimentos científicos no campo da agricultura tropical, tendo ainda, a pesquisa agropecuária mais moderna e abrangente do hemisfério sul.

## O Cenário Baseado na Apropriação de Novas Áreas Para a Agricultura.

Uma análise do desenvolvimento econômico do Brasil revela que este, historicamente, sempre esteve relacionado com a base de recursos naturais disponíveis internamente e, em última análise, com as diversas potencialidades naturais do nosso território. Na agricultura, ciclos como os da cana-de-açúcar e café são exemplos históricos do uso das potencialidades das terras e do apoio que nosso território forneceu ao desenvolvimento nacional. Assim, nos momentos de aceleração econômica, o território sempre forneceu a base de recursos necessários ao processo de crescimento econômico, embora na maioria de vezes, com elevado passivo ambiental.

Portanto, ao se projetar o crescimento futuro da economia brasileira, é ainda inevitável se avaliar qual será a contribuição dos recursos naturais ao patamar de desenvolvimento pretendido. Esta forma de abordagem é típica de uma lógica dominante e tradicional de um país que ainda detêm fronteiras e recursos naturais a serem apropriados. Ou seja, embora em menor grau, ainda hoje permanece na população um sentimento de recursos naturais abundantes e quase inesgotáveis, o que evidentemente não ocorre em países que já ocuparam ou ordenaram o seu espaço territorial.

Neste sentido, Guilhoto et alli (2002) simularam os efeitos ambientais que diferentes cenários de crescimento da economia brasileira teriam sobre um conjunto de variáveis ambientais, através da utilização dos resultados de dois modelos: um macroeconômico, que forneceu os parâmetros básicos de crescimento da economia, e o modelo Mibra inter-regional de equilíbrio geral, utilizado para as projeções de crescimento das regiões e dos seus setores. Adotaram um cenário pessimista de crescimento nacional de 2,3% a.a. e um outro otimista com taxa de crescimento de 4,4% a.a., ambos para o período 2002-2012.

No caso da agricultura, Guilhoto et alli (2002) avaliaram o efeito que os cenários de desenvolvimento teriam sobre o desmatamento na Amazônia, entendida aqui como nossa fronteira agrícola. Os autores consideraram que o desmatamento aumenta com o crescimento das atividades agropecuárias, através de uma correlação entre o valor da produção agropecuária e área para cultivo e pastagem, que estima as áreas adicionais utilizadas para os anos dos cenários. Conforme mostra a Tabela 1, no cenário otimista de crescimento estimaram para 2012 um desmatamento adicional de 10,5 milhões de hectares. Para o cenário pessimista e de menor crescimento, estimaram que a área desmatada seria também menor, no total de quase 6 milhões, ou seja, que o cenário otimista representaria uma área

**Tabela 1.** Cenários de área desmatada na Amazônia para fins agropecuários.

Cenário	Área Total Desmatada até o ano de 2012 (há)	Varição em relação ao cenário de referência (%)	Proporção da área total da Amazônia Legal (%)
Otimista	10.588.294	25,1	2,0
Pessimista	5.937.430	14,1	1,1

Fonte : Mota et. al., 2002

desmatada quase 80% superior ao estimado para o cenário pessimista. Ressaltaram entretanto que, mesmo no cenário otimista, o desmatamento para fins agropecuários não ultrapassaria mais que 2% da atual área da Amazônia Legal.

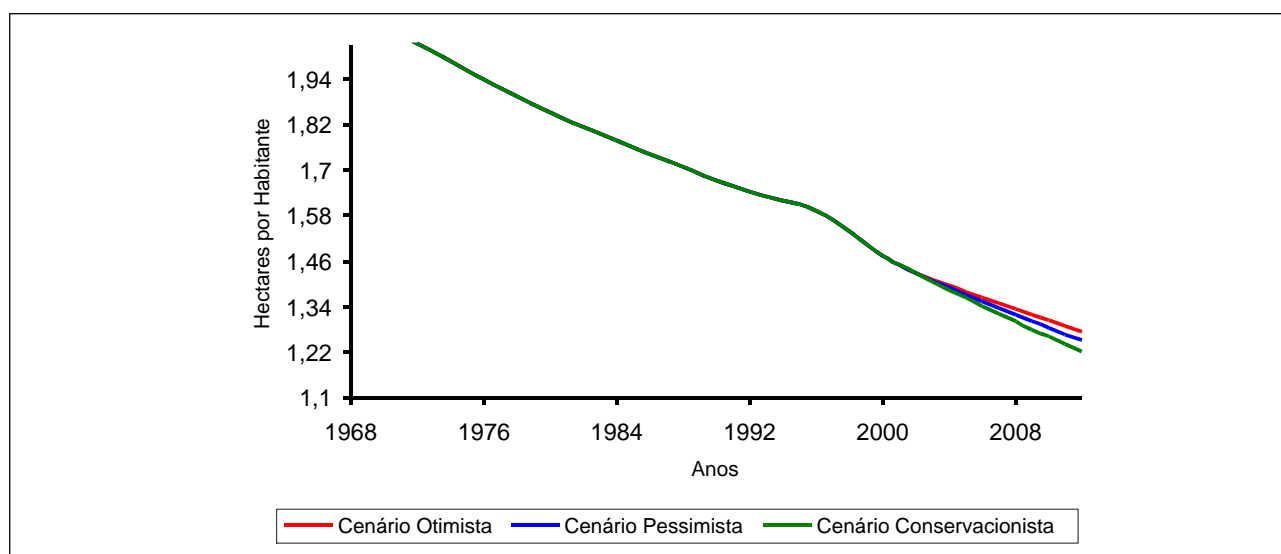
Utilizando-se destas estimativas, procurou-se avaliar qual seria o impacto que estes cenários teriam sobre o papel que a agricultura desempenharia na economia nacional enquanto fornecedora de alimentos, fibras, energia e geradora de excedentes econômicos para exportação. Para tanto, utilizou-se da relação entre a evolução da área agrícola total e a população do país. Esta relação pode ser utilizada ainda, como uma medida genérica para avaliação da segurança alimentar. Mesmo não considerando as importações e exportações de produtos agropecuários, a relação representa a parcela de contribuição que o setor agropecuário deverá assumir no desenvolvimento econômico nacional, de uma atividade que representa 7,4% do PIB nacional e, quando analisada sobre a ótica de agronegócio possui um superavit na balança comercial estimado em 20 bilhões de dólares no ano de 2002.

A Figura 2 apresenta a evolução da relação entre o espaço agropecuário do país e sua população. Utilizou-se para tanto dados sobre a evolução do espaço agrícola total do país, disponível na base de dados da FAO, e os dados e projeções de crescimento

populacional do IPEA. Considerou-se ainda os dois cenários de crescimento e de apropriação de terras propostos por Guilhotto et alli (2002) e um terceiro cenário, onde a expansão da atividade econômica poderia ser absorvida simplesmente pelo manejo racional dos solos brasileiros, sem acréscimo de área cultivada, através de ganhos de produtividade via expansão da base tecnológica baseada em técnicas conservacionistas, os agricultores das diversas regiões do País.

Independente do cenário projetado, a relação mostra uma tendência quase linear e declinante, que, projetando-se para o ano de 2012, mostra uma diferença entre o cenário otimista e conservacionista de apenas 500m<sup>2</sup> por habitante. Esta relação sinaliza, que caso o país continue dependendo da agropecuária nacional como fornecedora de alimentos e geradora de excedentes econômicos para exportação, o setor deverá, necessariamente, continuar o ciclo de tecnificação, como forma de manter os ganhos de produtividade verificados nas últimas décadas.

Ao se considerar o contingente de cerca de 50 milhões de brasileiros enquadrados abaixo da linha de pobreza, revela ainda o esforço adicional que o setor agropecuário deverá enfrentar, caso programas governamentais promovam o aumento do poder aquisitivo e conseqüentemente o padrão de consumo destas populações. Assim, caso não sejam implementados programas de ganhos de



Fontes: Bases de dados da FAO e IPEA

Figura 2. Evolução e projeção da relação entre a área agrícola total e a população brasileira.

produtividade na agricultura, num cenário de maior equidade social, os recursos naturais novamente serão requisitados a fornecer a base de recursos necessários para apoiar um novo patamar de atividade econômica, ou seja, uma área de desflorestamento, certamente superior à projetada por Guilhotto et alli (2002), reacquecendo a expansão da fronteira agrícola no arco do desflorestamento.

### Impactos da Adoção de Sistemas Conservacionistas Baseados no Plantio Direto na Produção de Grãos do País

Para a construção dos cenários propostos, foram estabelecidas premissas básicas que consideram a possibilidade de evolução em todos os setores relacionados à agropecuária, com forte expansão da diversificação e da produção de culturas e do aumento de oferta de alimentos no mercado.

A adoção dos sistemas conservacionistas baseados no plantio direto pressupõe ainda, a crescente profissionalização dos agricultores, permitindo projetar um crescimento na demanda por serviços e informações, com a participação direta de produtores na tomada de decisão e execução (extensão, assistência técnica e pesquisa), o fortalecimento de entidades associativistas (clubes amigos da terra, associações, sindicatos, etc.), a tendência de utilização de tratores de média potência, o desenvolvimento de implementos mais eficientes e o foco, pelos agricultores, na maior demanda da sociedade brasileira por produtos ambientalmente corretos.

Da mesma forma, entende-se que o SPD constitui uma dos principais instrumentos para a incorporação do conceito de gestão integrada e sustentável de bacias hidrográficas, as quais passam a ser a unidade maior de planejamento no setor rural. Ações nesse sentido são relatadas nos capítulos sobre as respostas da sociedade, onde foram relatadas as melhorias socioeconômicas que se refletem na qualidade ambiental, em

especial nos recursos hídricos, e no aumento da eficiência da atividade e na produtividade física (Bragagnolo et al., 1997). O reflexo dessas ações foi constatado por exemplo, na Microbacia Hidrográfica do Lajeado São José em Chapecó (SC) com a observação de um incremento de 24% na produtividade das principais culturas, com um aumento de 29% nos ingressos líquidos para os produtores rurais (Bassi, 1999). Por sua vez, o aumento dos níveis de produtividade física das principais culturas e de pastagens proporcionam claramente uma diminuição da pressão sobre novas áreas, diminuindo o desmatamento e promovendo a recuperação de áreas degradadas (Landers e Freitas, 2001).

Para se avaliar o impacto da adoção de práticas conservacionistas baseadas no plantio direto, considerou-se apenas os reflexos na produção por unidade de área, no aumento da produtividade física e na possibilidade de mais de uma cultura por ano. Não se considerou, portanto, os reflexos da adoção de qualquer outra tecnologia ou sistema de produção associado, como por exemplo, a introdução de novos materiais genéticos ou adubações equilibradas que possam resultar em ganhos adicionais de produção e produtividade. Para tal, foi considerado o ano agrícola 1999/2000, quando a produtividade média das principais culturas de sequeiro (soja, milho, feijão, trigo, algodão, sorgo, aveia, cevada e amendoim) foi de 2,14t/ha (Tabela 2). Dos 33,4Mha (milhões de hectares) ocupados por essas culturas, 14,33Mha, ou 42,8% foram consideradas sob sistema plantio direto.

No desenho dos cenários, considerou-se a adoção de sistemas conservacionistas no total das áreas com culturas, em um adicional de 19,1Mha, onde se estima um aumento de 17% na produtividade pela adoção do SPD, como apresentado no capítulo anterior. Considerou-se também a possibilidade de produção de grãos em uma segunda safra (safrinha na região tropical e safra de inverno na região sub-tropical), com a produção adicional de grãos como milho, aveia, cevada, feijão, sorgo e trigo, com um aumento de 30%

Tabela 2. Produção, área colhida e produtividade das culturas selecionadas na safra 1999/2000.

Cultura considerada	1999/2000		
	Produção (em 1000 t) <sup>1</sup>	Área (em 1000 ha) <sup>2</sup>	Produtividade (em kg/ha)
Soja	32.345	13.327	2.427
Milho	31.641	12.679	2.496
Feijão	3.098	4.409	703
Trigo	2.403	1.329	1.808
Algodão em caroço	1.187	806	1.473
Sorgo	781	496	1.575
Aveia	194	173	1.122
Cevada	319	144	2.217
Amendoim	172	105	1.634
Total	72.140	33.468	
Produtividade Média			2.155

Fonte: <sup>1</sup>. CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. (www.conab.gov.br)

<sup>2</sup>. MAPA, 2002 - MAPA - Estatística Agrícola - www.agricultura.gov.br consulta em novembro de 2002.

**Tabela 3.** Aumento da produtividade física em áreas não irrigadas considerando apenas a adoção de sistemas conservacionistas baseados no plantio direto (safra + safrinha ou safra de inverno).

Fator Considerado	Ano I	Ano II	Ano III	Ano IV	Ano V	em 5 anos	média por ano
Produtividade atual (t/ha)	2,16	2,16	2,16	2,16	2,15	10,8	<b>2,16</b>
Produtividade esperada pela adoção de Sistemas Conservacionistas	2,53	2,53	2,53	2,53	2,53	12,52	
Produção adicional por ha (safrinha ou safra de inverno)	0	1,26	1,26	1,26	0	3,78	
Produção total por unidade de área sob Plantio Diretos	—	—	—	—	—	16,42	3,28

na produção por unidade de área, mesmo considerando produtividades reduzidas em 50% em relação às culturas de verão e a perda (frustração) de 2 safras em 5 anos. Desta forma, temos o aumento de produção anual por unidade de área de 53%, passando dos atuais 2,35 para 3,57t/ha (Tabela 15).

Considerando-se essa meta de produtividade média na área adicional, ao se atingir 100% de adoção do SPD na área base de 33,4Mha, pode-se estimar uma produção adicional de 21Mha (produção adicional de 1,11t/ha em 19,1Mha), ou um incremento de 29,6% na produção agrícola, que considerando a produção total obtida na safra 1999/2000, significaria uma produção total de 90 milhões de toneladas, ou ainda, 100 milhões de toneladas, considerando-se a produção obtida apenas para estes grãos na safra 2000/2001.

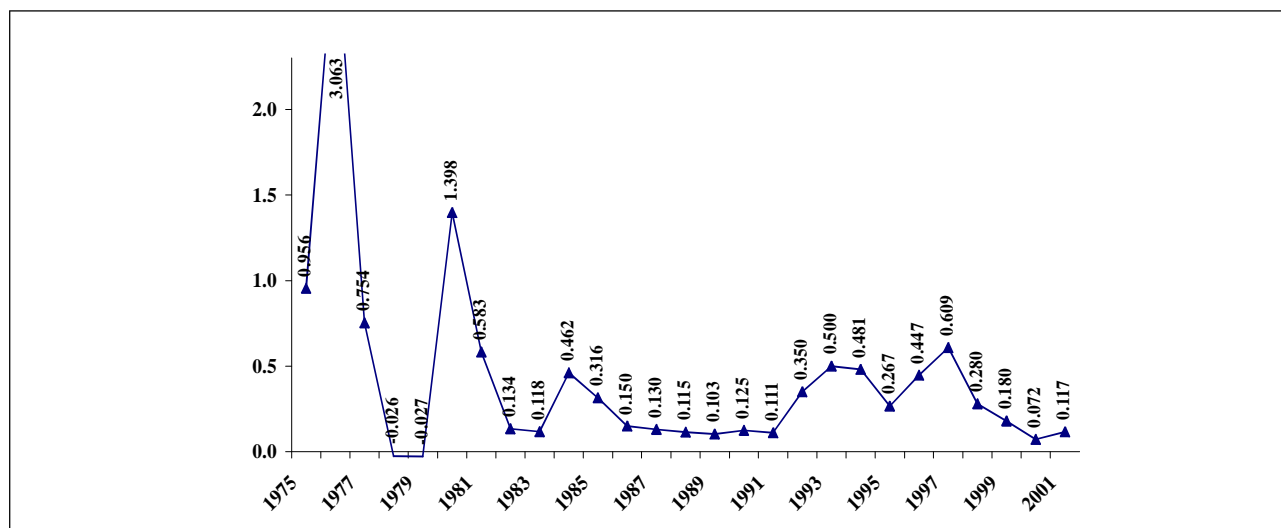
Destaca-se por fim, que esta produção adicional é equivalente a uma área plantada, em sistema convencional, de aproximadamente de 9,72 milhões de hectares, área está superior ao projetado por Guilhotto et alli (2002) para o cenário de desenvolvimento econômico pessimista e quase suficiente para atender a demanda adicional por terras no cenário de desenvolvimento acelerado. Ou seja, apenas com o manejo racional do solo, é possível economizar quase 10 milhões de hectares de florestas no

arco de desflorestamento da Amazônia, e ainda gerar outros benefícios e serviços ambientais nas "terras velhas".

### Cenários Sobre a Mitigação dos Processos de Degradação das Terras Devido à Adoção dos Sistemas Conservacionistas Baseados no Plantio Direto.

Para a construção dos cenários sobre a mitigação dos processos de degradação das terras, foram consideradas: a área total ocupada com culturas anuais e permanentes, e o histórico de evolução da área de adoção do sistema plantio direto, o qual incorpora práticas e tecnologias conservacionistas exaustivamente discutidas nos capítulos anteriores e que se constitui um processo real em curso em todo o país. O quadro de fundo dos cenários envolve premissas básicas pré-estabelecidas com base nas conclusões do projeto Plataforma Plantio Direto ([www.embrapa.br/plantiodireto](http://www.embrapa.br/plantiodireto)) fruto de um significativo exercício de parceria liderado pela FEBRAPDP e Embrapa com apoio do MCT/CNPq/PADCT.

Os cenários consideram a área com as principais culturas de sequeiro no ano agrícola 1999/2000 (Tabela 2) em um total de 33,8Mha. A taxa histórica de adoção do Sistema Plantio Direto considera a evolução da área



**Figura 2.** Variação da Taxa Anual de Crescimento da Área de Adoção do SPD no Brasil.<sup>1V</sup>



indicada pela FEBRAPDP, apresentada no Capítulo 13, é apresentada na Figura 3. A evolução da área indica um crescimento médio anual de 33 % na década de 90 (1990/2000), variando de 61% em 1995/1996 a 7,2% em 1999/2000. A adoção do SPD chega a 14,33Mha, ou 42,8% da área cultivada com lavouras.

Os dados permitem a construção de três cenários distintos:

- considerando um quadro de atendimento pleno a premissas básicas pré-estabelecidas no sentido de promover a rápida e sustentável adoção do SPD com taxas anuais entre 15 e 21% a.a.;
- considerando uma inércia na adoção, assumindo a menor taxa encontrada na última década, de 7% a.a.;
- finalmente, considerando a manutenção da percentagem de adoção do SPD em relação à área total, exigindo um crescimento horizontal da produção, obtida através da expansão da área cultivada em áreas atualmente preservadas do país, em especial na Amazônia. Para esse cenário foi considerado um crescimento anual da área colhida em sequeiro de 2,3% a.a.

A Figura 4 mostra a evolução da área onde houve a adoção do Sistema Plantio Direto considerando os três cenários propostos.

**Cenário I — Incentivos maciços à adoção de sistemas conservacionistas baseados no SPD para culturas anuais e perenes, permitindo uma taxa anual de 21%.**

*Premissas Básicas*

- A sociedade e o governo compreendem a relevância das questões de natureza ambiental associadas ao sistema de produção e aceitam criar instrumen-

tos de incentivo, incluindo pesquisa, assistência técnica e extensão rural, financiamento diferenciado para implementos (plantadeiras, pulverizadores, distribuidores de calcário e adubo, etc.), seguro rural exclusivo para áreas de SPD, entre outros.

- O conhecimento técnico-científico existente é decodificado e disponibilizado aos usuários.
- Instalação de unidades demonstrativas participativas em todas as regiões agrícolas do país.
- Incentivo ao reflorestamento de áreas reconhecidas frágeis (mata ciliar, áreas declivosas, solos arenosos, solos muito argilosos, solos encharcados, áreas de surgências, etc.), identificados por um grande esforço de mapeamento de áreas de alto risco de uso.
- Uso das terras segundo sua aptidão agrícola, normatizado pelos zoneamentos agroecológicos ou ecológicos-econômicos.
- A tecnologia mostra ser eficiente, quanto à redução de custos, e menor impacto ambiental comparado com os atuais pacotes tecnológicos.
- Identificação e rastreabilidade de produtos agropecuários produzidos em áreas com SPD.

O cenário construído indica a plena evolução do agronegócio, com envolvimento de todos os setores envolvidos, atendendo as necessidades de mercado e as exigências ambientais. O cenário permite um aumento significativo da taxa anual de adoção dos sistemas conservacionistas as quais podem chegar a 21%, em uma previsão bastante otimista e ao mesmo tempo realista, desde que atendidas as premissas propostas. Desta forma, mantendo-se a área com culturas atual (33,46Mha), projeta-se o atingimento da meta de 100% de adoção em um período de 5 anos. Mesmo com a diminuição da taxa para 15%, o atingimento da meta se estende por apenas um ano agrícola (2005/2006), permitindo alcançar o incremento em produção agrícola de 29,4% nesse período, suprimindo des-

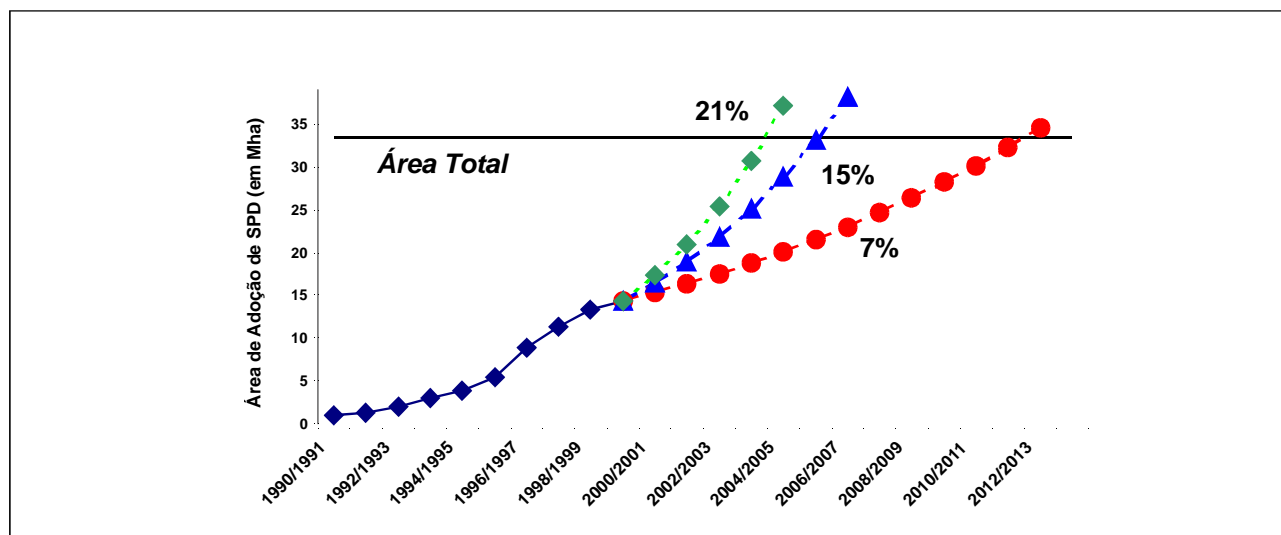


Figura 4. Evolução da área de adoção de SPD, considerando três cenários quanto a taxa de adoção anual.

sa forma a demanda de alimentos e fibras sem a expansão horizontal da área agricultável, em um cenário de crescimento acelerado.

**Cenário II – O crescimento na adoção de sistemas conservacionistas baseados no SPD para culturas anuais acontece em taxas reduzidas, nos níveis próximos aos atuais, de 7 % ao ano.**

Para esse cenário são consideradas as políticas atuais, que implicam na ausência de incentivos governamentais, restritos apenas ao trabalho de articulação tecnológica liderado por produtores rurais com apoio dos diferentes setores do agronegócio.

*Premissas Básicas*

- O efeito demonstrativo e a troca de experiências são a força motora da adoção dos sistemas conservacionistas, acontecendo após o atendimento as questões quanto à eficiência e eficácia das tecnologias oferecidas, acelerado por ocorrências como secas, inundações, fortes erosões, diminuição na oferta de água potável e de energia elétrica de origem hídrica, etc.
- A assistência técnica particular é valorizada pela profissionalização natural dos produtores rurais, pressionando a geração de tecnologias pela pesquisa.
- Validação, difusão e adaptação das tecnologias disponíveis acontecem pela iniciativa de órgãos particulares, incluindo associações de agricultores, fundações, etc, além de algumas ações de órgãos oficiais de pesquisa e extensão, com abrangência limitada.
- Inexistência de financiamento diferenciado para implementos (plantadeiras, pulverizadores, distribuidores de calcário e adubo, etc), ou de seguro rural exclusivo para áreas de SPD.
- Áreas frágeis são utilizadas à exaustão, quando ocorrem o abandono e a recuperação natural, dependendo do grau de degradação.
- A solução de questões ambientais, incluindo a recuperação de áreas degradadas e de proteção ambiental, irá exigir períodos longos, sendo resolvidas após a estabilização dos sistemas conservacionistas.
- A adoção de sistemas conservacionistas ocorre em áreas em avançado estágio de degradação, com altos custos para os produtores e a sociedade em geral.

Neste cenário, pode-se esperar que a taxa de adoção permaneça abaixo da média daquelas obtidas na última década, próxima aquela observada no ano agrícola 1999/2000.

Estimando um crescimento à uma taxa de 7 % ao ano, tem-se uma projeção de 13 anos (2012/13) para que se atinja os 33,4Mha de adoção do SPD (Figura 2). Nessa projeção, os custos diretos e indiretos devido à degradação das terras, são decrescentes, mas se mantêm altos por vários anos.

Esse cenário coloca a existência de áreas onde ocorre o uso de sistemas convencionais de preparo e manejo do solo com monoculturas, fazendo com que haja a necessidade de aumento da área com culturas anuais e pastagens para atender o aumento da demanda de alimentos, com forte pressão de desmatamento. Desta forma, ao se considerar a necessidade de um crescimento da área com culturas em 2,3%, mantendo a taxa de 7% ao ano para a adoção de sistemas conservacionistas, tem-se um aumento de 5 anos, projetando o atingimento da meta para o ano agrícola 2017/2018, com uma área de 47,8Mha.

**Cenário III – Manutenção da atual percentagem de adoção em relação à área com culturas anuais.**

O quadro atual é mantido, com 43% de adoção de sistemas conservacionistas baseados no SPD sobre a área com culturas anuais e em pousio – 33,5Mha. Para manutenção do crescimento da produção, considera-se um aumento de 2,3% a.a. na área com culturas anuais.

*Premissas Básicas*

- As questões sobre a eficiência e eficácia de sistemas conservacionistas na produção e na qualidade ambiental não são atendidas, devido a um forte desacordo de opiniões entre os técnicos e entre os produtores rurais.
- A profissionalização do agricultor é dificultada pela falta de assistência técnica competente e com experiência, incapacitada na transferência das informações geradas pela pesquisa;
- Inexistência de financiamento diferenciado para implementos (plantadeiras, pulverizadores, distribuidores de calcário e adubo, etc.), ou de seguro rural exclusivo para áreas de PD.
- Áreas frágeis são utilizadas à exaustão, quando ocorre o abandono e a recuperação natural, dependendo do grau de degradação.
- As questões ambientais são deixadas em segundo plano, prevalecendo o lucro imediato a todo o custo.
- A adoção de sistemas conservacionistas ocorre em áreas em avançado estágio de degradação, com altos custos para os produtores e à sociedade em geral.
- A necessidade de crescimento da produção exige um aumento da área para todas as culturas na taxa de 2,3 % a.a.

Neste cenário, pode-se esperar um crescimento da área agrícola do país, chegando, no final da década (2009/10) uma área com culturas anuais de sequeiro acima de 41Mha, com uma adoção de SPD em menos de 18Mha. Os custos diretos e indiretos da erosão para

a sociedade chegam a mais de US\$ 2,2 bilhões anuais, considerando a existência, em 2010, de 23Mha com alto estágio de degradação.

### **Cenário Considerando a Recuperação de Pastagens Degradadas por Meio da Integração Lavoura e Pecuária (ILP-SPD), através do Sistema Plantio Direto**

Um outro cenário pode ser construído considerando a recuperação de pastagens degradadas, que somam 80Mha na região tropical brasileira, segundo Sano et al., 1999.

A integração lavoura-pecuária permite a recuperação de pastagens em avançado estágio de degradação, aumentando a capacidade de suporte das pastagens recuperadas e garantindo a demanda por produtos agrícolas de culturas anuais e perenes. Permite também a incorporação de outros avanços tecnológicos disponíveis tais como a melhoria genética do plantel e etc.

Adicionalmente, o cenário permite a mitigação total e completa de qualquer ação de desmatamento (Landers & Freitas, 2001), ao se assumir que, segundo os autores, “a preservação e conservação dos recursos naturais são uma co-responsabilidade de todos os setores da sociedade, passado, presente e futuro, na proporção em que os mesmos se beneficiam dos produtos da agricultura e da natureza”.

O princípio tecnológico para a Integração entre as atividades agrícola e pecuária incorpora os recentes avanços em relação ao manejo sustentável das pastagens e do gado (corte ou leite) e o manejo sustentável e competitivo de culturas anuais e perenes. A integração permite ainda o aproveitamento dos benefícios da rotação de culturas anuais ou perenes com o cultivo de gramíneas, já plenamente comprovados pela pesquisa agropecuária brasileira e validados por agricultores em toda a região tropical (Lara-Cabezas & Freitas, 2001). Considere-se que a ILP-SPD, uma vez feito o investimento inicial, que implica na recuperação de áreas degradadas, torna-se mais atrativa que a expansão da produção via desmatamento de novas áreas, absorvendo eventuais crescimentos de demanda.

A Integração Lavoura-Pecuária realizada, respeitando os princípios do Sistema Plantio Direto (ausência de revolvimento do solo, rotação de culturas e cobertura permanente do solo), não é uma tecnologia única e fechada. Vários sistemas diferentes já foram validados para culturas anuais (soja, milho, feijão, algodão, arroz, etc) e perenes (café, citrus, florestais, etc.), variando de anual, como no Sistema Santa Fé (Embrapa Arroz e Feijão) a quadrienal (4 anos com culturas anuais e 4 anos com pastagens) (Broch et al., 1997; Landers et al., 2002c).

Landers & Freitas (2001) indicam os benefícios econômicos da ILP através do SPD, que são:

- recuperação de áreas de pastagens degradadas, com a possibilidade de, no mínimo, quadruplicar a capacidade de suporte das pastagens, atingindo o suporte potencial de 5U.A./ha (considerando-se a capacidade de suporte média de pastagens degradadas inferiores a 0,5U.A./ha)<sup>1</sup>.
- a recuperação de áreas com culturas em avançado estágio de degradação (compactação, erosão, depauperamento químico, baixos teores de matéria orgânica, etc.).

Os benefícios indiretos da aplicação da tecnologia são:

- reversão a espiral de pobreza dos sistemas extensivos de pecuária extrativista;
- compatibilização das necessidades de maior exportação de grãos e carne ao incentivo direto e indireto à mitigação do desmatamento visando o aumento de produção através do aumento da área explorada;
- mitigação dos impactos ambientais negativos da atividade agrícola com a utilização de sistemas adaptados de regiões temperadas (sistemas convencionais) associados a prática extrativista da atividade pecuária;
- melhora da qualidade ambiental no âmbito das bacias hidrográficas, mais especificamente com relação à qualidade e perenização dos recursos hídricos.

O cenário proposto por Landers & Freitas (2001) considera que toda a expansão de áreas com culturas anuais será acomodada pela Integração Lavoura-Pecuária através do Sistema Plantio Direto (ILP-SPD). A expansão de 2% ao ano da área com cultivos anuais de verão – algodão, amendoim, arroz, feijão, mamona, milho e soja (28Mha segundo CONAB 99/00) significa a inclusão de 560 mil ha/ano ao sistema produtivo.

O sistema de ILP considerado foi trienal (3 anos com culturas anuais – soja / soja / milho – e 3 anos com pastagens).

A elevação de produtividade das pastagens recuperadas é de 11@/ha/ano (de 4 para 15@/ha/ano). Para culturas anuais, os níveis de produtividades observados são, em média, de 3,6t/ha de soja e de 7,8t/ha de milho<sup>2</sup>.

No primeiro ano, é considerada a incorporação de 280 mil ha (1% da área total). A partir do 2º ano, essa incorporação passa a ser de 2% da área acumulada. No ano 4, ocorre o retorno das pastagens já recuperadas, com as mesmas taxas de expansão.

A Tabela 4 apresenta a evolução das áreas de culturas e de pecuária no período de dez anos. No

<sup>1</sup> U.A. - unidade animal

<sup>2</sup> @ - arrobas de carne bovina.

Tabela 4. Incrementos de área com lavouras anuais e pastagens recuperadas<sup>1</sup>

Ano		Ano									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	soja	280	566	577	588	600	612	624	637	650	663
2	soja		280	566	577	588	600	612	624	637	650
3	milho			280	566	577	588	600	612	624	637
4	pasto				280	566	577	588	600	612	624
5	pasto					280	566	577	588	600	612
6	pasto						280	566	577	588	600
7	soja							280	566	577	588
8	soja								280	566	577
9	milho									280	566
10	pasto										280
Incremento anual lavouras (mil ha)		280	846	1423	1731	1766	1801	2117	2719	3334	3680
cultura de soja		280	846	1143	1165	1189	1212	1517	2107	2429	2478
cultura de milho		0	0	280	566	577	588	600	612	904	1203
Área com culturas anuais (Mha)		28.00	28.28	28.85	29.42	29.73	29.77	29.80	30.12	30.72	31.33
Área de Pastagens Recuperadas (mil ha)		0	0	0	280	846	1423	1731	1766	1801	2117
<b>Produção incremental de grãos (milhões de ton)</b>											
Soja <sup>(60 sc/ha)</sup>		1.0	3.0	4.1	4.2	4.3	4.4	5.5	7.6	8.7	8.9
Milho <sup>(130 sc/ha)</sup>		0.0	0.0	2.2	4.4	4.5	4.6	4.7	4.8	7.1	9.4
<b>Resultados incrementais da pecuária (mil arrobas):</b>											
Incremento Produção Carne		0	0	0	3080	9302	15648	19041	19421	19810	23286

<sup>1</sup>Baseado em Landers & Freitas, 1999).

final de período, a área total recuperada é de 5,8Mha, com as atividades de lavoura anual (3,7Mha) e com pecuária (2,2Mha). A produção incremental no último ano é de 8,9Mt de soja (considerando uma produtividade de 60 sacas/ha) e de 9,4Mt de milho (produtividade de 130 sacas/ha), elevando a produção nacional de grãos para 118,3Mt. No caso das pastagens, a produção incremental no 10º ano é de 23M@ de carne. Vale lembrar que essas áreas, devido à rotação de atividades e de culturas, são constantemente permutadas, implicando em uma diversificação de atividades na propriedade e na região (dentro e fora da porteira).

Landers & Freitas (2001) lembram que esse incremento em produção de grãos e de carne é possível com a utilização de tecnologias conhecidas e sem a incorporação de áreas com vegetação nativa, mitigando completamente o desmatamento e a incorporação de áreas de alta fragilidade do Bioma Cerrados (incluindo o Pantanal) e da Amazônia no processo produtivo.

Exercício semelhante pode ser feito para outras culturas anuais (algodão, arroz, feijão, mamona, etc.), assim como para culturas perenes (café, citrus, cana-de-açúcar, florestas, etc.) e hortaliças (Saturnino & Freitas, 2001).

Com o significativo aumento da capacidade de suporte das pastagens recuperadas e a baixa elasticidade verificada no mercado de carne (interno e exportação), o cenário indica que uma área significativa de terras de aptidão agrícola restrita devido a sua fragilidade ambiental será reservada para reflorestamentos com espécies nativas protegendo mananciais hídricos e mitigando os principais problemas ambientais (erosão, sedimentação, inundações, secas, apagões, etc.) (Freitas, 2001; Freitas, 2002; Freitas et al., 2002).

Ainda nesse cenário, Landers & Freitas (2001) e Landers et al., 2002a propõem o ressarcimento de investimentos na melhoria da produtividade de áreas de pastagens e lavouras através do ILP\_SPD na forma de “**serviços ambientais**”. Esse pagamento constituiria um incentivo financeiro aos produtores, estratégico para acelerar a adoção do ILP\_SPD, reduzindo a pressão pela abertura de novas áreas de vegetação nativa.

Segundo os autores, esses recursos destinar-se-ão à:

- (i) financiamento de calagem e fosfatagem básica da terra, visando produzir culturas de grãos;
- (ii) destoca, acerto de erosões, descompactação de trilhas de gado, cercas;

- (iii) injeção de capital de giro necessário para um sistema com uso mais intensivo de insumos;
- (iv) melhoria da infra-estrutura de manejo das pastagens (cercas divisórias, aguada, cochos);
- (vi) aquisição de semeadoras, pulverizadores, colhedoras e meios de transporte para uso em culturas.
- (vii) programa de difusão e capacitação de técnicos e agricultores em SPD-ILP; e
- (viii) recursos suplementares para experimentação em PD, executada por CATs nas fazendas.

Associado a isto, temos o uso das tecnologias geradas pela pesquisa agropecuária brasileira e a possibilidade de pagamentos ao produtor rural como ressarcimento pela “*produção de água limpa para a sociedade*”, como previsto no Código Nacional de Uso da Água, em fase de implementação pela Agência Nacional de Águas.

### Conclusões e Recomendações

Um país que pretende ter uma agricultura moderna, competitiva, socialmente justa e sustentável ao mesmo tempo em que conserva e preserva seus recursos naturais – solo, água e biodiversidade, tem de investir na geração de dados e de informações vitais para o apoio ao planejamento e à tomada de decisão, o que ficou evidente na elaboração deste livro.

Os sistemas tradicionais de uso e manejo das terras, muitos deles adaptados de técnicas consagradas em regiões temperadas, com condições locais bastante diversas daquelas encontradas no país, geraram um ciclo de pobreza alavancado pelos intensos processos de degradação das terras relatados nesse livro. Reverter esse ciclo de pobreza em um ciclo de prosperidade está relacionado com a maior eficiência de uso dos recursos naturais com benefícios significativos para a sociedade como um todo, beneficiada pela mitigação dos principais problemas ambientais e a produção de alimentos limpos e saudáveis e pela segurança de produção desses alimentos.

A adoção, por parte dos agricultores brasileiros, de práticas e técnicas que causem menor impacto ambiental e que impliquem no reordenamento de suas atividades, minimizando a degradação acelerada dos recursos naturais é uma clara questão de escolha que está nas mãos da própria sociedade: de um lado, optar pela atividade agropecuária nos moldes tradicionais, incorporando os custos ambientais relatados e aceitando a onipresente degradação ambiental e seus resultados tais como poeira, fumaça, morte da fauna e da flora, nascentes e rios secos, dias muito quentes e noites muito frias, umidade do ar abaixo dos limites de sobrevivência; de outro lado, generalizar os exem-

plos bem conhecidos encontrados nos bolsões de prosperidade, onde a rentabilidade é garantida pelo uso pleno do conhecimento tecnológico, do planejamento e do mínimo de degeneração do sistema planta – solo – clima, promovendo uma atividade agrícola em harmonia com a natureza, através do uso de preceitos biológicos e agrônômicos adaptados à nossa realidade edafoambiental.

Os cenários construídos e os exemplos relatados neste livro exemplificam que a escolha reside, essencialmente na forma de desenvolvimento de nossa agricultura ao atender a pressão de demanda por alimentos e matérias primas. A opção pela expansão horizontal, abrindo novas fronteiras e avançando com o processo de degradação sobre áreas altamente frágeis, entre elas a Amazônia e o Pantanal, fará perpetuar o processo instalado no país como fruto da revolução verde, ignorando os avanços no conhecimento que permitem o uso racional dos recursos naturais. No mesmo momento em que o país exporta tecnologias limpas para outras regiões tropicais e subtropicais, viabilizando a sobrevivência de povos em todo o mundo, as premissas de evolução de nossa agricultura continuam a priorizar a degradação dos recursos naturais, com elevados custos diretos e indiretos para a sociedade. Ressalta-se novamente que a comunidade internacional e certamente a brasileira reconhecem que “a preservação e conservação dos recursos naturais é co-responsabilidade de todos os setores da sociedade em todos os tempos – passado, presente e futuro”.

A opção pela expansão vertical da produção é viabilizada pelos avanços tecnológicos dos últimos anos. Esses foram proporcionados pela força de uma verdadeira parceria em busca de soluções tecnológicas a qual tem dominado o agronegócio brasileiro e da qual a pesquisa agropecuária assume papel fundamental. O atendimento a premissas como o incremento da produção por unidade de área e de insumo, maximizando fatores de produção, otimizando o uso de insumos e de mão-de-obra e convivendo pacificamente com a natureza, requer, no entanto, que a sociedade assuma a necessidade em ressarcir os agricultores, gestores ambientais e responsáveis pelo uso e manejo sustentáveis dos recursos naturais, pelos serviços ambientais proporcionados, como proposto por Landers & Freitas (2001) e por Landers et al. (2002b), em especial pela produção de água limpa e em quantidade.

O atendimento ao aumento da pressão de demanda, simplesmente por permitir que cerca de 50 milhões de pessoas consideradas famintas tenham direito a três refeições dignas por dia, deve considerar os cenários e as claras opções do agronegócio, que são muitas, mas que têm como carro chefe à adoção de sistemas conservacionistas baseados no Plantio Direto

nas atividades agrícola e pecuária. Para isto, esse livro se propõe ser um alerta e, ao mesmo tempo, um alento, por deixar saber que existem alternativas comprovadamente viáveis para a nossa agricultura.

## Referências Bibliográficas

- BASSI, L. **Better environment, better water, better income and better quality of life in microcatchments assisted by the land management**. II Project. Washington, D.C.: World Bank. 1999. 1 v.
- BRAGAGNOLO, N.; PAN, W.; THOMAS, J. C. **Solo**: uma experiência em manejo e conservação. Curitiba: N. Bragagnolo, 1997. 102 p.
- BROCH, D. L.; PITOL, C.; BORGES, E. P. **Integração agricultura-pecuária: plantio direto da soja sobre pastagem na integração agropecuária**. Maracaju: Fundação para Pesquisa e Difusão de Tecnologias Agropecuárias, 1997. 24 p. (Informativo técnico, v. 1).
- FREITAS, P. L. de Sistemas conservacionistas, baseados no plantio direto e na integração lavoura-pecuária, como instrumentos efetivos de manejo e conservação do solo, da água, do ar e da biodiversidade. In: REUNIÃO TÉCNICA DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA. **Anais...** Brasília, DF: Superintendência de Cobrança e Conservação., 2001.
- FREITAS, P. L. de; MANZATTO, C. V.; COUTINHO, H. L. da C. A crise de energia e a degradação dos Recursos Naturais – Solo, ar, água e biodiversidade. **Boletim Informativo da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 26, n. 4, p. 7-9, 2001.
- FREITAS, P. L. de. Harmonia com a Natureza. **Agroanalysis**, Rio de Janeiro, v.22, n.2, p. 12-17. Fev., 2002.
- FREITAS, P. L. de; LANDERS, J. N.; TRECENTI, R. Zero tillage as an effective strategy of conservation farming in Brasil. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON LAND DEGRADATION, 2002. Rio de Janeiro. **Proceedings...** Rio de Janeiro: Embrapa; IUSS; IAC; SBCS, 2002. [CD ROM file]
- GUILHOTO, J. J. M.; LOPES, R. L.; MOTTA, R. S da. **Impactos ambientais e cenários de crescimento da economia brasileira**. Rio de Janeiro: IPEA, 2002. 17 p. (IPEA. Textos para Discussão, 892).
- LANDERS, J. L.; FREITAS, P. L. de. Preservação da vegetação nativa nos trópicos brasileiros por incentivos econômicos aos sistemas de integração lavoura x pecuária com plantio direto. In: SIMPÓSIO SOBRE ECONOMIA E ECOLOGIA, 2001, Belém. [**Anais...**] Belém: [s.ed.], 2001.
- LANDERS, J. N.; FREITAS, P. L. de; GUIMARÃES, V.; TRECENTI, R. The Social dimensions of sustainable farming with zero tillage. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON LAND DEGRADATION, Rio de Janeiro. **ANAIIS...** Rio de Janeiro: Embrapa; IUSS; IAC; SBCS, 2002a. [CD ROM file].
- LANDERS, J. N.; FREITAS, P. L. de; PIMENTEL, M. S. É preciso vender a imagem do plantio direto à sociedade: a valoração dos impactos ambientais fora da fazenda é a chave. In: ENCONTRO NACIONAL DE PLANTIO DIRETO NA PALHA, 8. Águas de Lindóia. Conservando a água e preservando a vida. **Resumos**. Águas de Lindóia: FEBRAPDP, Secretaria de Agricultura e Abastecimento do Estado de São Paulo, 2002b. p. 41-43.
- LANDERS, J. N.; SATURNINO, H. M.; FREITAS, P. L. de Zero tillage and technology transfer in the tropics and sub-tropics. In: SATURNINO, H. M.; LANDERS, J. N. (Ed.). **The Environment and Zero-Tillage**. Brasília, DF: APDC, 2002c. p. 119-133.
- LANDERS, J. N.; SATURNINO, H. M.; FREITAS, P. L. de; TRECENTI, R. Experiences with farmer clubs in dissemination of zero tillage in tropical Brazil. In: GARCIA-TORRES, L.; BENITES, J.; MARTINEZ-VILELA, A. **Conservation agriculture: a worldwide challenge**. Proceedings of the World Congress on Conservation Agriculture. Madrid, Espanha: FAO, ECAF, 2001. p. 71-76
- LARA-CABEZAS, W. A. R.; FREITAS, P. L. de (Ed.). **Plantio direto na integração lavoura-pecuária**. 2.ed. Uberlândia: UFU: ICI-AG: APDC, 2001. 282 p.
- OPSCHOOR, H. Economic growth, the environment and welfare: are they compatible? In: Seroa da Motta, R. (ed.). **Environmental economics and policy making in developing countries**. Edward Elgar, Cheltenham, 2001.
- PRETTY, J.; KOOHAFKAN, P. Land and agriculture: from UNCED. In: **A Compendium of recent sustainable development initiatives in the field of agriculture and land management**. Rome: FAO, 2002. 59 p.
- SANO, E. E.; BARCELOS, A. O.; BEZERRA, H. S. **Área e distribuição espacial de pastagens cultivadas no Cerrado Brasileiro**. Planaltina: Embrapa Cerrados., 1999. (Embrapa Cerrados. Boletim de Pesquisa, n. 3).
- SANTOS, T. C. C.; CAMARA, J. B. D. (Org.). **Geo Brasil 2002: perspectivas do meio ambiente no Brasil**. Brasília, DF: IBAMA, 2002. p. 85-130,144-145.
- SATURNINO, H. M.; FREITAS, P. L. de. Efeitos do plantio direto na estabilidade de sistemas de produção de alimentos; In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DA AGROINDÚSTRIA: produção sustentável de alimentos. Uberaba, 2001. **Anais...** Uberaba: Faculdade de Agronomia e Zootecnia de Uberaba, nov., 2001. CD-ROM.



**Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária  
Centro Nacional de Pesquisa de Solos**

*Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento  
R. Jardim Botânico, 1.024 CEP 22460-000 Rio de Janeiro, RJ  
Telefone(OXX-21) 2274-4999 Fax (OXX-21) 2274-5291  
<http://www.cnps.embrapa.br>*

Com satisfação, a Embrapa apresenta à sociedade, em particular à comunidade que trata da questão agropecuária no País, este livro dedicado ao Uso Agrícola dos Solos Brasileiros.

A elaboração deste trabalho é resultado do esforço integrado de especialistas de vários centros temáticos da Embrapa, bem como de outras instituições de pesquisa e fomento, sob a coordenação da Embrapa Solos.

É uma obra que trata do tema do uso agrícola do solo de forma abrangente, abordando o recurso solo como o maior patrimônio, desde a sua constituição, tipos e distribuição geográfica, aptidão para diversos usos atual e potencial, suas limitações e formas de degradação, contaminação e recuperação além aspectos relativos a conscientização da sociedade, políticas públicas, legislação, programas, convenções e cenários sobre o uso do solo.

Utilizando informações específicas, geradas dentro e fora do âmbito da Embrapa, foi possível produzir este documento que retrata o conhecimento atual do potencial e do uso das terras brasileiras sendo um alerta sobre os erros cometidos no passado, mas também um alento por deixar claro que existem alternativas comprovadamente viáveis para o negócio agropecuário brasileiro.

Doracy Pessoa Ramos  
Chefe Geral, Embrapa Solos

Ministério da Agricultura,  
Pecuária e Abastecimento



ISBN 85-85864-10-9