

CENTRO ESTADUAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA PAULA SOUZA
MESTRADO EM TECNOLOGIA

GERSON CATANOZI

UMA PROPOSTA DE MATERIAL DIDÁTICO SOBRE SOLOS PARA O
ENSINO MÉDIO E TÉCNICO

SÃO PAULO

NOVEMBRO, 2004

CENTRO ESTADUAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA PAULA SOUZA

GERSON CATANOZI

UMA PROPOSTA DE MATERIAL DIDÁTICO SOBRE SOLOS PARA O
ENSINO MÉDIO E TÉCNICO

SÃO PAULO

NOVEMBRO, 2004

GERSON CATANOZI

UMA PROPOSTA DE MATERIAL DIDÁTICO SOBRE SOLOS PARA O
ENSINO MÉDIO E TÉCNICO

Dissertação apresentada como exigência parcial para obtenção do Título de Mestre em Tecnologia no Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza, no Programa de Mestrado em Tecnologia: Gestão, Desenvolvimento e Formação, sob orientação do Prof. Dr. Carlos Roberto Espindola.

SÃO PAULO

NOVEMBRO, 2004

C357u Catanozi, Gerson

Uma proposta de material didático sobre solos para o ensino médio e técnico / Gerson Catanozi. – São Paulo, 2004.

140 f.

Dissertação (Mestrado) – Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza, 2004

1. Solo – estudo e ensino. 2. Conservação do solo. 3. Educação ambiental. 4. Ciência do solo. I. Título.

CDU 631.4:37

GERSON CATANOZI

UMA PROPOSTA DE MATERIAL DIDÁTICO SOBRE SOLOS PARA O
ENSINO MÉDIO E TÉCNICO

PROF. DR. CARLOS ROBERTO ESPINDOLA

PROF. DR. OMAR NETO FERNANDES BARROS

PROF^a DR^a ROSELY PACHECO DIAS FERREIRA

São Paulo, 20 de novembro de 2004

Resumo

CATANOZI, G. **Uma proposta de material didático sobre solos para o ensino médio e técnico**. 2004. 129f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia) – Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza, São Paulo, 2004.

O solo é um recurso natural dinâmico com influência direta na formação e organização das comunidades e, portanto, da biodiversidade. Ações antrópicas de uso e manejo inadequados dos solos têm resultado degradações em níveis variados, o que implica diminuição da produtividade, necessidade de insumos agrícolas de reposição e de recursos tecnológicos. No entanto, o emprego de tecnologias somente garante resultados se houver efetivamente o envolvimento do componente humano, desenvolvendo-lhe o conhecimento e a conscientização.

Nesse contexto, a educação deve assumir uma perspectiva reformuladora, co-partícipe da inclusão e equidade sociais. Embora seja difícil estabelecer uma ética ambiental entre as populações assediadas pela fome e a miséria, a educação ambiental torna-se parceira na promoção da sustentabilidade, configurando-se num espaço de práticas e reflexões críticas sobre o modelo de desenvolvimento, sobretudo para os jovens adolescentes, cujo desenvolvimento cognitivo é compatível com aquele necessário a exercer tais questionamentos.

A consulta às principais editoras e a análise dos materiais didáticos disponíveis sobre solos revelaram a quase inexistência de edições para o ensino médio e, quando existem, encontram-se de forma fragmentada, sem maiores aprofundamentos na problemática ambiental dos solos. Assim, considerando a carência de obras didáticas com a abordagem ambiental, o objetivo deste trabalho consiste em propor um material didático sobre solos para o ensino médio.

A construção do conhecimento torna-se mais efetiva à medida que a relação ensino-aprendizagem possa ajustar-se às necessidades da realidade local: grau de aprofundamento que se pretende, desenvolvimento cognitivo de quem aprende, recursos materiais de que se dispõem, dentre outros. Nesse sentido, o material proposto foi elaborado a partir da ressignificação de obras e autores tradicionais, juntamente com experiências pedagógicas desenvolvidas pessoalmente no ensino médio. O conteúdo está organizado em duas partes: teórica e prática. Inicialmente, estão estabelecidos os conceitos e características dos solos – fundamentos. Em seguida, estão relacionados os principais fatores de degradação, suas causas e conseqüências, e algumas das práticas conservacionistas e tecnologias mais importantes e suas vantagens. Finalizando, a parte de caráter interativo apresenta uma lista de páginas na *internet*, questões e experimentos para que se possam problematizar e vivenciar alguns aspectos sobre os solos que podem ser motivadores para o conhecimento e a consciência cidadã em busca da sustentabilidade econômica, ecológica e social.

Palavras-chave: educação ambiental; material didático; ensino de solos; conservação do solo.

Abstract

CATANOZI, G. **Uma proposta de material didático sobre solos para o ensino médio e técnico**. 2004. 129f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia) – Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza, São Paulo, 2004.

Soil is a dynamic natural resource with direct influence in the formation and organization of the communities and, therefore, of biodiversity. Anthropogenic activities of inadequate use and handling of soil have been resulting in several degradation levels, which imply decrease in productivity, necessity of agricultural supplies for replacement and technological resources. However, the use of technologies only guarantees effective results if human involvement is taken into account, developing the knowledge and the awareness of it.

In this context, education must assume a perspective of reform, co-participant of social inclusion and equity. Although it is difficult to establish ethics about environment to the populations threatened by hunger and misery, environmental education becomes a strong partner to promote sustainability, configuring itself as a moment for critical reflections on the development model, mainly for the young adolescents, whose cognitive development is compatible with that necessary one to make such kind of quest.

Contacts with the main publishing companies and the analysis of the available didactic materials concerning soils revealed a lack of published editions and, when they exist, they are very incomplete, without enough analysis of problems. Considering the lack of didactic materials emphasizing soils and environmental issues, the objective of this work consists in proposing a didactic material about soils for high school level.

Construction of knowledge becomes more effective as the teaching-learning relation can be adjusted to the necessities of the local reality: profundity of learning that one intends, cognitive development of who learns, available material resources and so forth. In this direction, the proposed material was elaborated based on traditional works and authors, together all the pedagogical experiences personally taken in high school. The content is organized in two parts: theoretical and practical. Initially, main concepts and characteristics of soils are established – the fundamentals. After that, the main degradation factors, their causes and consequences, and some of the most important practices for soil conservation and their advantages. Concluding, the interactive part introduces a list of internet homepages, questions and experiments so that students can contact and live closely to the reality of soil problems as much as possible in order to get some knowledge and conscience to search for ecological, economic and social sustainability.

Key words: environmental education; didactic material; soil education; soil conservation.

Lista de Figuras

FIGURA 1. Representação da observação do corte de um segmento vertical – perfil – do solo..	37
FIGURA 2. Perfil esquemático de solo.....	39
FIGURA 3. Esquema ilustrativo de variações da espessura de horizontes	40
FIGURA 4. Esquema ilustrativo de uma topopedossequência e os principais fluxos de água.....	41
FIGURA 5. Distribuição volumétrica ideal dos componentes básicos do solo.....	42
FIGURA 6. Representação esquemática da água do solo.....	44
FIGURA 7. Água no solo e disponibilidade às plantas.....	44
FIGURA 8. Representação simplificada das trocas de íons entre micelas e raízes dos vegetais.....	46
FIGURA 9. Representação simplificada da hidratação de alguns íons.....	47
FIGURA 10. Esquema de agregação de argila – de eletrovalência negativa e saturada de cátions (+) – com matéria orgânica, representada pelo grupamento COOH (-)	49
FIGURA 11. Relação entre a produção de serapilheira e a latitude do ecossistema.....	50
FIGURA 12. Esquema simplificado de processos de pedogênese e de morfogênese. As linhas contínuas representam as formas jovens recém-formadas e as pontilhadas o resultado do desgaste	54
FIGURA 13. Nutrientes disponíveis no solo segundo a atividade de diferentes animais.....	59
FIGURA 14. Influência da cobertura vegetal sobre aspectos climáticos locais.....	61
FIGURA 15. Triângulo da textura do solo a partir da proporção granulométrica... ..	66
FIGURA 16. Exemplo de paisagem com diferentes classes de uso do solo	77

FIGURA 17. Mapa esquemático de distribuição dos Latossolos do Brasil.....	102
FIGURA 18. Mapa esquemático da ocorrência de solos Podzólicos ou Argissolos.....	103
FIGURA 19. Esquema representando a preparação das áreas do recipiente com diferentes situações (pH) para observação de minhocas	114

Lista de Tabelas

TABELA 1. Classes de componentes inorgânicos por diâmetro e propriedades..... 45

TABELA 2. Perdas de carbono por erosão em solos do Estado de São Paulo.....83

TABELA 3. Quantidade de terra perdida (na média de seis anos) em função da prática de
manejo..... 83

TABELA 4. Valores nutritivos de fezes e de outros fertilizantes de origem animal para
plantas.....94

Lista de Abreviaturas e Siglas

- ABEU** - Associação Brasileira de Editoras Universitárias
- ABRELIVROS** - Associação Brasileira de Editores de Livros
- ANFAVEA** - Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores
- CAPES** – Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
- CETESB** – Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental
- CTC** – Capacidade de troca catiônica
- DNA** – Ácido Desoxirribonucléico (ADN)
- ECO 92** – II Conferência das Nações Unidas sobre o Ambiente e o Desenvolvimento (Cúpula da Terra)
- EMBRAPA** – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
- EPA** – Environmental Protection Agency
- ESALQ** – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”
- FAO** – *Food and Agriculture Organization of the United Nations*
- GPS** – *Global Positioning System*
- IBAMA** – Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis
- IEA** – Instituto de Economia Agrícola
- IEA** – Instituto de Estudos Avançados
- INEP** – Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira – Ministério da Educação
- INPA** – Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia
- IUSS** – *International Union of Soil Science*
- MIP** – Manejo Integrado de Pragas
- ONG** – Organização não governamental
- ONU** – Organização das Nações Unidas
- SABESP** – Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo
- USDA** – *United States Department of Agriculture*
- USP** – Universidade de São Paulo
- WWF** – *World Wildlife Fund* (original) ou *World Wide Fund For Nature* (atual)

Sumário

1. INTRODUÇÃO.....	12
2. OBJETIVO.....	14
3. O SOLO E A ESPÉCIE HUMANA.....	15
3.1. A TRAJETÓRIA DA CIVILIZAÇÃO HUMANA E O SOLO	15
3.2. EDUCAÇÃO AMBIENTAL: A URGÊNCIA DA PRÁTICA COTIDIANA	20
3.3. MATERIAL DIDÁTICO: UMA FERRAMENTA ADICIONAL NO PROCESSO EDUCATIVO.....	25
4. METODOLOGIA.....	30
5. O MATERIAL PROPOSTO – SOLOS: CARACTERÍSTICAS, IMPACTOS E TECNOLOGIAS.....	35
5.1. O QUE É SOLO.....	35
5.2. O PERFIL DO SOLO.....	36
5.3. OS CONSTITUINTES DO SOLO.....	41
5.3.1. AR DO SOLO.....	42
5.3.2. ÁGUA	43
5.3.3. SÓLIDOS.....	45
5.4. A FORMAÇÃO DOS SOLOS.....	51
5.4.1. DINÂMICA GEOLÓGICA DO PLANETA.....	51
5.4.2. PEDOGÊNESE.....	53
5.4.3. MORFOGÊNESE.....	54
5.4.4. FATORES E PROCESSOS DE FORMAÇÃO DOS SOLOS.....	55
5.5. ATRIBUTOS DO SOLO.....	64
5.5.1. ESTRUTURA.....	64
5.5.2. GRANULOMETRIA.....	65
5.5.3. CONSISTÊNCIA.....	67
5.5.4. COR	68
5.5.5. DENSIDADE DO SOLO.....	69

5.5.6. CIRCULAÇÃO DE ÁGUA.....	69
5.6. ELEMENTOS DE NUTRIÇÃO DE PLANTAS.....	72
5.7. DEGRADAÇÃO DO SOLO.....	76
5.8. PRÁTICAS CONSERVACIONISTAS.....	84
5.8.1. IRRIGAÇÃO.....	86
5.8.2. ADUBAÇÃO VERDE.....	87
5.8.3. PLANTIO DIRETO.....	88
5.8.4. PLANTIO EM NÍVEL E TERRACEAMENTO.....	89
5.8.5. ROTAÇÃO E CONSORCIAÇÃO DE CULTURAS.....	90
5.8.6. CONTROLE BIOLÓGICO.....	91
5.8.7. RECOMPOSIÇÃO DE MATAS CILIARES.....	92
5.8.8. AGRICULTURA ORGÂNICA.....	93
5.8.9. MELHOR APROVEITAMENTO DA BIODIVERSIDADE E REORGANIZAÇÃO DO PADRÃO ALIMENTAR.....	95
5.8.10. NOVAS TECNOLOGIAS.....	96
5.8.11. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	98
5.9. ALGUNS SOLOS BRASILEIROS.....	99
6. ATIVIDADE PRÁTICAS.....	105
6.1. CARACTERIZAÇÃO GERAL DO SOLO.....	105
6.2. ATRIBUTOS DO SOLO: CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS.....	105
6.2.1. HORIZONTES.....	105
6.2.2. TEXTURA.....	106
6.2.3. CONSISTÊNCIA.....	106
6.2.4. ESTRUTURA.....	107
6.3. TEMPERATURA	108
6.3.1. DO AR.....	108
6.3.2. DO SOLO.....	108
6.4. UMIDADE DO AR.....	109
6.5. PRECIPITAÇÃO.....	110
6.6. RETENÇÃO DE ÁGUA.....	110
6.7. UMIDADE DO SOLO.....	111
6.8. pH DO SOLO.....	111
6.9. PEDREGOSIDADE.....	111
6.10. MATÉRIA ORGÂNICA.....	112

6.11. CALCÁRIO.....	113
6.12. ANIMAIS DO SOLO.....	113
6.13. MINHOCÁRIO.....	113
6.14. INTERAÇÃO MINHOCAS-SOLO.....	114
6.15. MICRORGANISMOS DO SOLO.....	115
6.16. DECOMPOSIÇÃO.....	116
6.17. EROÇÃO.....	116
7. LISTA DE PÁGINAS NA INTERNET.....	119
8. CONCLUSÕES.....	128
9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	130

1. INTRODUÇÃO

O solo tem sido objeto de crescentes preocupações em razão das várias formas de degradação a que vem sendo submetido. Desde os primeiros ensaios da espécie humana em utilizá-lo para a agricultura, há cerca de dez mil anos, o processo de transformação das paisagens tem se tornado cada vez mais pronunciado.

A fim de produzir mais alimentos, o ser humano lançou mão do desenvolvimento tecnológico: fertilizantes, pesticidas, máquinas e equipamentos agrícolas, aração, queimadas, monoculturas, dentre outros. No entanto, mediante tais práticas, iniciou-se um processo de comprometimento da qualidade dos recursos naturais, causando o empobrecimento e a erosão dos solos, poluição e contaminação dos ecossistemas aquáticos e terrestres, desertificação e assoreamento.

Paradoxalmente, o aumento da produtividade agrícola, resultado do superaproveitamento das terras, não promoveu necessariamente melhor distribuição de alimentos, nem o fim da fome e da miséria. Além disso, os danos de ordem ecológica, juntamente com diversos fatores de natureza sócio-econômica, a exemplo do descaso com a saúde do trabalhador rural, o processo de mecanização agrícola, a concentração de terras por poucos proprietários e as modificações nas relações sociais e de trabalho, desencadearam um contínuo êxodo do campo para as cidades, contribuindo para a produção de aglomerações humanas desordenadas e despreparadas para acolher esse contingente e garantir igualmente o acesso às oportunidades para a promoção e equidade sociais.

Muitas alternativas têm sido apresentadas para a superação do modelo de desenvolvimento convencional com vistas à sustentabilidade ambiental e sócio-econômica. Considerando que a problemática ecológica dos solos, assim como para todos os recursos naturais, não se dissocia dos demais problemas da sociedade, a educação, sob uma concepção progressista e humanista, também tem uma responsabilidade fundamental no desenvolvimento de competências e habilidades que conduzam à consciência crítica e cidadã.

Embora a questão ambiental deva permear todos os níveis da educação, o ensino médio, etapa concludente da educação básica, que, devido à democratização do acesso à educação formal, abrange uma parcela significativa da população e corresponde às faixas etárias cujo desenvolvimento cognitivo é compatível com aquele necessário para interagir com tais questões, caracteriza o nível de ensino em que se pode co-substanciar o bojo da Educação Ambiental.

Não obstante a prática da Educação Ambiental, de natureza formal ou informal, exerça efetivo papel nas reflexões para a reestruturação sócio-ecológica da sociedade, é essencial a disponibilização de meios que enriqueçam as estratégias para o processo educativo e de construção do conhecimento, uma vez que se constata a carência de recursos didáticos sobre os solos e a temática ambiental. Nesse sentido, ainda que os livros constituam uma das categorias mais popularizadas de recursos didáticos, coloca-se como questão a elaboração de livro sobre solos como material didático para o ensino médio, enfocando a sustentabilidade no aspecto agrônômico.

Portanto, o presente trabalho consiste na proposição de um material didático sobre solos, abordado sob o viés da educação ambiental, a fim de evidenciar e fortalecer a gestão do recurso natural solo.

2. OBJETIVO

Considerando os crescentes impactos das atividades antrópicas sobre os solos e que este é um recurso estratégico na produção de alimentos e no fornecimento e manutenção das condições adequadas de águas subterrâneas e, portanto, na manutenção das sociedades e continuidade de nossa e das demais espécies, e tendo em vista também a importância da educação como um dos meios e espaços abertos à reflexão para a construção de uma nova ética de sistema de desenvolvimento, o objetivo desse trabalho é a proposição de um material didático escrito sobre o tema solos, dirigido para a aprendizagem em educação básica – ensino médio: regular ou técnico – e para aqueles que se interessem pelo tema e pela edificação de um novo parâmetro de uso e ocupação desse importante recurso natural, base da vida terrestre.

3. O SOLO E A ESPÉCIE HUMANA

3.1. A TRAJETÓRIA DA CIVILIZAÇÃO HUMANA E O SOLO

Uma das primeiras percepções de nossa espécie em relação ao solo deve ter sido como a de um mero pavimento ou suporte, superfície sobre a qual estavam as plantas, os animais e as rochas. Esse suporte era parte integrante de uma paisagem passiva em que o homem se deslocava e buscava o provimento de sua subsistência.

Essa, ou algo muito semelhante a isso, deve ter sido a impressão mais provável, visto que o homem era um caçador-coletor durante o período mais longo da Pré-História – o Paleolítico, que se situa no Pleistoceno (RIBEIRO, 2000, p. 39; DIAMOND, 2002, p. 700), época geológica que se encerra juntamente com o recuo das geleiras resultantes da última glaciação (GUGLIELMO, 1991, p. 37). Os humanos de então formavam pequenos grupos nômades que, em sendo caçadores-coletores, caracterizavam-se por explorar temporariamente os recursos locais, exaurindo-os segundo o nível do domínio de técnicas para obtenção desses recursos essenciais.

As modificações ambientais ocorridas até aquele momento, iniciando a época Holocena (LEAKEY, 1995), bem como uma constituição genética mais estável nos últimos quarenta mil anos de evolução humana (EATON & KONNER, 1985, p. 283), foram as circunstâncias em que se desencadeou o primeiro processo civilizatório: a Revolução Agrícola (RIBEIRO, 2000, p. 39; DIAMOND, 2002, p. 124). Tal revolução, iniciada em diferentes regiões, mas em épocas e maneiras não necessariamente distintas, há cerca de dez mil anos, no Neolítico (VASEY, 1992, p. 24), e entendida como a habilidade de introduzir “o cultivo de plantas e a domesticação de animais no sistema produtivo, transfigura a condição humana, fazendo-a saltar da situação de apropriadora do que a natureza provê espontaneamente à posição de organizadora ativa da produção” (RIBEIRO, 2000, p. 20), quando o homem coloca a energia solar a seu serviço, mediante o cultivo de plantas (*Ibid.*, p.4).

Considerado o maior marco na evolução humana, o desenvolvimento da agricultura também iniciou mudanças significativas nos ecossistemas terrestres (SMITH, 1989, p. 1566) e, conseqüentemente, nos solos.

A transição de homem caçador-coletor para agricultor deve ser compreendida como uma conseqüência de um processo de evolução exclusivamente cultural ou tecnológica, mas não de evolução biológica (LEAKEY, 1995, p. 83), e foi decisiva no progresso humano. A

partir de então, passou-se a ter um fornecimento estável de alimento e tempo livre para o estabelecimento da civilização moderna (DIAMOND, 1992, p. 124 e 163).

O novo cenário permitiu derrubar os limites até então impostos e a nossa espécie começou a se multiplicar rapidamente (CHILDE, 1981, p. 80-81). Assim, houve uma evolução sócio-cultural em um movimento histórico de mudança dos modos de ser e de viver dos grupos humanos (RIBEIRO, 2000, p. 15). “Mas, sem demora, um problema se apresentou: o da exaustão do solo. A forma mais fácil de resolvê-lo era abandoná-lo e se afastar. Na realidade, tal solução [era] perfeitamente satisfatória, enquanto [havia] muita terra cultivável” (*Ibid.*, p. 83).

Outras evidências resultantes da ação humana demonstram mudanças e impactos importantes no solo: as queimadas regulares de florestas, interpretadas como possível consequência do cultivo em Taiwan, 12.000 a.C. (*sic!*); as modificações morfológicas dos organismos utilizados na Ásia e nas Américas, 8.500 a.C.; canais de drenagem e irrigação associados à deposição acelerada do solo em Papua Nova Guiné, 7.000 a.C. (VASEY, 1992, p.24); o uso do arado, da força do boi, dos ventos, do carro de rodas e de moendas de pedra (*Ibid.*, p. 25; CHILDE, 1981, p. 111 e 127; EATON & KONNER, 1985, p. 284), bem como as áreas de inundação de rios para irrigação e revitalização do solo (CHILDE, 1981, p. 83-84).

Tão logo os minérios de ferro puderam ser fundidos, a espécie humana desenvolveu a habilidade para confeccionar instrumentos que lhe permitiram abrir novas terras ao cultivo, derrubando florestas e drenando solos, o que era impossível de se fazer eficientemente com instrumentos de pedra, por serem fracos. A utilização desses instrumentos possibilitou também trazer à superfície os elementos férteis do solo, que, nas regiões semi-áridas, podem aprofundar-se além do alcance das raízes. As melhores evidências históricas sugerem que técnicas pré-industriais modernas de cultivo, tais com a irrigação, fertilizantes, arado, dentre outras, tornaram-se conspícuas há 4.000 anos (HOLE, 1992, p. 375). Essas condições significaram colheitas maiores e mais alimento, desencadeando maior expansão populacional (*Ibid.*).

Na Idade Média, há a reversão dos latifúndios agrícolas, estabelecidos nos Impérios de Regadio, na Grécia Antiga e no Império Romano, em terras de uso comum e em bens eclesiásticos (RIBEIRO, 2000, p. 93). A terra passa a ser um importante recurso do poder, mas as técnicas de cultivo não vão além do seu rodízio, isto é, a alternância das culturas, ficando sempre uma faixa em descanso para recuperar a fertilidade, e da utilização da charrua – arado com maior poder de penetração no solo. Ainda que de forma incomum aos padrões atuais, e até surpreendente, muitas comunidades se utilizam, até os nossos dias, dessas e de

outras técnicas mais primitivas no trato da terra, revelando, sob a óptica sociológica, o estado de precariedade dessas sociedades no que tange à produção de alimentos (*Ibid.*) e no distanciamento das mesmas de um pleno desenvolvimento – econômico, ecológico e social – sustentável, a exemplo da pretensão de nossas organizações sociais.

De fato, algumas poucas mudanças ocorreram naquele período (VIEIRA, 1983, p. 12). No entanto, a partir de fins da Idade Média, já se denota o prenúncio de novas transformações, caracterizando uma nova revolução agrícola européia. A plantação de leguminosas, tubérculos e culturas de forragem, em substituição às terras de pousio, e culturas em planícies alagadas tornaram-se práticas em diversas áreas do continente europeu. Paralelamente, no Japão, houve importação de resíduos do processamento de soja para serem utilizados nos campos de arroz. Em diferentes regiões da Ásia, técnicas e conhecimentos distintos floresceram, trazendo novas dinâmicas no trato com a terra (VASEY, 1992, p.217).

Por um longo tempo, os incrementos e as práticas agrícolas foram amplamente apoiados em processos naturais e com a mínima participação do conhecimento científico. A partir do século XIX, há o reconhecimento das disciplinas de química para a agricultura, habilitando o uso de fertilizantes e de outros produtos da indústria química (*Ibid.*, p. 14). Nesse mesmo século, a revolução agroindustrial inicia-se lentamente com a avaliação de novos compostos químicos. A publicação da obra “Química Orgânica em suas Aplicações para Agricultura e Fisiologia”, de Justus von Liebig em 1840, dirige atenção à química na agricultura e às análises do solo, possibilitando a posterior identificação dos macronutrientes e a análise de fertilizantes. A esta época, também proliferaram as estações experimentais agrícolas, muitas das quais já denunciavam evidências de exaustão do solo.

A Ciência do Solo emerge em diversos países, oferecendo não somente suporte à agricultura, mas também estabelecendo a Física, a Microbiologia e a Ecologia dos solos, além do primeiro sistema de classificação de solos, a partir dos trabalhos de cientistas russos, como Dokuchaev, que considerou a interação dos diversos fatores ambientais na formação dos solos, dentre outros (*Ibid.*, p. 226; VOLOBUEV, 1964, p.2).

Segundo VASEY (1992), inovações também ocorreram na América do Norte. Novas rotações, técnicas e sistemas de campo e a aplicação de fertilizantes químicos aumentaram, ainda que os métodos se apresentassem mais simples e rudimentares do que aqueles da Europa e do Japão. Essas mudanças foram, em muito, decorrentes do reconhecimento da crescente exaustão do solo no Canadá e nos Estados Unidos da América, e da intenção de racionalizar o tempo e a forma de trabalho, mantendo a produtividade, uma vez que a força de trabalho escravo estava sendo abandonada.

De acordo com o mesmo autor, no século subsequente o impacto foi ainda maior. A tecnologia de máquinas e equipamentos advinda da Revolução Industrial, primeiramente a vapor, lenha ou carvão, e, posteriormente, à base de petróleo, iniciou um movimento sem precedentes. Com o acesso à abertura e aos transportes de insumos e produtos agrícolas diversificados e mais baratos para os mercados mundiais, a aquisição de tratores e outros aparatos tecnológicos tornou-se padrão nas propriedades agrícolas, na busca por maior e melhor produtividade, sobretudo após a II Grande Guerra.

Os micronutrientes foram devidamente identificados. Os principais fertilizantes químicos foram estabelecidos e os defensivos agrícolas, principalmente inseticidas e fungicidas, passaram a ser científica e comercialmente testados. Novas gerações de compostos químicos, resultantes dos trabalhos de laboratório e campo, têm sido elaboradas e incrementadas ao processo produtivo.

A concentração da posse de terras, os métodos de larga escala e a intensa mecanização transformaram drasticamente o cenário agrícola. O aumento das atividades agroindustriais pode ser medido pelo crescimento concomitante do consumo energético. O mesmo se pôde verificar com a mecanização, considerando-se o número de máquinas agrícolas. Por exemplo, nos Estados Unidos da América, o valor total era de 300 mil unidades em 1940 e subiu para 3 milhões em 1960. Apenas no Reino Unido é que, em 1955, havia 422 mil tratores e, em 1968 o número era de 470 mil. Nesse mesmo período, nos seis principais países da Comunidade Européia o número de tratores triplicou, o que fora também observado no Japão (VASEY, 1992, p. 245-247).

No Brasil, a frota de tratores de rodas em 1960, primeiro ano em que houve a divulgação estatística do setor, era de quase 63 mil unidades. Em 1970, eram mais de 97 mil unidades e, em 2000, 450 mil. Em 1990, em recorde histórico, o máximo registrado no País, era superior a 515 mil tratores (ASSOCIAÇÃO NACIONAL DOS FABRICANTES DE VEÍCULOS AUTOMOTORES - ANFAVEA, 2003, p. 52).

As mudanças sucessivas no conhecimento científico e tecnológico viabilizaram crescentes números para a produtividade agrícola, permitindo aumentos demográficos acentuados ao longo da história humana. Estas tencionam ser as antíteses ao pensamento e às proposições de Thomas Robert Malthus, que, no século XVIII, projetou para o futuro o inevitável: crescimento desigual entre as populações e a produção de alimentos e, conseqüentemente, o abismo da fome. Ao se debater com a fome, a ciência e a tecnologia têm sido as ferramentas da espécie humana na busca pela superação dos limites naturais. No entanto, se atualmente a quantidade de alimento produzido não é o fator necessariamente

limitante, a má distribuição o é, e, se houve crescimento das sociedades, não tem sido sem revés: ecológico, econômico e social.

As profundas transformações na vida do campo, associadas à formação e ao crescimento das cidades e ao processo de industrialização e modernização, têm provocado intensos êxodos rurais. A insuficiência das cidades em absorverem esse grande contingente produz o acúmulo de enormes massas, marginalizadas em sua maioria, de forma a aprofundar as diferenças sociais (RIBEIRO, 2000, p. 134).

Nas sociedades capitalistas altamente industrializadas atuam outras forças reordenadoras, assentadas não tanto em fatores político-institucionais, mas em processos mais profundos de renovação estrutural, que parecem conducentes ao fortalecimento das tendências socializadoras. Entre outras, ressalta a drástica redução do contingente humano dedicado a tarefas agrícolas, acompanhadas de uma propensão a anular as diferenças milenarmente estabelecidas entre os homens, segundo sejam compelidos a acomodar-se a uma condição urbana ou a uma condição rural. A Inglaterra já conta com menos de 5% de sua população ativa ocupada na agricultura; nos Estados Unidos da América, essa percentagem é inferior a 10%. Esse último caso é ainda mais significativo, porque corresponde à economia agrária mais produtiva do mundo. Nas demais nações industrializadas, que alcançaram altos índices de tecnificação na agricultura, observa-se a mesma tendência minimizadora e uma igual aproximação entre o estilo de vida rural e o urbano, correspondente a uma fusão, em marcha, da indústria com a agricultura (*Ibid.*, p. 147-148).

A produtividade e os agronegócios se multiplicam, apoiados pelos incrementos tecnológicos, assim como novos produtos, novos equipamentos e novas técnicas. O emprego de defensivos agrícolas mais específicos e seletivos, sementes resultantes do melhoramento e da engenharia genética e máquinas conectadas a satélites com programas de operação por sensoriamento remoto são algumas das inovações na transição para o século XXI (GOODFIELD, 1994). A exemplo do que KIEFFER (1977) já caracterizava como “revolução biológica”, as novas descobertas habilitam (e não autorizam) o ser humano a impor suas vontades sobre o meio ambiente em que vive.

3.2. EDUCAÇÃO AMBIENTAL: A URGÊNCIA DA PRÁTICA COTIDIANA

As informações acerca da trajetória humana resumem, de forma bastante simplificada, a dimensão histórica do crescimento dos usos e ocupações dos solos, produzindo impactos muitas vezes irreversíveis. Ações antrópicas caracterizadas pelo uso e manejo inadequados dos solos, combinados com o lançamento de produtos tóxicos e com técnicas agropastoris impactantes (BRADY, 1989; CETESB, 2001), têm resultado degradações em níveis variados: rarefação da cobertura vegetal (natural ou introduzida) e da biota associada; arraste da camada mais superficial e fértil do solo, depauperando-o, o que implica diminuição da produtividade e/ou dispendiosa demanda de insumos agrícolas de reposição; contaminação e/ou rebaixamento da disponibilidade de águas subterrâneas; assoreamentos de espelhos d'água; alterações nos parâmetros atmosféricos locais, tais como temperatura e umidade relativa do ar e diversas outras alterações importantes, muitas das quais irreversíveis e que colocam em risco esse recurso de fundamental importância no fornecimento de alimento e água às sociedades modernas.

Ditos populares, tais como “conhecer para preservar” e “usar bem para não faltar”, também têm validade no que se refere ao solo (ROCHA, 1990), pois, o emprego de tecnologias de menor impacto apenas garante resultados se houver efetivamente o envolvimento do componente humano (DERTOUZOS, 1998): fundamentalmente o conhecimento e a conscientização, impondo à educação uma responsabilidade irreversível.

Assim, considerando o reduzido número de obras didáticas disponíveis às instituições de educação básica, constatado por contatos e experiências pessoais, a construção de meios e estratégias para esse nível de educação que viabilizem o contato e a compreensão acerca da importância dos solos é essencial à inserção de práticas que minimizem os conflitos de ordem sócio-ecológica. O reconhecimento do solo como um corpo organizado da paisagem, com propriedades que variam ao longo das vertentes, afigura-se como fundamental ao entendimento de como funciona todo esse complexo em que o homem atua, para que possa respeitá-lo, com o emprego de práticas adequadas para um desenvolvimento sustentado.

Nesse contexto, a educação é convocada a expressar uma nova relação entre desenvolvimento e democracia, podendo atuar de formas diversas, desde o processo de

reprodução social, cristalizando a exclusão e as desigualdades sociais, até o extremo oposto, assumindo uma perspectiva reformuladora e co-partícipe da inclusão e equidade sociais (LIBÂNEO, 1992).

Na sociedade da informação, o processo formal e informal de educação exibe interfaces importantes com a Ciência e a Tecnologia. Essa interação corporifica fundamentos para a construção de produtos e serviços tecnológicos, os quais têm um impacto significativo na sociedade e no ambiente, bem como nas estratégias educativas (BRASIL, 1999).

A vivência do paradigma da educação permanente coloca cada ser humano na necessidade de manter ou retomar a aprendizagem ao longo da vida, caracterizando-se como profissional estudante a fim de defrontar-se com a sociedade em contínua mutação. HOSKINS (1979) já preconizava esta condição à medida que reconheceu que a velocidade de aplicação das descobertas científicas é muito grande, suprimindo momentos aos questionamentos que se fazem necessários, sobretudo os de natureza ética.

O estudante, em qualquer idade, também se depara com a necessidade de se alinhar às expectativas de um ser em contínua formação. Em uma sociedade cada vez mais tecnológica, a educação deve ser dirigida à construção das grandes competências que configuram os atuais pilares preconizados pela UNESCO (2003): aprender a conhecer / aprender a aprender, aprender a fazer, aprender a ser e aprender a conviver (BRASIL, 1999).

O ensino das Ciências Naturais, ainda como reflexo da importância dos currículos dos anos sessenta, limita-se a apresentar a ciência completamente desvinculada de suas aplicações e das relações que tem com o dia-a-dia do estudante, amplamente determinado e dependente da tecnologia. No entanto, a tecnologia difere da ciência porque esta se preocupa com o processo de descoberta das explicações do mundo natural, incluindo, portanto, conhecimento e método; a tecnologia diz respeito à modificação do mundo natural e, portanto, lança mão de todos os recursos que podem ser úteis, englobando os conhecimentos e métodos científicos e também métodos próprios da tecnologia, quer estes estejam ou não, atualmente, embasados em explicação científica. Deve fazer parte da educação dos jovens a compreensão dos objetivos e procedimentos usados na solução de problemas tecnológicos (KRASILCHIK, 1996, p.251).

Apesar das dificuldades derivadas da falta de dados e da pouca tradição no estudo dos aspectos tecnológicos no currículo das Ciências Naturais, há necessidade de incluí-los (esses aspectos) para melhorar a relevância social e a eficiência da educação (*Ibid.*), ligando o ensino da ciência e tecnologia mais estreitamente às necessidades da sociedade, a fim de que se possa buscar e entender a incorporação dos avanços tecnológicos e científicos como instrumentos

que gerem, predominante ou exclusivamente, a melhoria da qualidade de vida e não se transformem em elementos de seletividade e desigualdade sociais. Por isso, ROSENTHAL (1983) alerta para a falta de atenção para o desenvolvimento de métodos para o ensino das relações entre ciência e sociedade e a falta de cooperação entre os profissionais dos diferentes níveis de ensino.

A educação deve estar também ligada ao mundo do trabalho de tal maneira que, ao enfrentarem problemas reais, os alunos possam, mais facilmente, fazer conexões entre o conhecimento teórico e o prático e adquirir as atitudes e aptidões essenciais para o trabalho produtivo – espírito de grupo, senso de responsabilidade e método (KRASILCHIK, 1996). Afinal, o desenvolvimento somente faz sentido no mundo se for amplamente democrático e benéfico à população e considerando os pressupostos da sustentabilidade.

A I Conferência Intergovernamental sobre educação ambiental, realizada em Tbilisi, em 1977, é considerada referência no desenvolvimento de atividades nessa área. Naquela oportunidade, foi proposto que a Educação Ambiental – E. A. – deveria constituir um processo permanente, formal e informal, pronto para agir e reagir às mudanças em um mundo em rápida evolução (DIAS, 2001).

A E. A. pressupõe práticas e reflexões que, segundo NISKIER (1997), levem à formação de um pensamento crítico e atuante e que preparem os sujeitos na construção de uma sociedade mais solidária. Evidentemente, essa consciência é assimétrica nos diversos segmentos sociais. Dessa forma, o auxílio das instituições de ensino é essencial no processo de sensibilização a essas questões, sobretudo diante da assertiva do mesmo autor, acerca da dificuldade em estabelecer uma ética ambiental entre populações assediadas pela fome e a miséria.

Os estudos das ciências da natureza devem estar articulados com os demais saberes, destacando a educação tecnológica básica e a compreensão do significado da ciência (RAMOS, 2003). Essa prática revela oportunidades de diálogos e projetos interdisciplinares, planejados em consonância com as características sociais, culturais e cognitivas do sujeito e que conduzam a aprendizagens significativas.

Compete também à escola expressar a superação da visão da tecnologia como mera aplicação da ciência, de forma a corporificar as culturas técnica e geral na formação plena dos sujeitos e na produção profissional e contínua dos conhecimentos. Nesse sentido, nas relações pedagógicas, o público deve debater e estar ciente das implicações sociais da ciência e, por conseguinte, dos conteúdos a serem aprendidos (HOSKINS, 1979).

Esses pressupostos se compatibilizam com algumas das proposições expostas nos Parâmetros Curriculares Nacionais – PCN, elegendo como parcela importante o desenvolvimento de competências e habilidades como a investigação, a compreensão e a contextualização sócio-cultural (BRASIL, 1999), e considerando reflexões sobre temas de urgência social como meio ambiente, saúde e ética, nos quais se insere o solo sob a perspectiva de práticas sustentáveis. Nesse sentido, a elaboração dos PCN deve ser compreendida como um avanço na direção da conquista efetiva da equidade em educação e, no futuro, equidade sócio-econômica, embora também seja verdade que existem muitos elementos obscuros ou genéricos demais, acarretando lacunas à interpretação dos PCN (OLIVEIRA, 2004).

O processo de expansão do ensino médio indica o acesso gradual ao ensino de um segmento da sociedade que, até então, estava excluído. Se os alunos retornam à escola depois de uma ausência mais ou menos prolongada, isso faz diferença em termos de aprendizagem, principalmente no desenvolvimento de competências articuladas a conhecimentos significativos e atualidades, quando comparados àqueles que se encontram na seqüência temporal normal e contínua de estudos. Para exemplificar, segundo informações do Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais (INEP) do Ministério da Educação, o ensino médio teve um crescimento de 84% nos últimos dez anos, de forma que o número de formandos desse nível de ensino, que está apto a ingressar na educação superior e no mercado de trabalho, mais que dobrou. Contudo, é também verdadeiro que esses números não tornaram clara a qualidade do ensino, uma vez que as estimativas são de que apenas uma minoria tenha atingido um grau de aprendizagem realmente desejável no plano nacional (INEP, 2004)

No ensino-aprendizagem das Ciências Naturais, enfim, é essencial o desenvolvimento de posturas e valores pertinentes às relações entre os seres humanos, entre eles e o meio e entre o ser humano e o conhecimento, contribuindo para uma educação que formará indivíduos sensíveis e solidários, cidadãos conscientes dos processos e regularidades do mundo e da vida, capazes, assim, de realizar ações práticas, de fazer julgamentos e tomar decisões. Estas devem advir das principais competências a serem desenvolvidas nos domínios da Biologia: Representação e comunicação (códigos intrínsecos); Investigação e compreensão (metodologia científica); e Contextualização sócio-cultural (agente transformador, julgamento crítico) (BRASIL, 1999, p.227).

É, portanto, necessário haver a sensibilização dos sujeitos para uma visão global, profissional e cidadã do saber. A valorização da prática empreendedora do conhecimento deve iniciar-se o quanto antes na vida estudantil, como forma de indução precoce do processo

(DOLABELA, 1999), tendo em vista que os conceitos devem ser incorporados ao dia-a-dia do jovem para que as transformações necessárias ocorram (IMPERATRIZ-FONSECA, 1995). Um trabalho pedagógico bem alinhado, colocando a dimensão ambiental como responsabilidade de cada um na construção da sustentabilidade, deve considerar e estar em consonância com os pressupostos das teorias da aprendizagem consideradas pertinentes e coerentes com o modelo de sociedade que se pretende, e revela a importância e a necessidade de se trabalhar “um conhecimento efetivo, de significado próprio, não somente propedêutico” (BRASIL, 1999) na construção de cidadãos críticos, participativos e capazes de aprender continuamente.

Nessa nova concepção, urge a cada educador dirigir atenção especial às experiências prévias (LEGENDRE, 1998, p.159) e à heterogeneidade do público estudante, inclusive o adulto, pois, cada sujeito, somente a seu próprio tempo e a sua própria maneira (GARDNER, 1994), torna-se capaz de construir sistemas abstratos e aprender. Muitas vezes, essas elaborações não são facilmente perceptíveis em todos, sobretudo no período da adolescência, quando alguns jovens exibem suas habilidades pela fala ou pela escrita, enquanto outros as mantêm apenas em um mundo íntimo (PIAGET, 1990, p.62).

Depreende-se dessas considerações a insubstituível participação do educador em facilitar determinadas etapas no processo de aprendizagem e algumas das diretrizes para a elaboração de um material didático que abranja tais aspectos.

3.3. MATERIAL DIDÁTICO: UMA FERRAMENTA ADICIONAL NO PROCESSO EDUCATIVO

O propósito de elaboração de um material didático escrito, que pode ser produzido na forma impressa ou em meio eletrônico, é de que somente a prática não é suficiente, ou de que nem sempre existe a disponibilidade física de executá-la. Além disso, o texto, que apenas pode ser substituído pela expressão oral, limitada ou circunstancialmente, possibilita, ao sujeito que aprende, estabelecer o controle sobre o ritmo de contato com as informações, constituindo-se num material que deixa de ser apenas um “repositório de informações” (PFROMM NETO *et al.*, 1979), mas que pode ser combinado com diversas outras disciplinas, modalidades e materiais didáticos, enriquecendo o processo de aprendizagem.

Afinal, em concordância com PENTEADO (1994, p. 16), o espaço escolar (convívio social, disciplinas e suas atividades) é o local ideal para promover o processo de conjugação entre a compreensão da problemática ambiental também enquanto questões de ordem sócio-política, mediadas pela análise das ciências sociais, e a formação de uma consciência ambiental.

Partindo-se do princípio de que a educação ambiental não deve ser uma disciplina específica do currículo, mas sim uma dimensão de estudo que permeie todo o processo educativo, aparecendo em todas as disciplinas sempre que possível (ROCHA, 1990; NISKIER, 1997; CAPELETTO, 1999; DIAS, 2001), os textos elaborados no material proposto apresentam-se com tal abordagem, implícita ou explícita, a fim de evidenciar a superação de conteúdos exclusivamente conceituais, estruturados e vazios quanto ao estímulo para o desenvolvimento de hábitos ecobalanceados e de forma a vislumbrar a inviabilidade de se habitar o planeta sob o formato ecológico e social atuais. Qualquer mobilização com vistas à promoção de uma consciência ecológica, crítica e que tenha o objetivo de romper com um sistema imutável e petrificado, o qual produziu o mundo como está e que vem educando gerações para que tomem decisões priorizando critérios essencialmente econômicos e locais (*Ibid.*), deve ser bem planejada previamente, anunciando alicerces para a reelaboração da sociedade.

A elaboração desse material didático também busca atender as expectativas de muitos educadores que, segundo FROTA-PESSOA (1986), orientam seus trabalhos a partir dos conteúdos apresentados nos livros; BIZZO (1997) chega a afirmar que muitos professores têm

seu trabalho dirigido pelo que está nos livros, evidenciando que há, muitas vezes, mais a falta de preparo profissional e de recursos materiais do que de interesse por parte da sociedade, que tem reconhecido a importância do assunto solos (OLIVEIRA, COSTA & ABREU, 2001). FROTA-PESSOA (1986) afirma que os educadores entendem como bastante agradável a proposição de experimentos com materiais simples para que os estudantes obtenham dados para resolver problemas, além de despertarem as qualidades formativas da criatividade, fazendo-os pensar, relatar e discutir, isto é, aprender e desenvolver habilidades.

O mesmo autor destaca também que um bom material didático – livro – deve ser enriquecido com atividades práticas, e BIZZO (1988) completa, apontando a necessidade de que os livros e outros materiais didáticos possibilitem o desenvolvimento de habilidades mais elevadas e ambiciosas. Afinal, o aluno deve redescobrir fatos e não simplesmente memorizá-los, pois, a aprendizagem é maior quando o fazer completa o ouvir e o ler. Em sendo o ler o que PENTEADO (1994, p. 68) classifica como uma das dificuldades de muitos estudantes, até mesmo pela falta de oportunidades, hábitos e estímulo para fazê-lo, essas atividades práticas podem fazer essa aproximação de forma mais atraente (SANTOS, BATISTA & DINIZ, 2001). Além disso, o hábito de verificar hipóteses estimula a postura de não aceitar apenas os fatos consumados sem contestações, contribuindo decisivamente para a aquisição da plena cidadania (COLLI, 1991, p.5-6).

Ao diminuir a distância entre teoria e prática, uma vez que são indissociáveis, diminui-se também a postura passiva e de simples memorização por parte dos estudantes (PEGORARO & OLIVEIRA, 1997, p.92-94). Embora as questões educacionais sejam mais amplas, envolvendo os fatores sociais, políticos e econômicos, o trabalho prático facilita a construção dos conhecimentos, o que MAFFIA & CARDOSO (1994) confirmaram com um aproveitamento sensivelmente maior entre aqueles aprendizes que utilizaram materiais experimentais, quando comparados aos resultados da aprendizagem daqueles que não fizeram uso desses materiais.

A preocupação com a aplicação do que foi aprendido se justifica pelo realismo que essa aplicação imprimirá ao ensino, tornando-o mais concreto e, portanto, mais facilmente aprendido. Por outro lado, uma das características mais marcantes dos tempos atuais é um pragmatismo tecnológico que desaconselha qualquer forma de ensino diletantista ou meramente conteudista.

É impossível a qualquer pessoa dominar todos os conhecimentos de uma Ciência, seja ela qual for, principalmente em tempos nos quais as transformações ocorrem de forma e rapidez impensáveis no passado. Não é possível compreender corretamente os acontecimentos que constituem uma Ciência, sem conhecer também os processos

utilizados na aquisição desses conhecimentos. Ambos, processo e conteúdo, constituem faces indissociáveis de um mesmo conjunto.

Por mais que sejam adequados, a proposta curricular e/ou os procedimentos didáticos isoladamente não garantem o desenvolvimento integral dos jovens estudantes. Ao propor-se também foco nas competências e habilidades, coloca-se uma alternativa capaz de favorecer o desenvolvimento mais completo das personalidades, que, segundo PIAGET (1990, p.65-66), pode se efetivar mais proficuamente somente quando o pensamento formal, definido por esse autor, está parcial ou totalmente elaborado.

Trabalhar nessa trajetória aponta na direção da livre reflexão, destacada do real, o que significa ampliar as fronteiras no sentido de exercer o pensamento que PIAGET (*Ibid.*, p.63) denominou hipotético-dedutivo, possibilitando aos sujeitos gerarem e deduzirem conclusões a partir de hipóteses distanciadas do concreto e das observações do real. Assim, todo currículo é uma construção. O desenvolvimento desse currículo visa à concretização de fins sociais e pressupõe o desenvolvimento humano. Portanto, cabe ao educador a gestão dos processos de aprendizagem.

O principal objetivo formativo das disciplinas de Ciências Naturais é garantir uma visão sistêmica da vida. Mais do que nunca, a mudança de paradigmas e a escolha de metodologias alternativas são prioridades na aplicação da nova proposta educativa. Nessa nova ou atual concepção, é condição essencial que os alunos sejam ativos, que desenvolvam o pensamento crítico e a autonomia intelectual. Para isso, é preciso que o educador, suas estratégias e os materiais didáticos sejam parceiros do processo de aprendizagem, de forma a constituírem-se mediadores instigantes entre o conhecimento e o aluno, estimulando sua curiosidade e criatividade e ajudando-o a estabelecer relações, fazer comparações, levantar hipóteses, confrontar diferentes pontos de vista e defender o seu com argumentos sólidos, ainda que, como afirmam KRASILCHIK (1972) e TRIVELATO (1987), a recessão econômica e a revolução tecnológica, evidentes a partir das últimas décadas do século XX, tenham desdobramentos significativos sobre as práticas pedagógicas e o currículo escolar.

O processo de ensino-aprendizagem busca uma mudança cognitiva e comportamental. A necessidade e o prazer de aprender superam obstáculos e modificam os modos de agir, ver e sentir o mundo, muito além dos limites físicos das instituições educativas. No ensino de Ciências Naturais, o aluno, além de incorporar conhecimentos relevantes, significativos e atuais, também precisa compreender como os conhecimentos científicos são produzidos e utilizados na sociedade (CASTELLANI, 1994, p.49).

As atividades que conduzem a essas perspectivas exigem uma maior participação dos alunos e ampliam o espaço da sala de aula. Elas são coerentes com o objetivo inicialmente proposto, de se conseguir, a partir do ensino de Ciências Naturais, que o aluno assumira uma postura mais crítica e participativa. É mais difícil e trabalhosa, mas traz mais recompensas ao professor e, principalmente, ao estudante. É preferível planejar bem umas poucas atividades práticas, mas que estas sejam momentos instigantes e construtivos, que permitam ao aluno compreender, pelas próprias mãos, o que é um processo de investigação, descoberta e construção. Além de permitirem um trabalho interdisciplinar, elas representam um tipo de atividade muito rica, que poderá fornecer dados para serem discutidos e analisados durante várias aulas (*Ibid.*, p.53), associados aos textos e às figuras que o material didático apresenta.

Por essas razões, a partir de consultas, via meio eletrônico, impressos comerciais e contatos pessoais, feitas no ano de 2003 às principais editoras que produzem publicações destinadas à educação básica, regular e profissional, constatou-se a quase inexistência de obras didáticas e paradidáticas que contemplassem especificamente o tema *solos* sob a problemática ambiental.

Entre as vinte e nove editoras consultadas, mediante seus endereços eletrônicos, de contatos pessoais ou de catálogos disponíveis naquele momento, incluindo aquelas pertencentes à Associação Brasileira de Editores de Livros (ABRELIVROS), apenas uma havia lançado um título nos últimos anos. A consulta a treze das editoras das principais universidades públicas – estaduais e federais – do País, relacionadas na Associação Brasileira de Editoras Universitárias (ABEU), também revelou a inexistência de publicações específicas daquela natureza, a exemplo do que fora diagnosticado em diferentes oportunidades (LIMA *et al.*, 2002; YOSHIOKA & LIMA, 2004). Essa não é uma condição essencialmente brasileira. Também na França, o solo é pouco ensinado na escola secundária, mesmo em ensino técnico agrícola; no ensino superior, o ensino do solo também é usualmente deficiente, principalmente no que se refere à morfologia (campo) e à biologia (RUELLAN & DOSSO, 1993).

Os livros didáticos, editados e adotados nos últimos tempos, revelam preocupações crescentes em reservar espaços que cite tal temática: solo e meio ambiente. No entanto, o desenvolvimento do assunto ocorre apenas de forma fragmentada (TOMÉ & FONTES, 2001) e, segundo DIAS (2001, p. 122), muitos desses materiais didáticos abordam a questão sob o aspecto ambiental, mas sem nenhuma contextualização, tratando exclusivamente dos sintomas dos problemas, sem maiores referências às causas ou a outros aprofundamentos. PENTEADO (1994, p. 9-10) lança a crítica, entendendo que, seja sob a óptica científica, seja cultural, ainda

que considerando aspectos muitas vezes relevantes e verdadeiros, deixa-se de defrontar o âmago dos problemas ambientais. A mesma autora coloca em descrédito a prática de considerar que o simples esclarecimento das pessoas sobre as transformações físico-químicas a que o ambiente está sujeito as sensibilize para adquirir um comportamento ambiental pró-ativo. Segundo esse ponto de vista, desencadear processos de informação não conduz naturalmente à resolução da degradação ambiental. As ações transformadoras apenas decorrem do real enfrentamento das questões básicas dos problemas. Assim, a proposição de questões-problema torna-se um meio de busca por soluções reais. A problematização, na dimensão teórica ou prática, revela-se como estratégia de aula que possibilita melhor aproveitamento do conteúdo, pois são consideradas as concepções existentes a partir da realidade de cada um (SILVA, 2001), além de colocar o estudante em uma posição de ação perante os problemas.

Embora muitos dos cursos de graduação e pós-graduação necessitem de modificações significativas em seus currículos, dirigindo maior atenção à formação de profissionais com a visão de conservação do solo (RALISCH, 2001), muitas são as iniciativas para o aprimoramento do ensino e do conhecimento sobre os solos, desenvolvendo a consciência pública sobre a sua importância social, cultural, econômica e ecológica (DOSSO, 2001a). Ações necessárias nesse sentido têm se tornado mais frequentes, não somente no ensino superior, mas na educação básica formal e informal (DOSSO, 2001b). Em alguns projetos, há a interessante aproximação entre comunidade científica e estudantes na busca pelo aumento na consciência individual, ajudando os estudantes a alcançarem um elevado nível de conhecimento em ciências, matemática e tecnologia (BARROS, 2001; NICOLA, 2001). Em outros casos, a elaboração e utilização de cartilhas sobre educação ambiental têm possibilitado o despertar de interesse sobre diversos aspectos do solo desde o ensino fundamental, extrapolando o contexto da sala de aula (GONZALES & BARROS, 2000; DINIZ, SANTOS & BATISTA, 2001; PACHOLOK *et al.*, 2004).

Assim, a proposição de produção desse material busca também a finalidade de suprir essa carência, oferecendo um instrumento à educação básica, que, em função da necessidade e dependendo das circunstâncias, do nível de conscientização e do preparo do educador, tem se utilizado de recursos didáticos de outros níveis de ensino que não o médio, o que pode trazer dificuldades adicionais ao processo educativo.

4. METODOLOGIA

A estrutura e a organização de um material didático devem estar de acordo com a concepção de educação que se adota, a qual norteia os princípios entendidos como válidos para se construir o conhecimento – aprendizagem.

O material proposto consta, além de uma parte teórica, na qual se encontram considerações sobre as características dos solos, as técnicas de manejo e seus impactos, de uma parte de procedimentos práticos, bem como de possibilidades interativas ou de aprofundamentos. Dessa condição, denota-se também a necessária diversificação de formatos e possibilidades, referindo-se, no caso, aos pressupostos das inteligências múltiplas (GARDNER, 1994). Adotou-se também como pressuposto o afastamento da tradição tangível da sala de aula de impor aos estudantes longas listas de exercícios, simples memorização de conteúdos e distanciamento dos problemas reais, elegendo, assim, a importância da reflexão e da discussão das diversas temáticas sobre solos como as estratégias parceiras no processo de aprendizagem.

Essa parte prática, utilizada sob a forma de demonstração, tem como finalidade a apresentação de técnicas, fenômenos e espécimes e justifica-se nos casos em que se deseja economizar tempo, ou em que os espaços ou os materiais disponíveis sejam limitados (KRASILCHIK, 1996, p.112). A demonstração pode ter ainda um caráter complementar à prática das excursões nas quais se concretizam vivências e aproximações da realidade, que podem mobilizar e sensibilizar os estudantes para as aulas expositivo-dialógicas, independentemente do nível sócio-econômico em que se inserem (SANTOS, BATISTA & DINIZ, 2001).

Para os casos de utilização na forma de aulas práticas de experimentação, as finalidades são muitas e podem ser escolhidas pelo educador conforme os objetivos estabelecidos previamente, sendo alguns exemplos: despertar o interesse, envolver os estudantes em investigações científicas, desenvolver a capacidade de resolver problemas, investigar contradições conceituais, estabelecer comparações, distinguir observação de

inferência, além de permitir que os alunos tenham contato direto, manipulando materiais e equipamentos (KRASILCHIK, 1996 p.113-114 e 251), o que aproxima o ensino de ciência e tecnologia com o cotidiano e com as transformações correntes na sociedade.

Em ambas as estratégias de aula, demonstração ou aulas práticas de experimentação, além do elenco de vantagens apresentadas que se oferecem aos sujeitos em aprendizagem, estão contempladas as possibilidades de desenvolvimento daqueles que, por alguma razão, ainda se encontram no estágio que Piaget denominou de “operações concretas”. Assim, o material viabilizaria o trabalho prático como um instrumento diferenciado na promoção da aprendizagem daqueles que se situam em uma etapa da vida cujas capacidades predominantes sejam a de raciocinar indutivamente.

O formato proposto ao material didático pode atender a três dos principais tipos de situações de ensino-aprendizagem: *educação de massa*, praticada na maior parte das instituições de ensino; *educação individualizada*, presencial ou à distância (nesse caso, disponibilização em meio eletrônico) e *grupos de estudo*, cumprindo, respectivamente, os papéis de facilitador do trabalho do educador; de veículo interativo e direcionador do processo de aprendizagem; e de instrumento de suporte para as interações necessárias entre os membros de um grupo específico (ELLINGTON & RACE, 1997, p.41-43).

O texto deve ser apresentado sob estilo, linguagem e vocabulário apropriados ao tipo de material proposto e compatível com as habilidades típicas do público-alvo. Esse pressuposto justifica também o propósito de elaboração do material sob a utilização de uma linguagem menos acadêmica ou tecnicista, sem perder a essência científica e tecnológica do tema.

Algumas sugestões apontadas por ELLINGTON & RACE (*Ibid.*, p.46) para a construção de materiais de apoio à aprendizagem, acolhidas tanto quanto possível, foram a aproximação da escrita à forma de expressão oral, redação de sentenças e parágrafos curtos, utilização de exemplos ilustrativos, figuras, estudos de casos, atividades práticas e divisão clara dos itens e temas em seções.

O material didático proposto discorre sobre definições, características, problemas e tecnologias relativas aos solos. Pelo fato de parte dos conhecimentos sobre os solos não ter sofrido modificações significativas nos últimos tempos, no que tange às suas propriedades, serão consideradas e utilizadas como parâmetro as obras tradicionais mais utilizadas, como as de Nyle C. BRADY (1989), Edmar José KIEHL (1979), Igo Fernando LEPSCH (1977), Antônio Carlos MONIZ (1972), Ana PRIMAVESI (1990), Luís Salgado VIEIRA (1983), os quais são ainda citados como as principais referências em cursos superiores que inserem o

tema solos – agronomia, ciências biológicas, geografia e outros. Dessa forma, a maioria do conteúdo apresentado encontra-se em concordância com as abordagens exibidas por esses autores. As possíveis re-significações de conteúdos derivam das vivências pedagógicas existentes até o momento da elaboração do material. Discordâncias, exceções e especificidades distintas entre os mesmos estão expressas nominalmente, bem como quando da citação de informações de autores diferentes dos mencionados anteriormente.

As atividades práticas sugeridas baseiam-se em vivências próprias. Aquelas que não se enquadram nesse perfil apresentam a referência da autoria. As análises contemplam fundamentalmente a predominância dos aspectos qualitativos sobre os quantitativos. Outras fontes podem e devem ser consultadas para ampliação e diversificação das possibilidades práticas (BARROS, 1990; GONZALES & BARROS, 2000) de favorecimento ao processo de aprendizagem, além de outras propostas que venham a ser ofertadas em meio impresso ou eletrônico.

Entendendo ser necessário promover a aproximação e a inserção do estudante no importante contexto que envolve a questão “solos”, a edição dirigida ao público tem como sugestão apresentar as informações e reflexões discutidas no item **A Trajetória da Civilização Humana e o Solo** precedendo os capítulos e seções presentes no roteiro do material didático. Desse modo, além de constituir um preâmbulo rico e favorável à familiarização com o tema, torna-se facilitada também a perspectiva de desenvolver interfaces com os conteúdos relativos às ciências humanas e suas tecnologias com as ciências da natureza, desde que em consonância com a proposta pedagógica e com os planos da instituição de ensino. De acordo com PENTEADO (1994, p. 16), as questões ecológicas reclamam o que KRASILCHIK (1972) expressa como zona de fronteira entre as ciências: de um lado, a necessidade de serem analisadas pelas ciências humanas, que são as ciências capazes de nos aproximar da compreensão específica deste aspecto tão importante quanto desconsiderado na atualidade; de outro, a formação de uma consciência ambiental, trabalho a ser desenvolvido em educação pelos educadores portadores dessa consciência e, portanto, portadores também, em alguma medida, dos conhecimentos decorrentes de uma abordagem sócio-política da questão.

Ao final do material didático em proposição, encontram-se relacionados alguns endereços disponíveis na internet, os quais contemplam informações e assuntos relativos a meio ambiente, desenvolvimento sustentável, ecossistemas, agricultura, pesquisas, além de uma série de instituições e organizações não governamentais (ong's) e outras entidades que apresentam, de alguma forma, interfaces com a questão dos solos. Sugere-se também a

consulta à lista de *sites* internacionais propostos por BOS & RUELLAN (2001). Mediante tal condição, a atualização e a aproximação do real podem ser constantes, dinamizando a aprendizagem nas situações em que os recursos de informática e mídia estão disponíveis.

A estrutura adotada para compor o material didático decorre dos seguintes princípios:

- a) estabelecer primeiramente os fundamentos e, posteriormente, os elementos em que são necessárias análises críticas;
- b) os conteúdos de caráter teórico e prático podem ser trabalhados separadamente, embora sejam complementares;
- c) a organização da seqüência dos itens (estrutura) e linguagem foram elaboradas a partir de sucessivas utilizações em situações pedagógicas reais no ensino médio, permitindo ajustes segundo as dificuldades de aprendizagem apresentadas até então, o que demonstra ser o resultado de vivências prévias e não se limitando a meras suposições ou projeções teóricas.

Considerando os diversos aspectos expostos, o material didático em proposição é apresentado segundo o roteiro que consta de partes distintas, mas articuladas, sendo em seqüência as definições e características, impactos ambientais (degradação), conservação dos recursos naturais (práticas conservacionistas e tecnologias) e atividades (experimentos, observações, questões-problema e páginas da internet), distribuídos conforme os itens a seguir:

Título geral - Solos: características, impactos e tecnologias.

1 - O que é solo

2 - Horizontes, perfil, cobertura pedológica.

3 - Constituintes – fases sólida (mineral e orgânica), líquida e gasosa.

4 - A formação dos solos

Dinâmica geológica do planeta.

Processos de acúmulo: espessamento do manto alterado – pedogênese (solo).

Processos de remoção: erosão - modelagem das superfícies – morfogênese (relevo).

Fatores e processos de formação dos solos

5 - Atributos do solo

Estrutura – Torrões, agregados, partículas secundárias, porosidade.

Granulometria e textura – Partículas primárias – areia, silte e argila.

Consistência – Forças de adesão e coesão; solo seco, úmido e molhado.

Cor – Coloração, padrões de cores, manchas, escurecimentos.

Densidade do solo

Inferências sobre circulação de água em superfície e em profundidade.

6 - Elementos de nutrição de plantas

Elementos nutrientes – essenciais e secundários; micronutrientes.

Elementos nocivos às plantas.

Estado nutricional do solo.

Importância da matéria orgânica.

7 - Degradação do solo.

Intensidade das práticas agrícolas.

Noção de capacidade de uso das terras.

Técnicas tradicionais de manejo – conseqüências.

Erosão e assoreamento.

8 - Práticas conservacionistas

Tecnologias.

9 – Solos brasileiros

10- Atividades

Avaliação prática dos principais atributos.

Problematizações e questões.

Páginas na internet que contemplam os temas: solos, desenvolvimento sustentável, educação ambiental, instituições e organizações governamentais e não governamentais.

5. O MATERIAL PROPOSTO – SOLOS: CARACTERÍSTICAS, IMPACTOS E TECNOLOGIAS

5.1. O QUE É SOLO

O conceito popular de que o solo é a camada mais superficial do planeta é muito antigo. Sem dúvida, podem existir diversas definições que se diferenciam em função da utilização que ao solo se pretende dar. À medida que os conhecimentos científicos evoluem, essas definições têm se multiplicado, tornando-se cada vez mais diversas, muitas das quais exibindo interpretações discordantes (VIEIRA, 1983, p.12-15). Evidentemente, ter o conhecimento de algumas das derivações dessas definições é importante. O solo pode ser compreendido como a camada mais superficial e rica em matéria orgânica, na qual as plantas desenvolvem suas raízes, o que freqüentemente equivale à profundidade do alcance das peças do arado. Dessa forma, a camada imediatamente inferior a essa recebe a denominação genérica de subsolo (*Ibid.*; KIEHL, 1979).

Definições tradicionais ou antigas fizeram parte da trajetória humana, o que já se denota no Antigo Testamento, no Livro do Gênesis, que trata o chão seco de terra (solo) como o local em que se produzem relva, ervas e árvores (SBCI, 1990, Gn 1, 10-11). De fato, do ponto de vista ecológico, o solo é a parte da terra onde vivem as plantas (KIEHL, 1979, p.23), além da fauna e da microbiota típicas, que, juntamente com os materiais intemperizados da crosta, intermisturam seus produtos da decomposição (ODUM, 1988, p.169).

Até o início do século XIX, os solos eram entendidos, sob o ponto de vista estático de Mitscherlich, como simples reservatórios passivos de nutrientes às plantas, sem quaisquer influências dos processos de formação. Alguns anos mais tarde, muitos trabalhos, dentre eles os de Justus von Liebig e os de Hunphrey Davy, demonstrando, respectivamente, a participação dos minerais como os principais nutrientes às plantas e o estabelecimento da relação entre o solo e os seus fatores de formação, contribuíram para a compreensão do solo como um corpo dinâmico (VIEIRA, 1983, p.12-3).

Segundo VOLOBUEV (1964, p.2), ainda no século XIX, considerando os agentes formadores do solo, Dokuchaev o definiu como a camada externa de rochas modificadas naturalmente por ação combinada de muitos fatores ambientais (bióticos e abióticos), constituindo-se um corpo natural, histórico e autônomo.

Nas últimas décadas, muitos pesquisadores têm utilizado uma definição mais ou menos comum, reunindo aspectos relativos à Pedologia e à Edafologia. Ambas são ciências do solo, sendo que a primeira estuda as características físicas, químicas e biológicas do solo, suas origens e evolução, e a segunda estuda o solo e suas relações com as plantas (LOZET & MATHIEU, 1991; GUERRA, A. T. & GUERRA, A. J. T., 1997). Nesse caso, o solo é genericamente compreendido como um corpo natural na superfície da terra, dinâmico, complexo, tridimensional, poroso, que se modifica na paisagem, graças a ações diferenciadas do ambiente, contendo matéria viva e suportando ou sendo capaz de suportar plantas (MONIZ, 1972; VIEIRA, 1983, p. 15; BRADY, 1989, p. 8; MELLO *et al.*, 1989, p.7; BERTONI & LOMBARDI NETO, 1990, p.37; EMBRAPA, 1997; ESPINDOLA, 2003;). Portanto, este é um recurso com influência direta na formação e organização das comunidades biológicas e, conseqüentemente, da biodiversidade (ODUM, 1988).

O solo também pode abrigar outras definições, constituindo-se como corpo histórico, uma vez que guarda, de alguma maneira, o registro das práticas humanas ao longo de sua existência – a forma de obtenção de alimentos, instrumentos da arte e da tecnologia, ritos religiosos e a relação com o ambiente, como o descaso das contaminações mais recentes. Além disso, até certo limite, compõe o diário do planeta, armazenando informações sobre suas origens e o início e evolução da vida, a exemplo dos registros fósseis.

Sob a óptica urbana, distinguem-se os modelos de ocupação do solo priorizando a impermeabilização mediante cobertura asfáltica ou de concreto, que redundam em alterações importantes nos sensíveis processos de infiltração e escoamento de água. Conseqüentemente, o reabastecimento dos compartimentos subterrâneos de água sofre, muitas vezes, efeitos de sorte imprevisível. Além disso, inundações, escorregamentos de terra e incremento no assoreamento de cursos d'água são eventos comuns em muitas cidades. Diversas outras formas de observação em relação aos solos podem ser objeto de estudo da agronomia, ecologia, engenharia, geografia, geologia etc (DOSSO, 2001a), além das intervenções multidisciplinares como a urbanização, as obras viárias, as barragens e a mineração, dentre outras, que requerem atenção e necessidades diferenciadas. Por essa razão, sabendo-se das diferentes conotações e usos a que os solos são submetidos, serão privilegiados fundamentalmente os aspectos agronômicos.

5.2. O PERFIL DO SOLO

Ao considerar a definição apresentada como a de um complexo dinâmico, tridimensional, poroso e submetido às ações e alterações ambientais, compreende-se que o solo não é um corpo homogêneo, mas que existem variações nos segmentos verticais e horizontais.

O corte de um segmento vertical – perfil – do solo, a exemplo de uma fatia, revela diferenças em algumas características à medida que se varia a profundidade. Na verdade, essas diferenças de extensão variável formam camadas mais ou menos horizontais e, por isso, são chamadas Horizontes Edáficos ou, simplesmente, Horizontes (FIGURA 1).

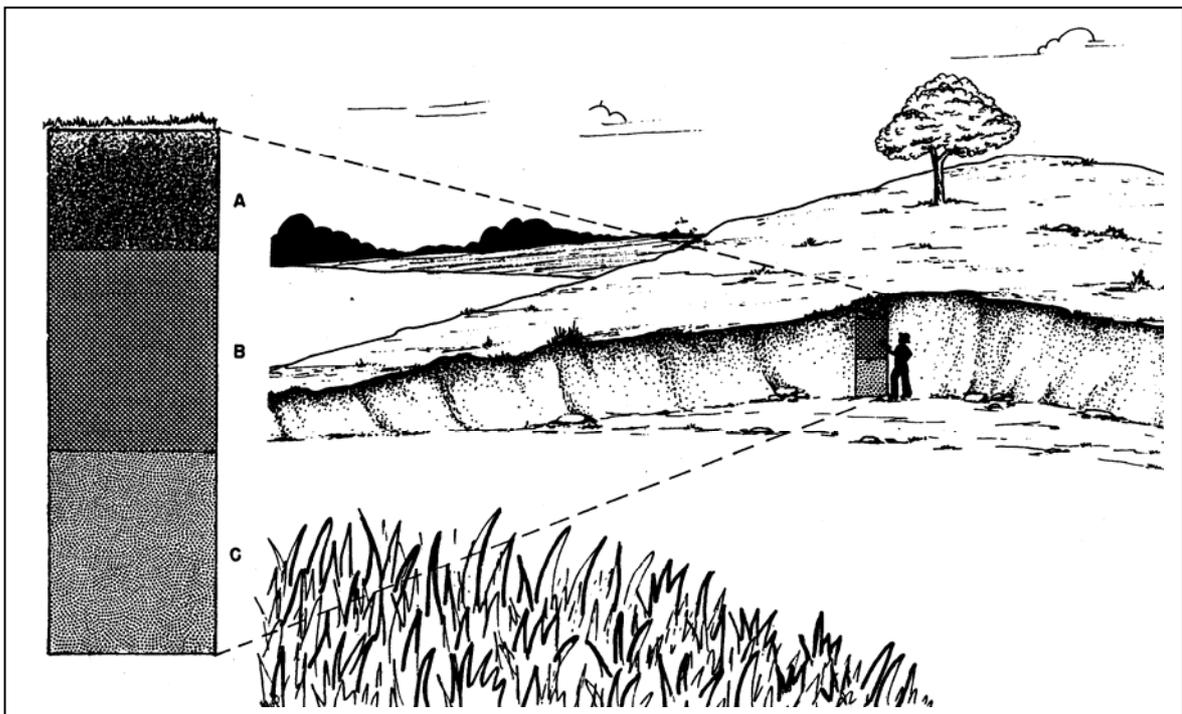


FIGURA 1 - Representação da observação do corte de um segmento vertical – perfil – do solo (adaptado de CENTRO DE TECNOLOGIA EM RECURSOS NATURAIS, 1986).

Embora a maior ou menor diferenciação dos horizontes varie de solo para solo ou de região para região, algumas informações gerais podem ser observadas na distinção e classificação dessas camadas.

Muitos autores descreveram em suas principais obras que os horizontes de um solo são, por convenção, classificados de cima para baixo, respectivamente pelas letras O, A, B, e C, sendo que essas camadas podem ser subdivididas, quando houver necessidade de

diferenciações mais específicas e detalhadas entre as mesmas, em um mesmo horizonte. Nesse caso, as subdivisões e suas peculiaridades são representadas acrescentando-se às letras números arábicos quando forem necessários, por exemplo, A₁, B₁, C₂ etc. Sob todas essas, pode estar representada a camada R – rocha consolidada.

De acordo com o sistema da EMBRAPA (1988, 1999), as letras maiúsculas são utilizadas para designação de horizontes, transições ou combinações de horizontes, sendo O, H, A, AB, A/B, AC, E, EA, E/A, BA, B/A, B, BC, B/C, CB, C/B, C, F, R, seguindo critérios próprios, ainda que muitas das características sejam comuns às descrições apresentadas no primeiro sistema. Letras minúsculas (a, b, c, d, e, f etc) são usadas como sufixos para qualificar distinções específicas dos horizontes, por exemplo Od, Ac, Bt, Cg etc. Outras designações podem ser expressas mediante a utilização de prefixos e sufixos numéricos (1,2,3) que exprimem, respectivamente, a descontinuidade litológica e a subdivisão de horizontes principais em profundidade.

Sumariamente, os horizontes podem ser caracterizados conforme a seguinte descrição:

O – Horizonte situado no segmento mais superficial do solo, rico em material orgânico, mais ou menos decomposto pelos diversos organismos (folhas, tecidos vegetais, raízes, excrementos, organismos), podendo estar ocasionalmente saturado de água. Resíduos ainda identificáveis ou pouco alterados – a serapilheira ou folhedo – constituem o Oo e aqueles, parcial ou totalmente decompostos, de improvável identificação, o Od. Em solos cultivados, principalmente em regiões tropicais úmidas, ele usualmente não ocorre, aparecendo em superfície o horizonte A. Para regiões em que há prolongada estagnação de água, utiliza-se H e não O.

A – Horizonte mineral, usualmente mais rico em matéria orgânica do que os horizontes abaixo, conferindo-lhe cor escura, e com intensa atividade biológica (A₁), que decresce à medida que se aprofunda no horizonte, podendo ou não apresentar perda significativa de argilas minerais, ferro e alumínio, o que se torna mais evidente nas transições para B (A/B). Esse horizonte caracteriza-se por ser o volume no qual as raízes das plantas mais se desenvolvem. Se a perda de argila e óxidos (eluviação) for muito intensa, adquire uma coloração cinzenta esbranquiçada, constituindo outro horizonte – E (eluvial).

B – Horizonte mineral, no qual muitos dos componentes orgânicos foram convertidos em compostos essencialmente minerais pelo processo de decomposição – biótica e abiótica. Acúmulos de argila, óxi-hidróxidos de ferro ou alumínio, principalmente, podem ter sido translocados (iluviação), a partir de remoção (eluviação) de A, sendo BA uma zona de transição superior, seguindo-se propriamente B, que pode ser subdividido em B₁, B₂ etc.

C – Horizonte mineral de material inconsolidado, pouco afetado e com baixa influência biológica, podendo revelar componentes identificáveis da rocha alterada subjacente (fragmentos de rocha e de minerais alterados). A EMBRAPA (1999) tem considerado também como C o horizonte arenoso espesso (com menos de 15% de argila), sem evidência da presença de fragmentos de rochas e de minerais em alteração (areias quartzosas ou solos quartzarênicos).

R – Representa a rocha subjacente, que pode ser a matriz do solo (material de origem) acima desenvolvido (solo autóctone). Há, entretanto, solos oriundos de materiais transportados e, posteriormente, depositados em cima dessas rochas (solos alóctones).

Sem dúvida, a natureza (atributos) e as espessuras relativas dos horizontes geralmente são muito variáveis em função das diversas regiões climáticas e das situações topográficas e/ou outras peculiaridades locais (salinidade, pedregosidade etc). Além disso, de acordo com o tipo de solo, um ou mais desses horizontes podem estar ausentes ou pouco desenvolvidos. Observe-se a representação esquemática dos horizontes descritos (FIGURA 2) e um exemplo de suas possíveis variações de espessura (FIGURA 3):

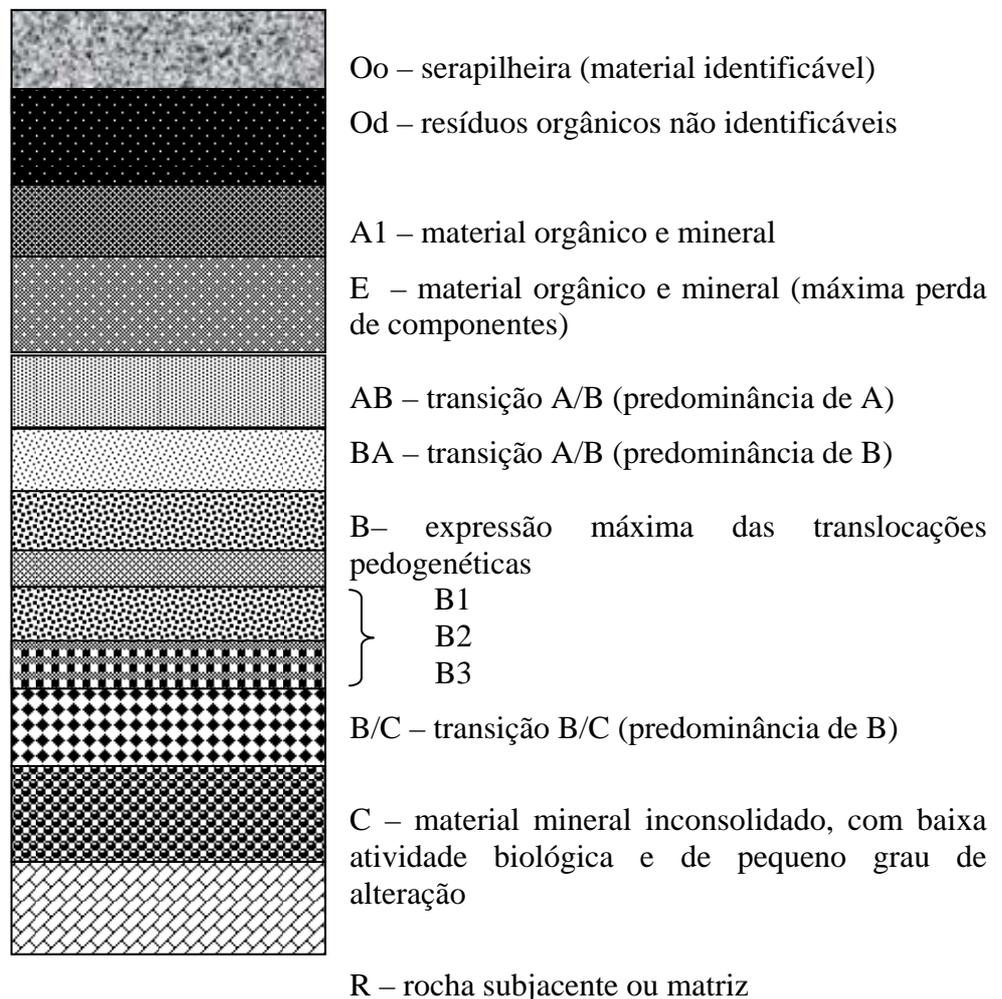


FIGURA 2 - Perfil esquemático de solo (adaptado de FERREIRA, 1979; VIEIRA, 1983; EMBRAPA, 1999).

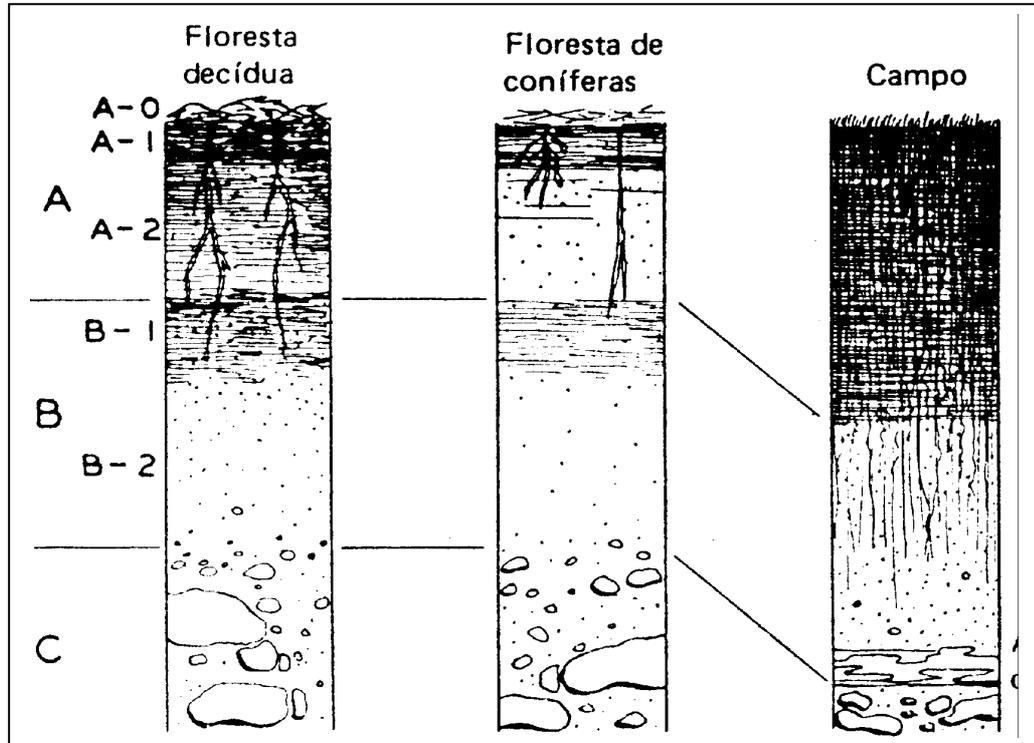


FIGURA 3 - Esquema ilustrativo de variações da espessura de horizontes (adaptado de ODUM, 1988).

Assim, por exemplo, Ap significa horizonte A que sofreu mobilizações (p provém de *plow* = arado), sendo, em geral, o horizonte superficial de todos os solos cultivados; Bt: B textural (horizonte com acúmulo expressivo de argila, mostrando revestimentos brilhantes como cera – cerosidade); Bw: B latossólico ou óxico (w de *weathering* = intemperismo, revelando-se muito intemperizado e com uma estrutura microagregada); Cg: horizonte C gleizado (*glei* = cinza, referente a acúmulos sazonais com água, hidromorfia).

Contudo, como já fora mencionado, além da visão vertical (perfil), as variações horizontais na paisagem ou no relevo também são importantes e caracterizam as topopedossequências. São informações que contribuem com o entendimento das manifestações biológicas, com os fluxos de água e ventos, ensejando melhor compreensão acerca da erosão e da distribuição das comunidades biológicas (FIGURA 4).

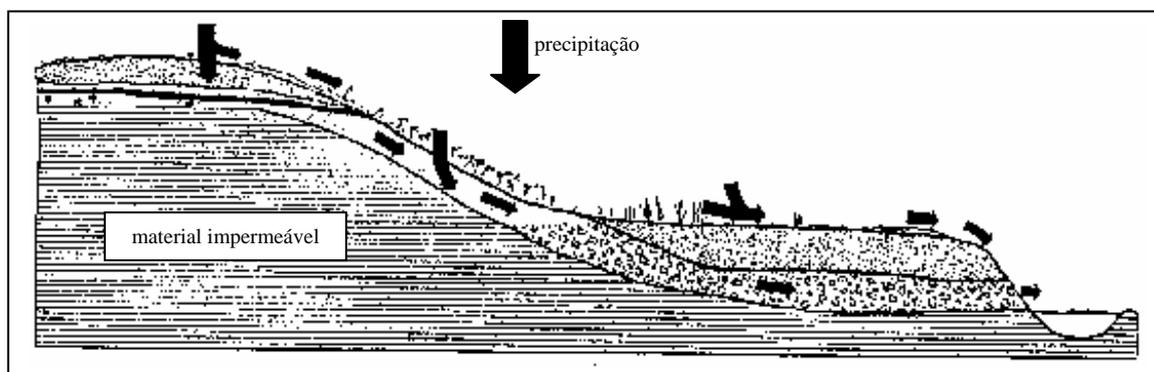


FIGURA 4 - Esquema ilustrativo de uma topopedossequência e os principais fluxos de água (adaptado de COURTNEY & TRUDGILL, 1984).

5.3. OS CONSTITUINTES DO SOLO

O solo apresenta três fases: sólida (substâncias minerais e matéria orgânica), líquida e gasosa, constituindo um sistema volumétrico complexo; as duas últimas fases compõem o sistema poroso, sede de inúmeros processos de interface com a fase sólida.

Considerando-se o volume desses quatro componentes básicos, estima-se que a composição de um solo mineral ideal, segundo AMARAL (1989) e BRADY (1989), deve conter cerca de 50% de sólidos – minerais e orgânicos – e 50% de porosidade – preenchidos pela água e pelo ar (FIGURA 5).

Evidentemente, trata-se de uma estimativa generalista, visto que, em condições específicas, como a de determinadas etapas do cultivo de algumas espécies, a exemplo da cultura de arroz, que se desenvolve em locais total ou parcialmente inundados, essa condição pode ser substancialmente diferente. Naturalmente, em função das condições climáticas sazonais, influenciando o “clima do solo”, ou pedoclima, as proporções de ar e água nos poros são também variáveis.

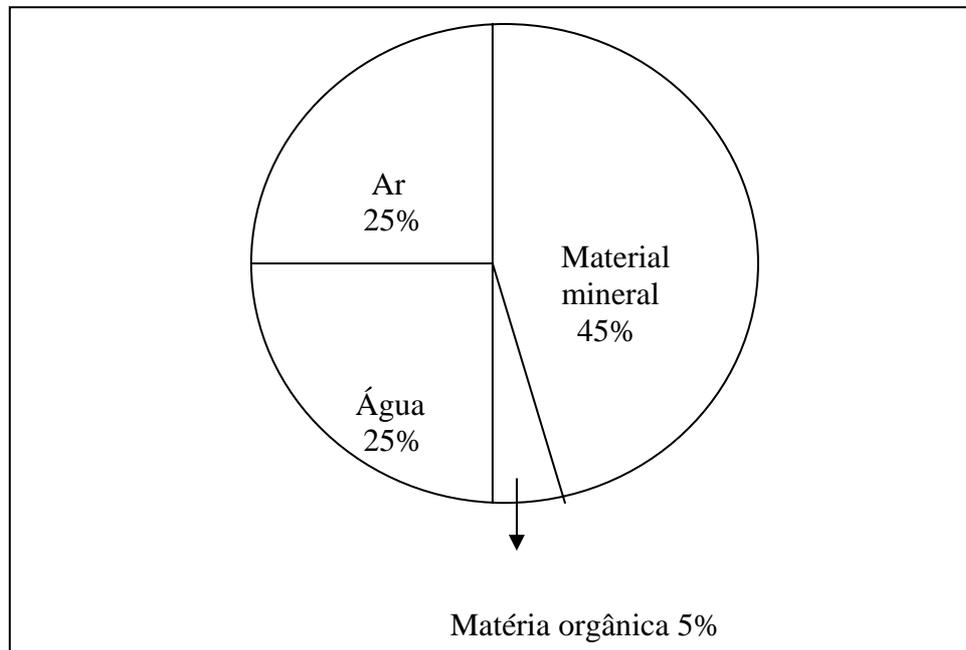


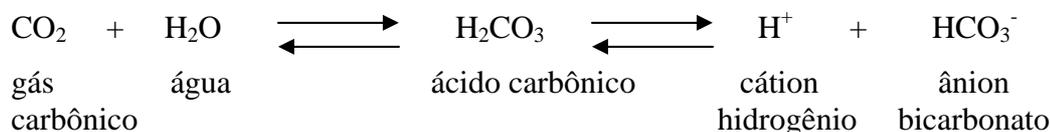
FIGURA 5 - Distribuição volumétrica ideal dos componentes básicos do solo (adaptado de AMARAL, 1989).

5.3.1. Ar do Solo

O ar presente no solo difere, de alguma forma, daquele presente na superfície. Preenchendo total ou parcialmente os poros (macroporos), o ar do solo, que varia segundo as estações do ano, a profundidade, o tipo de solo analisado e, principalmente, a quantidade de água existente no momento, apresenta maior concentração de gás carbônico e menor de oxigênio do que aquelas do ar atmosférico, uma vez que há significativa atividade biológica sem que ocorra o processo fotossintético (provedor de oxigênio gasoso), devido à ausência de luz. O ar também se faz presente dissolvido nos líquidos do solo – a água ou as soluções que esta constitui.

A umidade relativa do ar do solo é comumente maior do que a atmosférica e a sua temperatura é normalmente mais amena à medida que aumenta a profundidade. Além disso, as variações desses dois últimos fatores são menos abruptas do que aquelas observadas na superfície. A intensidade das reações de decomposição da matéria orgânica nos horizontes superficiais usualmente os enriquece de CO_2 , que, em contato com a água das chuvas,

propicia a formação de ácido carbônico, que se dissocia e concorre para a acidificação do meio, em razão da liberação de íons H^+ , conforme a reação:



5.3.2. Água

A água presente no solo, como ocorre em qualquer ambiente, é componente essencial à vida, seja como solvente, diluente ou veículo de gases e nutrientes, seja como recurso metabólico e fisiológico, necessário aos organismos vivos que se encontram no próprio solo ou captado pela plantas por meio de suas raízes.

A água que infiltra no solo por meio da chuva, irrigação, inundações dentre outras formas, dependendo do volume, preenche os poros maiores – macroporos – e os poros menores – microporos – e, normalmente, mistura-se a vários componentes, formando soluções ou suspensões. Mas, nem toda essa água mantém-se disponível aos seres vivos associados ao solo. Os conteúdos de água mais próximos à superfície apresentam evaporação tanto maior quanto mais exposto ou desprovido de cobertura vegetal estiver o solo, retornando à atmosfera – ciclo da água, além das demais condições ambientais: temperatura e umidade relativa, principalmente.

Parte da água do solo, sobretudo aquela distribuída pelos macroporos e que está pronta e momentaneamente acessível aos organismos, não exerce tensão maior do que 1/3 atm e pode se perder facilmente ao aprofundar-se no solo, pelo efeito da força da gravidade, tornando-se indisponível ao alcance das raízes das plantas. Por isso, recebe a denominação de água gravitacional. Uma segunda parcela da água mantém-se essencialmente nos microporos e denomina-se água capilar; quando ela é bem acessível (disponível) às plantas, caracteriza a capacidade de campo do solo, pois, ainda que associada às diversas partículas do solo pela tensão superficial, essas não a retêm irreversivelmente, permitindo sua livre drenagem. Finalmente, existe uma parte da água que fica retida no solo sob a tensão aproximada de 15 a 30 atm, mediante forças de adesão às partículas – principalmente os colóides – e, portanto, nesse caso, independentemente do volume, a água permanece indisponível às plantas, ainda que as células das raízes exerçam pressão osmótica significativa. Pelo fato de a água estar fortemente adsorvida àquelas partículas, liberando-as somente ao se evaporar, ela é

denominada higroscópica. Assim, a disponibilização de água no solo é fundamental ao desenvolvimento vegetal e, conseqüentemente, à produtividade e ao uso racional de ambos os recursos – a água e o solo (FIGURAS 6 e 7).

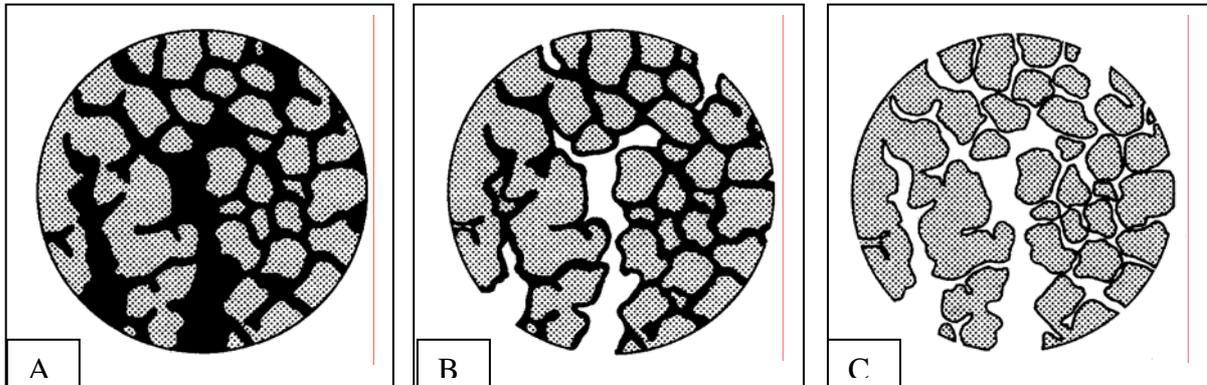


FIGURA 6 - Representação esquemática da água do solo (em preto: a água; hachurado: partículas do solo; sem preenchimento: poros): (A) em saturação; (B) na capacidade de campo; e (C) no ponto de murchamento permanente (adaptado de McRAE, 1988).

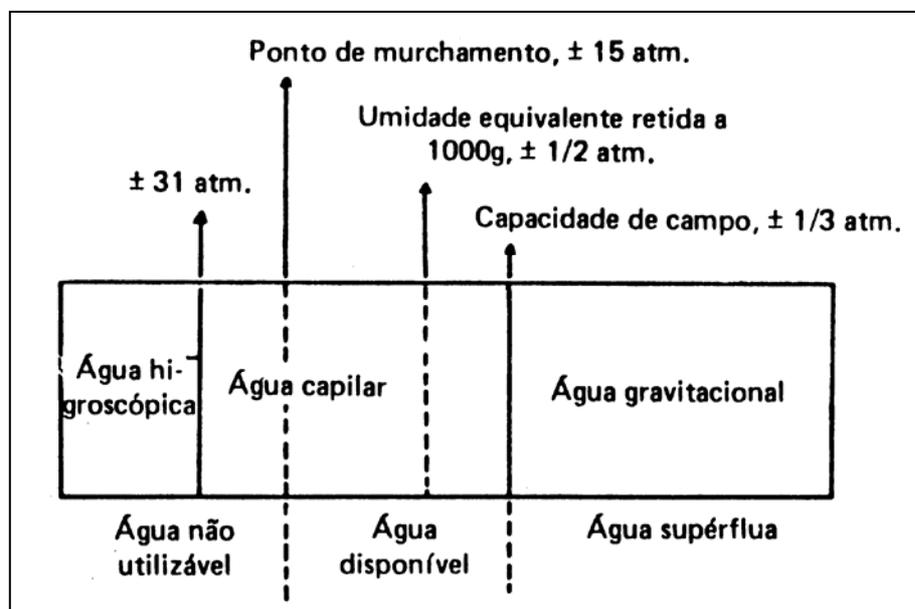


FIGURA 7 - Água no solo e disponibilidade às plantas. Os sinais + e - indicam o valor aproximado (adaptado de MELLO, 1989).

A capacidade de retenção de água no solo e a sua disponibilidade às plantas variam em função das composições granulométrica e mineralógica, das características e do estado de conservação do solo, além de fatores importantes, tais como a topografia, a cobertura vegetal, o manejo praticado etc. A partir dessas observações, evidencia-se a importância do conhecimento das propriedades e das condições do solo para a manutenção ou o aprimoramento da porosidade e da permeabilidade do solo.

5.3.3. Sólidos

Entre os componentes sólidos do solo, encontram-se aqueles de natureza mineral ou inorgânica e os de natureza orgânica, cujo conjunto pode também ser denominado *matrix*.

Os minerais são partículas de tamanho e composição variáveis, conforme a constituição, o grau de intemperização e desagregação do material do qual derivam e das modificações processadas nessas partículas ao longo do tempo. Portanto, uma classificação simples dos componentes minerais pode agrupá-los segundo o tamanho e suas respectivas composições gerais, conforme a TABELA 1.

TABELA 1 - Classes de componentes inorgânicos por diâmetro e propriedades (adaptado de BRADY, 1989).

Diâmetro médio (mm)	Denominação	Composição
Muito grosso (maior que 20)	Pedras	Fragmentos de rocha
(de 20 a 2)	Seixos / cascalhos	
Grosso (de 2 a 0,02)	Areia	Minerais primários
Fino (de 0,02 a 0,002)	Silte	Minerais primários e secundários
Muito fino (menor que 0,002)	Argila	Minerais secundários (maioria)

Os minerais primários, frequentes nos sólidos de maior tamanho, são resultantes das rochas por processos de fragmentação, tais como: quartzo, mica e feldspato. Por outro lado, os minerais secundários, encontrados nos materiais mais finos do solo, são formados pela ação do intemperismo, com a modificação de rochas e de outros minerais, como os argilominerais, os óxidos de ferro e alumínio etc. No entanto, ambos têm importância na composição e propriedades dos solos.

É importante destacar os argilominerais, partículas minerais de dimensões inferiores a 0,002 mm (2 micra / micrometros), constituídas por silicatos (caulinita, montmorilonita, ilita etc) e por óxidos (hematita, goetita – de ferro; gibbsita – de alumínio); as principais são formadas por camadas de lâminas sobrepostas umas às outras, conferindo ao conjunto um aspecto de placa.

Em geral, emprega-se a denominação genérica “argilas” tanto para as partículas de natureza mineral (argilominerais) como para as de natureza orgânica (húmus), de reduzido tamanho (da fração dos colóides) e, por isso, de elevada superfície específica. Um fragmento de quartzo na dimensão de uma areia praticamente não retém água superficial; se ele for moído a uma dimensão muito fina (coloidal), passa a reter muita água. As “argilas” são capazes de reter diversos nutrientes no solo, trocando-os com as raízes das plantas, para nutrição das mesmas (Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ etc) e minimizando suas perdas pelas águas de circulação. As partículas coloidais individuais (micelas) dos argilominerais e do húmus possuem cargas superficiais negativas (atraem cátions da solução) e as dos óxidos são positivas (atraem ânions como o PO_4^{3-}) (FIGURA 8).

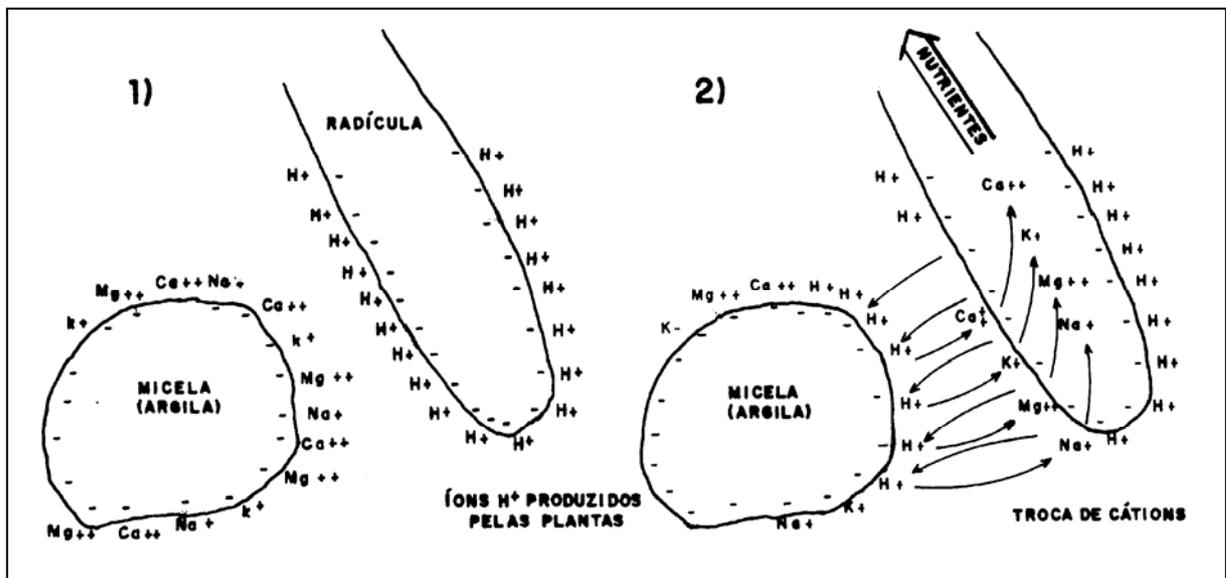


FIGURA 8 - Representação simplificada das trocas de íons entre micelas e raízes dos vegetais (adaptado de BORNEMISZA, 1982).

A composição mineral do solo exerce também papel fundamental na retenção de água no mesmo e nas relações de hidratação dos tecidos vegetais em função do equilíbrio solo-planta. Dependendo das quantidades de determinados íons no solo, podem se estabelecer relações mais ou menos favoráveis. Íons de menor valência apresentam camadas hidratadas maiores. Por outro lado, íons de maior valência apresentam camadas hidratadas menores, podendo induzir perdas de água por parte do vegetal em função da elevação da pressão osmótica do solo (FIGURA 9).

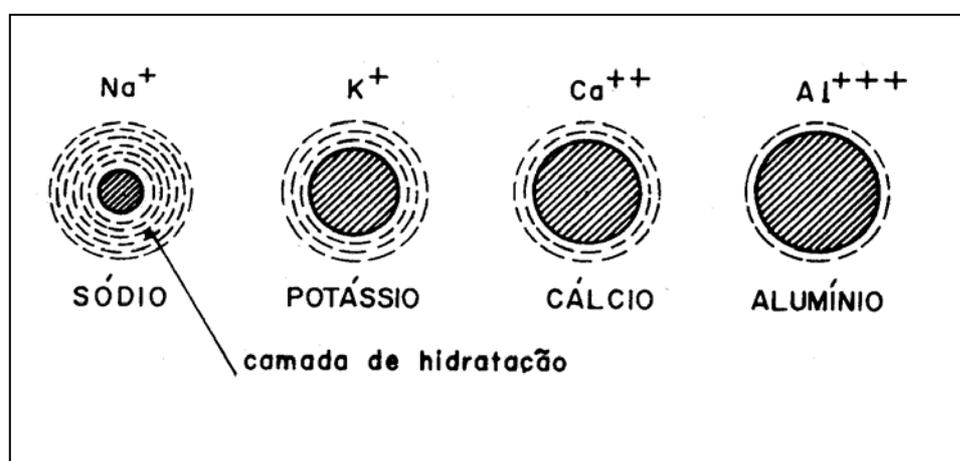


FIGURA 9 - Representação simplificada da hidratação de alguns íons (adaptado de PRIMAVESI, 1990).

A matéria orgânica é constituída de resíduos de animais transformados, de microrganismos e, principalmente, de vegetais nos mais diferentes estágios de decomposição. Evidentemente, os seres vivos, que promovem a decomposição do material orgânico, participam da dinâmica do solo, caracterizando-o como um corpo vivo.

As várias partes desses resíduos, de fato, não são decompostas todas com a mesma velocidade. Alguns tipos de carboidratos, os lipídios e muitas proteínas são degradados mais facilmente. Contudo, substâncias como a celulose, a lignina, a quitina e outras estruturas esqueléticas de animais são decompostas com maior dificuldade, em função da complexidade química e/ou estrutural das mesmas e, portanto, processam-se mais lentamente, permanecendo mais tempo no solo.

O processo de decomposição desses resíduos em condições essencialmente anaeróbias, como as regiões alagadas (charcos, igapós, pântanos ou manguezais), pode conduzir à formação de compostos de diversas naturezas, dentre os quais a turfa, essencialmente orgânica, de cor escura, que vai de cinza ao negro. Por outro lado, em condições predominantemente aeróbias, em função dos fatores bióticos e abióticos locais, pode se formar um composto orgânico, heterogêneo, em diferentes graus de decomposição, de caráter ácido, coloração escura e, assim como as argilas, de natureza coloidal – o húmus (ou humo). Este é constituído de ácidos orgânicos (fúlvicos e húmicos) e de humina, esta muito resistente à decomposição, de elevado peso molecular e altamente polimerizada.

Quimicamente, as substâncias húmicas são concentrações de compostos aromáticos – fenóis – combinados com diversos produtos da decomposição de proteínas e de carboidratos, nesse caso, fundamentalmente os polissacarídeos. A estrutura molecular desses componentes e suas respectivas ligações os tornam significativamente resistentes aos processos bioquímicos de decomposição microbiológica. Mas, deve se observar o fato de que a aeração abundante favorece e possibilita a oxidação da matéria orgânica, reduzindo o acúmulo final de húmus (humificação), em detrimento à formação de componentes minerais (mineralização). Este processo ganha maior intensidade sob climas quentes e úmidos, sob aeração abundante.

Segundo ODUM (1988, p. 25), não existem diferenças importantes nas propriedades físicas e na estrutura química entre as substâncias húmicas produzidas nos mais distintos ecossistemas terrestres, ainda que se encontrem em regiões geograficamente distantes e submetidas à ação das mais diversas comunidades biológicas.

O húmus influencia diretamente muitas propriedades do solo, proporcionando uma estruturação favorável à vida, principalmente das plantas. Esse efeito também se dá em razão de ser importante fonte, direta ou indireta, de nitrogênio, fósforo e enxofre, elementos essenciais à matriz biológica. Por si só, a matéria orgânica não é provedora dos muitos nutrientes utilizados pelas plantas; as diversas espécies de microrganismos os empregam em suas vias metabólicas, retribuindo benefícios significativos ao desenvolvimento das estruturas vegetais.

Entre as diversas influências nas propriedades físico-químicas dos solos, a presença do material orgânico pode também aumentar a capacidade de retenção de água no solo, de duas maneiras: (a) absorvendo grande quantidade de água – de quatro a seis vezes seu próprio peso, segundo MELLO (1989, p. 122) – e/ou (b) agregando melhor as partículas do solo, possibilita melhor granulação e, conseqüentemente, maior porosidade (FIGURA 10).

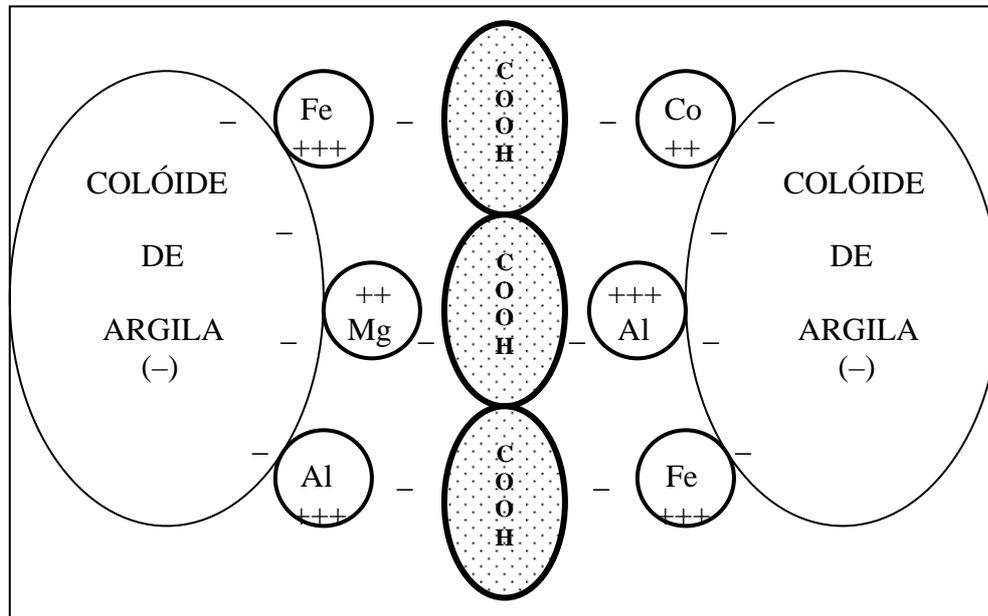


FIGURA 10 - Esquema de agregação de argila – de eletrovalência negativa e saturada de cátions (+) – com matéria orgânica, representada pelo grupamento COOH (-) (adaptado de PRIMAVERSI, 1990).

O húmus forma com os componentes minerais uma associação organo-mineral conhecida como agregado, cujo conjunto define a estrutura (organização) do solo. Assim, é comum referir-se a “partículas unitárias” (ou básicas, ou fundamentais ou primárias), no caso da argila, silte (ou limo) e areia (inferiores a 2 mm) e a “partículas secundárias”, no caso dos agregados do solo (ESPÍNDOLA & SANCHES, 1999). Em climas tropicais úmidos, importantes elementos químicos, que funcionam como pontes de ligação entre as frações orgânicas e minerais, são o ferro e o alumínio, ou ainda o manganês, presentes na forma de óxidos finamente divididos nas soluções que circulam pelos poros.

Em ambas as circunstâncias, seja pela melhor possibilidade de desenvolvimento vegetal, seja pela melhor estruturação das partículas minerais, além da maior capacidade de retenção de água e melhor aeração, com a matéria orgânica o solo ganha resistências extras contra as forças erosivas. Por outro lado, solos cultivados, em que há perda de matéria orgânica, apresentam menor quantidade relativa de poros quando comparados com os mesmos

solos não cultivados. A diminuição no tamanho dos agregados maiores reduz, conseqüentemente, o tamanho dos poros (LONGO, ESPINDOLA & RIBEIRO, 1999). O mesmo se diagnostica em solos desprovidos de cobertura vegetal, onde a matéria orgânica decresce progressivamente, tornando-se susceptível à ação do impacto das gotas de chuva (MORAES, 2002, p. 42). Diferentes práticas agrícolas propiciam distintas predisposições à erosão, num mesmo solo (LUCARELLI *et al.*, 1996).

Uma propriedade adicional importante do húmus (complexo de material orgânico ainda pouco caracterizado em nosso meio) é a capacidade de mitigar o efeito tóxico de muitos poluentes, principalmente certos metais. Moléculas orgânicas ligam-se a essas substâncias nocivas, formando complexos menos tóxicos aos ecossistemas (ODUM, 1988, p. 26).

Considerações sobre a serapilheira (material pouco decomposto, depositado na superfície do solo), também denominada folhedo, demandam um destaque adicional, mais específico, pois esse componente, que, de maneira concentrada, constitui o Horizonte O_o, guarda íntimas relações com os horizontes imediatamente subjacentes e com o estado da cobertura vegetal.

ODUM (1988, p. 169-171) categoriza a serapilheira como um subsistema ecológico em que inúmeras espécies de fungos e bactérias atuam em conjunto com pequenos artrópodos – ácaros, colêmbolos e outros grupos de seres vivos para decompor o material orgânico. Segundo o mesmo autor, a entrada de massa, na forma de serapilheira, é inversamente proporcional à latitude do bioma considerado, o que significa que o conteúdo ingressante de material, principalmente orgânico, é maior à medida que a localização deste se aproxima da linha equatorial (FIGURA 11).

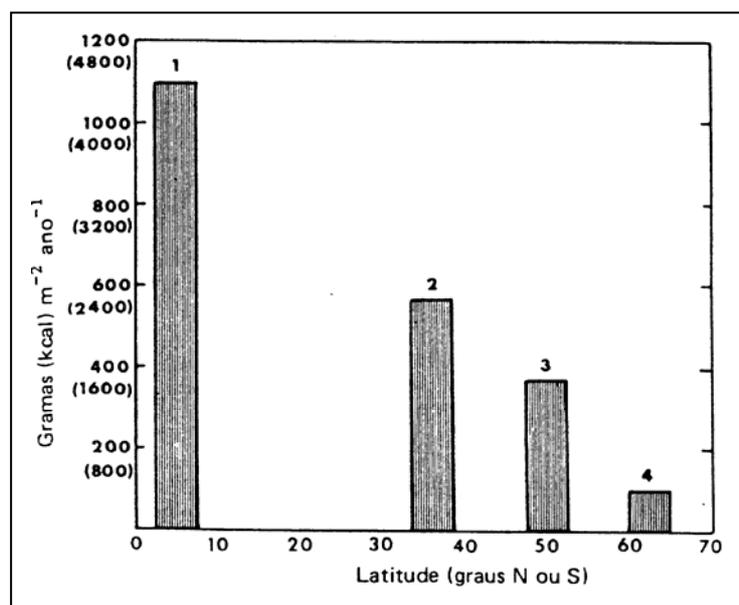


FIGURA 11 - Relação entre a produção de serapilheira e a latitude do ecossistema (adaptado de ODUM, 1988).

DELITTI (1982, p. 2) caracteriza esse processo como um importante fluxo de energia e biomassa aérea e superficial para o solo, redundando na posterior ciclagem de nutrientes mediante o processo decompositor. No entanto, é indispensável compreender que a quantidade de serapilheira é variável segundo o ecossistema e o respectivo estágio sucessional da comunidade em foco. Ainda que a comunidade esteja em clímax, podem ocorrer variações sazonais em função do fotoperíodo, umidade etc. De qualquer maneira, além de estabelecer uma importante rota de matéria e energia entre os compartimentos de um ecossistema, a serapilheira, combinada com a ação dos organismos decompositores, constitui não somente um reservatório de nutrientes, mas um componente adicional na proteção contra as forças erosivas do solo e no provimento do material orgânico – húmus – capaz de proporcionar os benefícios antes mencionados.

Também de acordo com DELITTI (*Ibid*, p 4-9), embora os estudos a respeito da produção e da decomposição de serapilheira no Brasil sejam posteriores àqueles iniciados nas zonas temperadas no hemisfério norte, a partir da década de 1960, pesquisas têm sido conduzidas em diferentes ecossistemas naturais – Amazônia, Cerrado, Mata Atlântica e outros – além daqueles modificados pela atividade humana, tais como os de florestas implantadas com espécies naturais ou exóticas, permitindo melhor entendimento da dinâmica dos fluxos de energia e da ciclagem de nutrientes para racionalização e aprimoramento no uso dos recursos naturais, conforme a realidade brasileira. Segundo MORAES (2002, p. 66), o ingresso de serapilheira no ciclo de nutrientes possibilita o pleno desenvolvimento vegetal, ainda que seja sobre solos de baixa fertilidade, como aqueles das regiões tropicais úmidas.

Ao considerar as propriedades benéficas que a matéria orgânica confere ao solo, torna-se indispensável que o manejo tenha como foco manter ou favorecer o incremento desse material, a fim de agregar valor ecológico ao solo e, conseqüentemente, valor sócio-econômico.

5.4. A FORMAÇÃO DOS SOLOS

5.4.1. Dinâmica Geológica do Planeta

Considerando os princípios da Teoria do *Big Bang*, que propõe a origem do universo a partir de uma grande explosão há aproximadamente 15 bilhões de anos, a formação do planeta

Terra, a exemplo dos demais planetas do Sistema Solar, deu-se há cerca de 4,5 bilhões de anos, com a agregação e compactação de materiais residuais procedentes da mesma matéria que originou a estrela Sol (DAMINELI NETO, 1982).

A compactação crescente deve ter causado elevações na pressão e temperatura, de maneira que os materiais constituintes (precursores das rochas) encontravam-se fundidos e a atmosfera instável era apenas constituída por alguns gases e vapores. Os conteúdos expelidos por vulcões ativos atualmente fornecem uma referência simplificada do estado e conteúdo da Terra primitiva (ATTENBOROUGH, 1990, p. 65).

Sucessivas modificações físicas resultaram decréscimos contínuos de temperatura, possibilitando o resfriamento dos materiais incandescentes – magma – que, ao se solidificarem, formaram as rochas (magmáticas). Ainda apresentando condições bastante instáveis, uma série de eventos de natureza física – diminuição contínua da temperatura, radiações e descargas elétricas, por exemplo – e química – formação de novas moléculas, deu possibilidade à ocorrência de água na forma líquida, possibilitando sua ação, dentre outros eventos, sobre as rochas, transformando-as, desagregando-as e transportando esses sedimentos até sua deposição. Ao submeterem-se a pressões e outras situações adversas, como a ação de agentes cimentantes, os materiais originais formaram novas rochas (sedimentares e metamórficas). Essas, juntamente com as rochas magmáticas em contínua formação, foram submetidas a diversos agentes, que, em muitas regiões, causaram sua desagregação, transformação e transporte para localidades mais baixas ou de menor declividade. Nessas regiões, acumulavam-se de forma inconsolidada, mas sem deixar de sofrer a ação de fatores, tais como radiações, atritos, reações químicas etc (*Ibid.*; COQUE, 1984, p. 19-31).

A todos esses processos, de maneira diretamente combinada ou não, ocorreu o surgimento da vida, com notável interferência em muitos padrões químicos do planeta, pois, dentre os diversos efeitos do metabolismo, o advento dos processos fotossintéticos possibilitou, além da diversificação nas formas de vida, alterações nos componentes atmosféricos, pela presença de oxigênio molecular (O_2) e também da conseqüente formação de ozônio (O_3), resultante da interação da radiação ultravioleta (U.V.) com o O_2 nas porções mais elevadas da atmosfera, o que passou a modificar o grau de ação de muitos fatores (CASQUET *et al.*, 1981, p. 30-33; ODUM, 1988, p.302-303; ATTENBOROUGH, 1990, p. 65). A simples participação dos componentes sintetizados pelos seres vivos – secreções, excreções e a biomassa – constitui um fator adicional importante na formação do solo.

Paralelamente a esse conjunto de eventos, estão as mudanças continentais, resultantes da deriva dos continentes, conforme propõe a Teoria da Tectônica de Placas (BERROCAL, LADEIRA & FARIA, 1972; CASQUET *et al.*, 1981; ATTENBOROUGH, 1990, p. 65). As movimentações dessas grandes massas também teriam possibilitado, mediante choques e afastamentos, instabilidades que se manifestaram por dobramentos, fraturas, falhas, arqueamentos, além da mudança nas latitudes e, portanto, das condições climáticas e da taxa de incidência de radiações.

A presença de água, proveniente da precipitação e/ou das invasões e recuos do mar, realizou um trabalho de desgaste, de alterações físicas e químicas e de transporte de materiais, tendo importância no surgimento dos solos, assim como, em parte, das características dos mares, haja vista a ocorrência de salinidade nessas águas, originária dos componentes minerais translocados e modificados das rochas e sedimentos (CASQUET *et al.*, 1981).

Porém, a importância da água não se limitou ao estado líquido. Houve também papel significativo quando em estado sólido. Mudanças climáticas sucessivas e distintas nos hemisférios norte e sul causaram períodos glaciais, com geleiras ao longo de milhares de anos, intercalados por períodos interglaciais, mais longos e quentes, alternando seus efeitos. A presença do gelo sobre o substrato modifica as pressões a que os materiais são submetidos, além de determinar o movimento de contração dos mesmos. O deslocamento do gelo causa o desgaste pelo atrito, removendo materiais superficiais pré-intemperizados, e, quando do degelo, a água líquida continua a atuar conforme anteriormente referido. Muitos dos solos dessas áreas glaciais devem ter sido removidos de seus locais, deixando aí seus resíduos e, principalmente, fragmentos de rochas ou mesmo rochas pouco alteradas.

A diminuição das instabilidades nas condições do planeta ao longo do tempo resultou em estabilidade relativa da superfície, viabilizando o aparecimento dos solos propriamente ditos. Em locais que ficaram mais tempo distantes de processos como as glaciações, os solos podem ter idades mais avançadas, como é o caso de amplas superfícies territoriais do Brasil.

5.4.2. Pedogênese

A pedogênese é o processo natural formador do solo. A partir de fatores como o intemperismo, que provocam alterações nas rochas, há a desagregação das mesmas e o material resultante se acumula principalmente nas superfícies mais estáveis ou pouco inclinadas, causando o espessamento do material de alteração por meio de sucessivos

depósitos desses componentes, a exemplo do esquema simplificado na FIGURA 13 (CASSETI, 1990).

Períodos mais longos de estabilidade da crosta, associados a condições climáticas favoráveis, principalmente com umidade e temperatura elevadas, possibilitam maior acúmulo de materiais para a formação do solo. Nesse sentido, o desenvolvimento e o adensamento da cobertura vegetal, sobretudo de grande porte, caracterizariam situações de maior equilíbrio, diminuindo a ação de elementos destruidores do solo.

5.4.3. Morfogênese

A morfogênese também é um processo natural. Porém, tem como efeito a modelagem das formas paisagísticas à medida que atua desgastando as superfícies (*Ibid.*). Comporta uma série de agentes que, de forma isolada, mas, principalmente conjunta, interagem e removem materiais, em um movimento oposto ao da pedogênese (FIGURA 12). A água líquida, os ventos e o gelo são alguns dos elementos naturais que agem paulatina e incessantemente ao longo do tempo, constituindo um processo erosivo formador do relevo.

Evidentemente, a inexistência ou o reduzido adensamento da cobertura vegetal, decorrente de várias condições e, dentre elas, as climáticas, como a baixa umidade, possibilitam a intensificação de episódios erosivos, removendo materiais superficiais, o que torna os solos cada vez mais rasos e pedregosos, caracterizando estados de instabilidades e desequilíbrios.

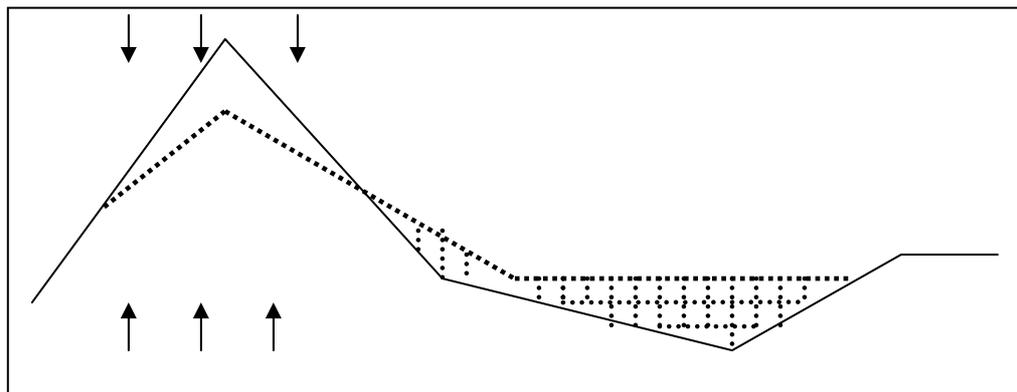


FIGURA 12 - Esquema simplificado de processos de pedogênese e de morfogênese. As linhas contínuas representam as formas jovens recém-formadas e as pontilhadas o resultado do desgaste (adaptado de CASSETI, 1990).

O balanço da pedogênese X morfogênese é que vai conduzir a um maior espessamento e desenvolvimento do solo (predomínio da pedogênese, como ocorre em superfícies aplainadas e bem drenadas de regiões quentes e úmidas), ou a uma reduzida e pouco desenvolvida espessura de solo (predomínio da morfogênese, freqüentemente observada em áreas declivosas, mares de morros ou similares, das regiões tropicais úmidas).

5.4.4. Fatores e Processos de Formação dos Solos

Uma Ciência do Solo emergiu, de fato, a partir do terço final do século XIX, principalmente quando o russo V. V. Dokuchaev, Pai da Pedologia, considerou a importância de diversos fatores ambientais nos processos formadores do solo. De certa forma, já estava implícita a questão ecológica para os solos (VOLUBUEV, 1964, p.2-9).

Dokuchaev mencionara, definindo solo, como sendo um corpo natural derivado de uma rocha-mãe, estabelecida em um determinado relevo, sofrendo a ação do clima e dos organismos durante um certo tempo. Estão aí praticamente explicitados os fatores de formação dos solos que, conforme descrito por BRADY (1989) e VOLOBUEV (1964), Jenny (1931) reuniu na clássica representação: S ou $s = f(m.o., r, cl, o, t)$, em que S = solo, s = propriedade do solo, f = função dos fatores:

- m.o. = material de origem – inicialmente referida por rocha-mãe (rocha máter; *parent rock*);
- cl = clima;
- o = organismos;
- r = relevo;
- t = tempo.

a) Material de Origem

O material de origem diz respeito à rocha-mãe, a partir da qual provém a fração mineral que constitui o solo. Esse material pode ser da própria localidade em que se encontra o solo, isto é, *in situ*, ou pode ser resultado da exportação de sedimentos originários de rochas de outras regiões e que foram transportados pela ação da gravidade, da água, dos ventos etc (processos de retrabalho – materiais de origem transportados).

Embora não de maneira exclusiva, a natureza e as propriedades dos constituintes do solo são fortemente determinados pelas características do material de origem. Contudo, não se trata simplesmente de uma desintegração física das partículas que formam a rocha, mas de um processo em que há dissoluções, modificações químicas, cristalizações, associações etc. Portanto, a quantidade de íons presentes no material original não corresponde integralmente àquela existente no solo, não obstante perdurem influências significativas nas características dos solos decorrentes de sua origem.

As composições química e mineralógica da rocha-mãe determinam a susceptibilidade a que a mesma se submete perante os fatores de intemperismo, o que diferencia a natureza e as características dos minerais liberados para a constituição do solo. Esses minerais, por sua vez, exercem marcante influência nas relações físicas e químicas com outros fatores ambientais, bióticos e abióticos. Além disso, os materiais originários têm participação pronunciada na manifestação da composição volumétrica do solo e, conseqüentemente, no processo de circulação e de retenção da água ao longo do perfil e da paisagem. Mesmo nos solos originários de materiais transportados, a rocha do substrato exerce influência sobre as camadas acima situadas.

b) Clima

Apesar de o clima ser entendido como a ação conjunta de diversas variáveis em uma determinada região, a formação do solo em muitas regiões tropicais está essencialmente relacionada a duas dessas variáveis: a quantidade e distribuição pluviométrica e a temperatura.

Inicialmente, a simples consideração de um princípio físico aplicado à química, de que a velocidade das reações químicas aumenta com a elevação térmica e que, de certa forma, a ação enzimática do metabolismo microbiológico também está relacionada à temperatura, é possível compreender que esse fator isoladamente já é responsável por processos importantes de modificações dos materiais expostos às intempéries.

Variações bruscas de temperatura determinam, segundo a especificidade de cada material constituinte da rocha, diferentes níveis de expansão e retração dos corpos, em função do aquecimento e resfriamento, respectivamente, que, associados à participação da água, viabilizam desagregações e alterações, mais ou menos pronunciadas, conforme a intensidade dos fatores climáticos e as características do material em que agem.

Assim, além das condições já referidas para a água como substância integrante da fase líquida do solo, a água que infiltra e percola o perfil é um dos fatores formadores mais poderosos. Em função da temperatura, ela promove a hidrólise de muitos componentes, e sua

quantidade, advinda da precipitação ou inundação, provoca a lixiviação dos produtos hidrolisados e o arraste mecânico de outros materiais.

Em regiões tropicais, as chuvas causam o arraste (lixiviação) de íons solúveis, como cálcio, magnésio e potássio, resultando solos mais pobres. Por outro lado, os solos das localidades que recebem esses íons tornam-se enriquecidos, o que demonstra o poder da água na modificação das características dos materiais em contato e, conseqüentemente, dos solos. A intensidade desse processo é muito mais pronunciada nas regiões tropicais úmidas do que nas temperadas, o que faz pressupor procedimentos de manejo e interações do solo com as comunidades fundamentalmente distintos. Dessa forma, a adoção de técnicas desenvolvidas para solos de regiões temperadas em solos tropicais apenas deve ser procedida após uma avaliação criteriosa quanto à real necessidade de seu emprego, com vistas aos riscos envolvidos e aos resultados pretendidos.

É oportuno lembrar que em climas temperados ocorrem deposições expressivas de restos vegetais (folhas) no período frio, e que as atividades dos organismos praticamente paralisam nesta época. Com o aquecimento progressivo, esses materiais vão se decompondo lentamente, podendo incrementar a produção de húmus; nos trópicos úmidos, a decomposição é muito mais intensa anualmente, com pequena humificação, em detrimento à mineralização.

c) Organismos

Embora os seres vivos não constituam isoladamente um fator preponderante na formação dos solos, sem dúvida, determinam e mantêm muitas das características dos solos e, nesse sentido, tornam-se essenciais na manutenção ou no planejamento de quaisquer intervenções nos ecossistemas terrestres.

Ocupando a superfície ou o interior do solo, os principais seres vivos compreendem a macroflora, a micro, meso e macrofauna e os microrganismos – bactérias, fungos, algas, líquens.

A macroflora caracteriza-se pelas plantas que constituem a cobertura vegetal. Evidentemente, quanto mais densa for a cobertura, maior a proteção contra os efeitos das chuvas, dos ventos e da incidência dos raios solares. Além disso, as plantas são as maiores provedoras do material que forma a serapilheira, que, por sua vez, além de exercer uma proteção extra contra os agentes citados, fornece o material orgânico que ingressa no solo, auxilia a reter a umidade e estabelece um compartimento ecológico com novos nichos. A produção de serapilheira pode ser muito rica. Por exemplo, segundo DOV POR (1994, p.12),

apenas o mangue branco (*Laguncularia racemosa*), uma espécie vegetal típica dos manguezais brasileiros, produz mais de 2.000 kg/ha durante o ano, somente em folhas.

Outra variável relevante, parcialmente determinada pela vegetação, é a velocidade com que seus tecidos e estruturas são decompostos e disponibilizados no solo. Tal relação decorre, principalmente quando se trata de materiais lenhosos, que são fortemente influenciados pelas substâncias acumuladas pelo vegetal – os extrativos e essências vegetais – durante a vida, pois, podem ser mais ou menos tóxicas aos microrganismos e animais xilófagos, dificultando a ação degradadora (LEPAGE, 1989).

As raízes também realizam funções importantes, pois, ao penetrarem solo adentro, promovem melhor estruturação, podendo chegar até mesmo a descompactá-lo mecanicamente, estabelecendo também novos nichos compartilhados por diversas espécies, e permitindo novas relações com as soluções do solo, conforme a espécie vegetal. Exsudatos dos vegetais são compostos agregantes, que melhoram também a estruturação.

A microfauna, a mesofauna e a macrofauna são assim categorizadas em função do tamanho dos espécimes, sendo, respectivamente, animais menores que 0,2 mm, animais entre 0,2 mm e 10,0 mm e animais maiores que 10,0 mm (SWIFT, HEAL & ANDERSON, 1979). Genericamente, os primeiros estão compreendidos entre os animais observáveis por microscópio e os dois últimos a olho nu.

Diversas espécies representam diferentes grupos animais: helmintos, artrópodos, moluscos etc, sendo que os mais comuns são nematóides, minhocas, ácaros, colêmbolos, formigas, cupins, besouros e outros. Essas formas animais são importantes na homogeneização do solo, transportando materiais para as diferentes camadas materiais que pouco se deslocariam, e consumindo componentes de origem vegetal, microrganismos e outros animais. Segundo BARNES (1996, p.316), os nematóides constituem o maior grupo animal que se nutre de bactérias e fungos nos solos. Além disso, os animais eliminam excreções e secreções, contribuem com os detritos de seus corpos e abrem galerias, que modificam a circulação de gases e soluções pelo perfil, ampliando os espaços porosos do solo (maior arejamento).

As atividades desempenhadas pela fauna (mesofauna) melhoram as condições para o desenvolvimento e crescimento de outras espécies e aumentam a disponibilidade de nutrientes no solo (FIGURA 13).

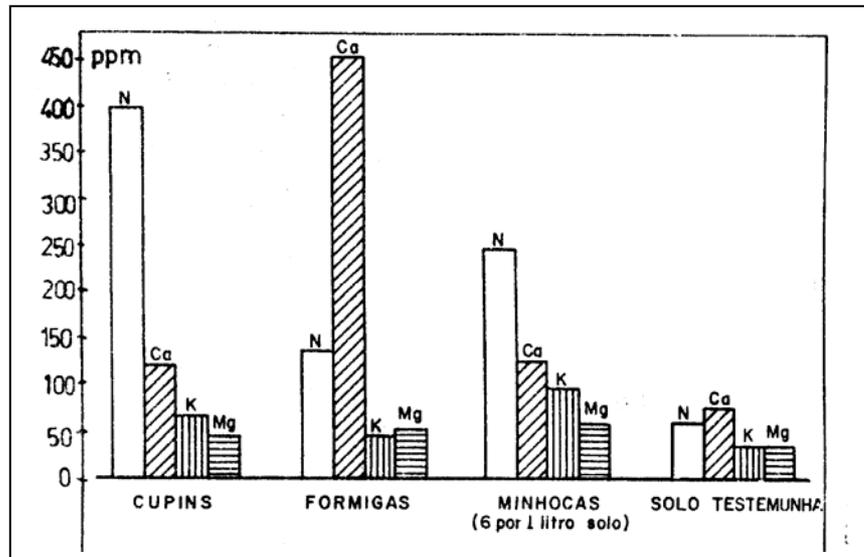


FIGURA 13 - Nutrientes disponíveis no solo segundo a atividade de diferentes animais (adaptado de PRIMAVESI, 1990).

Os cupins, por exemplo, que podem se alimentar de uma grande variedade de produtos de origem animal e vegetal, ao transformarem o alimento para a digestão, afetam o ciclo da matéria orgânica e de nutrientes no solo, influenciando a disponibilidade desses conteúdos nos ecossistemas (BERTI FILHO, 1993, p. 23-5).

Os microrganismos constituem importante parcela dos seres vivos do solo. Bactérias, protozoários, fungos, algas e líquens evidenciam-se nem tanto pela biomassa total que contabilizam, mas pela diversificada rede metabólica que formam, produzindo, transformando e degradando uma ampla variedade de componentes químicos. Dessa maneira, garantem os ciclos da matéria, ainda que estabelecidos em microhábitats.

Embora todos sejam fundamentais na teia da vida associada ao solo, os principais são as bactérias e os fungos. Na verdade, esses seres agem de forma conjugada entre si e com os demais, dada a simplicidade dos aparelhos enzimáticos de que dispõem. Assim como para todos os seres vivos, os microrganismos ocorrem e variam suas espécies e densidades populacionais segundo as condições ambientais de que desfrutam: temperatura, composição química do substrato, pH, umidade etc.

As bactérias se desenvolvem mais facilmente em locais úmidos e quentes – as anaeróbias em solos mal arejados e as aeróbias em solos bem arejados. Em condições tropicais, os microrganismos são extremamente ativos, efetuando intensos processos de decomposição da matéria orgânica até praticamente a completa mineralização, pois, a matéria orgânica é quase totalmente oxidada a CO_2 , liberando os minerais – Ca, Mg, Na, P etc.

A atividade metabólica acelerada das bactérias é uma das razões pelas quais a quantidade de matéria orgânica humificada nos solos tropicais é reduzida. Seja por uma ação essencialmente bacteriana, seja pela intensa pluviosidade, os solos dessas regiões tornam-se relativamente pobres. Por isso, sendo estreita a camada fértil, a presença e a manutenção da macroflora são fundamentais, retendo grande parte dos conteúdos orgânicos nos compartimentos vivos – as plantas.

Por outro lado, as regiões predominantemente temperadas (de inverno frio), bem como aquelas de elevada altitude, nas quais as temperaturas são mais amenas na maior parte do tempo, os processos de decomposição são realizados principalmente por fungos e actinomicetos (PRIMAVESI, 1990) e por animais diversos (SWIFT, HEAL & ANDERSON, 1979). Nesse caso, a atividade metabólica é menos intensa, o tempo para degradação da matéria orgânica é marcadamente mais longo e, por vezes, é, total ou parcialmente, interrompido pelo congelamento da água ou pela simples diminuição da temperatura no inverno. Por essa razão, a formação de húmus é maior do que nas regiões tropicais, tornando mais espessa a camada do solo com compostos orgânicos.

Segundo LEPAGE (1989, p. 103) e TSOUMIS (1968, p. 184-193), em solos com teor de água muito elevado, há baixa concentração de oxigênio, em função da reduzida solubilidade desse gás na água. Nesse caso, populações microbianas anaeróbias e microaeróbias que, respectivamente, desenvolvem-se em locais com ausência e pouco gás oxigênio, são favorecidas, embora a ação metabólica desses microrganismos seja mais lenta. É o que freqüentemente ocorre nas baixadas de solos hidromórficos, de cores acinzentadas ou mesmo negras, onde a matéria orgânica está menos agregada aos minerais e os solos têm deficiência de aeração.

Considerando essas variações regionais ou sazonais, é essencial compreender que as técnicas de manejo devem ser distintas para cada caso e região, respeitando a dinâmica natural que os respectivos solos apresentam.

Outra consideração importante diz respeito à influência da vegetação sobre o clima local. De acordo com o porte e a constituição da cobertura vegetal, há concentração ou dispersão das possibilidades de precipitações, o que interfere nos fluxos locais de água. Essa situação ocorre porque a cobertura vegetal interage com as camadas de ar, modificando a freqüência e a intensidade das chuvas (FIGURA 14).

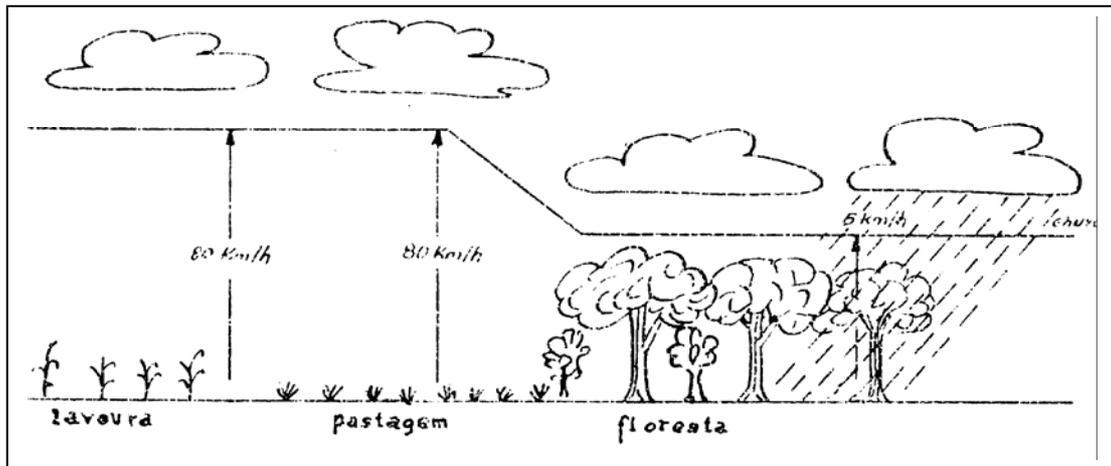


FIGURA 14 - Influência da cobertura vegetal sobre aspectos climáticos locais (adaptado de PRIMAVESI, 1990).

Os microrganismos são responsáveis por muitas transformações químicas. As bactérias quimiossintetizantes oxidam substâncias minerais, como ferro e enxofre, e as bactérias fotossintetizantes, a exemplo das algas, produzem matéria orgânica a partir do gás carbônico - CO₂ (AMARAL, 1989, p.48).

Bactérias, cianobactérias e algas têm ação fundamental na fixação do nitrogênio, que, obtido da atmosfera, disponibilizam-no à cadeia alimentar (JOLY, 1993, p. 10). Nesse caso, os vegetais também se utilizam de compostos nitrogenados, devendo obtê-los do solo. Contudo, é notório o caso de plantas, principalmente da família das leguminosas (soja, feijão etc), que apresentam, em suas raízes, associações com bactérias, formando nódulos, conhecidos pela denominação de rizóbios, devido ao gênero bacteriano *Rhizobium* (*Ibid.*, p. 374). Nessa associação, as bactérias são abrigadas pelos tecidos das raízes e, em contrapartida, fixam e repassam compostos nitrogenados à planta (ODUM, 1988, p. 114 e 115).

Outras bactérias promovem sequencialmente a oxidação dos compostos nitrogenados no solo, transformando amônia a nitrito e este a nitrato. Fechando o ciclo, existem aquelas espécies desnitrificantes, que devolvem o nitrogênio à atmosfera (JOLY, 1993).

Há indícios de que os microrganismos heterótrofos realizam preferencialmente a decomposição da celulose, por ser uma substância mais facilmente degradada. Posteriormente, ao se reduzirem as presenças de carboidratos, nitrogênio e enxofre, inicia-se

um processo de metabolismo secundário, ainda não muito bem esclarecido, para a degradação da lignina. Esse componente é um recurso alternativo, pelo fato de que não se trata de uma substância que fornece grande quantidade de energia, assim como não é facilmente metabolizada (LEPAGE, 1989, p. 130).

Muitos protozoários realizam a quebra de moléculas de celulose, ainda que esse processo ocorra, muitas vezes, em compartimentos de outros organismos, como é o caso das associações mutualísticas no tubo digestório de baratas e cupins mais primitivos, especialmente na porção intestinal posterior. As espécies de insetos consideradas superiores na evolução apresentam associações com bactérias e fungos (BERTI FILHO, 1993, p. 9).

Os fungos também executam a degradação de compostos celulósicos e ainda de lignina, principalmente as espécies de basidiomicetes. Além disso, existem associações com raízes, formando as micorrizas. Das raízes, os fungos recebem matéria orgânica nutritiva produzida na fotossíntese pela planta e com o auxílio dos fungos, o vegetal incorpora componentes minerais (JOLY, 1993, p. 69). Outra associação importante é a que os fungos estabelecem com formigas e cupins. Em interação mutualística, esses insetos recolhem componentes fundamentalmente à base de celulose, fornecendo-os aos fungos, que os digerem e retribuem com seus produtos (BARNES, 1996, p. 918-921).

As cianobactérias, bem como os líquens e as algas mais simples, exercem papel fundamental também em solos recém-formados, colonizando-os e modificando-lhes as características, o que torna as condições locais menos adversas e permite que outros organismos se estabeleçam e modifiquem o meio sucessivamente – sucessão ecológica. Portanto, essas espécies de microrganismos constituem formas pioneiras dos ecossistemas (ODUM, 1988).

Considerando os aspectos apresentados, é essencial a preservação das condições adequadas à manifestação da biodiversidade para que os processos biológicos ocorram segundo as adaptações desenvolvidas ao longo da evolução.

Entre os organismos, o ser humano encontra-se em posição de destaque, constituindo um dos fatores de grande importância no desenvolvimento dos solos. Em busca de melhorias nas condições locais, mediante irrigações, cortes, aterros, arações, represamentos, fertilizações e aplicação de insumos diversos, muitas vezes causam a degradação dos solos e dos ambientes em que os mesmos se desenvolvem. Obras de grande porte, como as barragens para usinas hidrelétricas, usualmente provocam grandes impactos em escala regional.

d) Relevo

O relevo é, na verdade, um fator que pode acelerar ou retardar a ação de agentes erosivos. O princípio geral é o de que quanto mais irregular e movimentado ele for, maior a possibilidade de destruição do solo ou da superfície, e o inverso, quanto mais regular, maior o espessamento do solo, caracterizando que a evolução dos solos e a do relevo estão estreitamente interligadas (ESPINDOLA, QUEIROZ NETO & GALHEGO, 1978).

A forma do relevo atua diretamente na movimentação da água. Terrenos íngremes apresentam menor infiltração de água do que terrenos aplainados. Essa condição é relevante, pois, a alteração dos volumes infiltrados modifica os processos de hidratação, hidrólise, dissolução e lixiviação de conteúdos do solo. Dessa forma, em declividades mais acentuadas, o escoamento superficial e subsuperficial são maiores, transportando materiais às áreas mais regulares.

Terrenos que exibem formas deprimidas favorecem encharcamentos e, por isso, estabelecem condições anaeróbias, interferindo nos processos bioquímicos e imprimem características típicas de solos nessas condições.

A radiação solar atua interagindo com o relevo. Terrenos montanhosos, de declividade elevada, apresentam taxa de radiação diferenciada em função da posição das encostas. Nas vertentes em que há menor incidência solar, as temperaturas são mais amenas e os solos mais úmidos, apresentando condições distintas das vertentes mais ensolaradas (OLIVEIRA, 1992, p. 9).

Outra situação associada ao relevo é a altitude, pois, em função desse fator, os elementos climáticos atuam distintamente.

e) Tempo (cronológico)

O tempo é, em geral, considerado como um fator passivo, à medida que, por si só, não atua diretamente na transformação do solo. Entretanto, o tempo diz respeito à duração da ação dos demais fatores. Eventos episódicos diferem nos resultados quando comparados a fatores que atuam por longos períodos.

O tempo também traz consigo a seqüência cronológica das transformações a que o solo ou os materiais de origem foram submetidos desde o princípio, caracterizando a noção de tempo absoluto. Além disso, a importância de cada fator formador do solo reside na relação entre a intensidade e a duração de cada agente. Um determinado solo atinge sua máxima expressão muito mais rapidamente na condição tropical úmida do que na condição temperada, denotando a dimensão relativa do tempo no desenvolvimento ou maturidade do solo.

5.5. ATRIBUTOS DO SOLO

5.5.1. Estrutura

Quando se observa um perfil de solo ou se manuseia uma amostra dele retirada com as mãos, as partículas que se vêem são as secundárias, oriundas da reunião das primárias (areia, silte e argila), que não estão individualizadas. Ao se aglomerarem, as partículas constituem unidades estruturais mais ou menos estáveis: os agregados ou partículas secundárias. A junção de agregados ou grânulos estabelece os torrões que compõem a massa do solo e o conjunto todo fornece a sua estrutura.

Na prática, a estrutura do solo é variável, segundo a forma, o tamanho e a estabilidade dos torrões. Essas variações permitem classificar a estrutura do solo, respectivamente, quanto ao tipo, à classe e ao grau, que têm sido estabelecidos em manuais diversos, oriundos, fundamentalmente, do Departamento de Agricultura dos Estados Unidos da América.

Por exemplo, no que se refere à forma, podem ser classificados os tipos ou formas esferoidais, cúbicos (blocos), prismáticos ou laminares.

De acordo com as dimensões, as classes estruturais variam entre: muito pequena, pequena, média, grande e muito grande, cujo tamanho absoluto é variável para cada tipo.

O grau de desenvolvimento do solo se refere à coesão entre as partículas, caracterizando a estabilidade do conjunto. Pode se classificar o grau da estrutura em: sem estrutura, fraca, moderada e forte, considerando-se uma ordenação crescente de permanência da forma ou tipo a partir da manipulação da amostra com as mãos, procurando-se quebrá-la em unidades menores.

O mecanismo de formação dos agrupamentos de partículas do solo não está completamente esclarecido, segundo MELLO (1989, p. 119). Possivelmente, as cargas negativas e positivas da parcela mineral atraem inversamente as cargas dos componentes orgânicos, conforme anteriormente referido. Além disso, microrganismos podem participar ativamente desse processo, ao produzirem colóides, por exemplo. Estruturas filamentosas, como em algas ou as hifas – micélios – dos fungos, podem unir mecanicamente as partículas do solo. Bactérias que produzem substâncias de natureza mucosa ou gomosas também podem contribuir no mesmo sentido.

A formação de agregados confere ao solo o aspecto poroso, pois, ao formar grumos, como em certos solos florestais, ou muito ricos em matéria orgânica, aumentam os espaços caracterizados pelos macroporos, o que permite a infiltração de água e ar e a penetração de

raízes mais facilmente. Essa é uma propriedade que contribui fortemente para a manutenção dos ecossistemas terrestres e para a produtividade agrícola. A aeração e a umidade possibilitam às raízes a aquisição de recursos importantes como a água e o oxigênio. Afinal, quanto maior a infiltração de água e mais densa a cobertura vegetal, menor o escoamento e, portanto, menor a possibilidade de efeito erosivo, com todas as suas conseqüências.

5.5.2. Granulometria

A granulometria refere-se às proporções entre as diferentes partículas que compõem o solo, principalmente aquelas inferiores a 2 mm: argila, silte e areia, as quais constituem as chamadas partículas primárias, já anteriormente mencionadas na TABELA 1. A sensação ao tato, proporcionada por essas partículas, oferece a noção de textura: áspera ou grosseira quando predomina areia (solo arenoso) e fina quando o solo é argiloso.

A determinação da composição textural do solo se efetua, em campo, pelo tato, manipulando-se uma amostra umedecida entre os dedos, ou na palma da mão. De acordo com a quantidade relativa (%) entre os materiais mais grosseiros ou mais finos, verifica-se a proporção entre as partículas primárias. A percepção do atrito caracteriza a presença de areia, o silte confere uma sensação mais sedosa e a argila uma condição de plasticidade e pegajosidade.

Há necessidade de uma certa energia para romper a ligação dos agregados, para tornar possível a individualização das partículas primárias. Em geral, são requeridos processos químicos (que enfraquecem as ligações) e mecânicos, como agitação em meio aquoso. Isso é conseguido em laboratório, com a utilização de instrumentos e métodos padronizados, que possibilitam análises mais refinadas, caracterizando mais detalhadamente as proporções granulométricas. Os resultados obtidos são interpretados de acordo com sistemas convencionais de classificação de classes texturais do solo, como as escalas: da Sociedade Internacional de Ciência do Solo (Atterberg); do Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (U.S.D.A.); e da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. O diagrama textural permite estabelecer as classes de textura do solo (FIGURA 15).

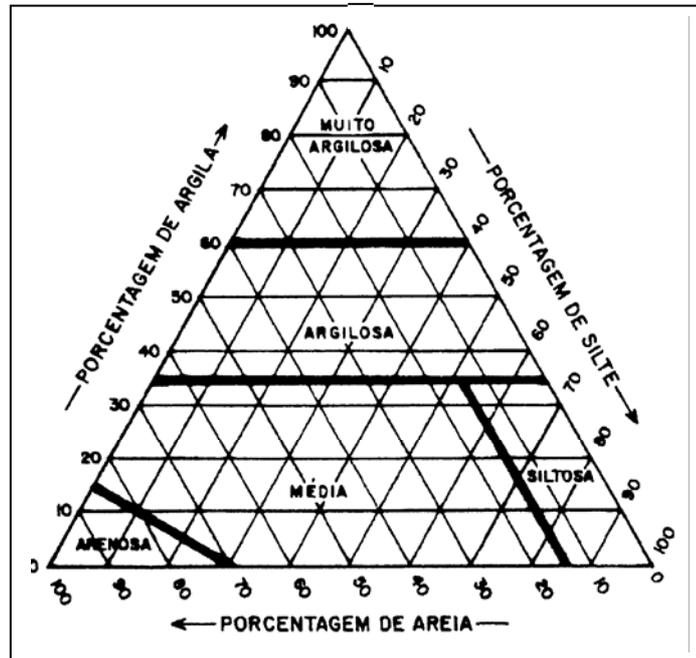


FIGURA 15. Diagrama textural – triângulo da textura do solo a partir da proporção granulométrica (adaptado de McRAE, 1988; EMBRAPA, 1997).

Segundo BERTONI e LOMBARDI NETO (1990, p. 41-44), a constituição textural deve ser considerada um dos atributos de grande interesse ao se planejar o manejo do solo. Sabe-se que as reações de natureza física e química ocorrem principalmente na superfície das partículas. Quanto menor o tamanho das partículas primárias, maior é, proporcionalmente, a superfície total do solo.

Os mesmos autores afirmam que os solos arenosos favorecem a penetração das raízes em razão da elevada quantidade de poros grandes. No entanto, quando a fração arenosa é muito elevada, a fertilidade e a retenção de água são menores. Por outro lado, solos muito argilosos apresentam alta capacidade de retenção de água (grande quantidade de microporos), mas podem revelar pouca aeração, o que dificulta o desenvolvimento vegetal. Porém, em ambos os casos, as propriedades dos solos podem ser melhoradas quando as partículas minerais interagem com as orgânicas. Além disso, o manejo correto, assim como a escolha apropriada de culturas, possibilita resultados mais produtivos.

5.5.3. Consistência

A consistência é um atributo resultante de forças físicas de adesão e coesão que agem entre os constituintes do solo, de acordo com as quantidades existentes de matéria orgânica, de óxidos, de cargas elétricas e, principalmente, do teor de água – umidade.

A manifestação das forças de coesão é proporcionalmente maior segundo a tensão superficial do filme líquido que envolve as partículas ou agregados. Além disso, quanto maior o diâmetro desses constituintes do solo, menor a coesão entre os mesmos. Dessa maneira, os solos arenosos normalmente apresentam menor coesão do que os argilosos, em virtude da granulometria predominante ser maior no primeiro tipo.

Além dos métodos que empregam instrumentação laboratorial, a consistência pode ser avaliada, em campo, em três níveis de variação de umidade: seco, úmido e molhado.

O solo seco apresenta consistência dependente da atração direta entre os sólidos. Na prática, segundo KIEHL (1979, p. 169-170), avalia-se a resistência de pedaços e porções do solo à ruptura, caracterizando uma consistência solta quando esta encontra-se ausente; macia, quando muito fraca, desfazendo-se ao mínimo de pressão; ligeiramente dura, quando fracamente resistente à pressão entre os dedos; dura, quando há moderada resistência à pressão, ainda que a massa de solo não a suporte; muito dura, quando há muita resistência à pressão das mãos; e extremamente dura, quando resiste totalmente à pressão imposta com as mãos.

Com o solo úmido, a avaliação da consistência também é feita pressionando-se pedaços do solo e observando-se a resistência oferecida. Nesse caso, o solo pode apresentar-se: solto, quando a consistência é ausente; muito friável, quando se desfaz ao mínimo de pressão entre os dedos; friável, quando é necessária uma pressão fraca entre os dedos; firme, quando a pressão entre os dedos deve ser forte; muito firme, quando a pressão entre as mãos deve ser forte; e extremamente forte, quando a porção do solo suporta as pressões máximas exercidas pelas mãos.

A consistência do solo molhado é avaliada quanto à plasticidade, manifestada pela resistência à deformação. O solo é classificado como não plástico quando não se forma uma massa cilíndrica entre as mãos; ligeiramente plástico, quando se forma o cilindro, mas rompe-se ao ser curvado; plástico, quando a massa cilíndrica apresenta poucos sinais de ruptura ao ser curvada; e muito plástico, quando não há sinais da massa se romper ao ser curvada. Um outro fator indicativo de consistência é a aderência (ou pegajosidade) que uma porção de solo oferece ao ser manipulada. Colocando-se uma porção de solo entre os dedos e a pressionando,

o solo é dito não pegajoso ao não oferecer resistência à separação dos dedos; ligeiramente pegajoso, quando há mínima resistência e nenhuma deformação ao separar os dedos; pegajoso, quando há resistência significativa e ligeira deformidade ao separar os dedos; e muito pegajoso, quando há forte aderência entre os dedos e elevada deformação.

5.5.4. Cor

A cor do solo é uma característica resultante de diferentes fatores, tais como o material de origem das partículas, conteúdo orgânico e umidade. Por isso, trata-se de um atributo que pode fornecer informações significativas. Por exemplo, maior umidade do solo pode tornar sua cor mais escura. O mesmo ocorre proporcionalmente à quantidade de matéria orgânica em uma dada região, o que pode denotar possibilidades de bom desenvolvimento vegetal.

Determinadas cores podem ser indicativas da presença de componentes específicos. BERTONI e LOMBARDI NETO (1990, p. 40) e KIEHL (1979, p. 181) apontam que solos contendo óxidos de ferro e alumínio tendem à coloração que varia do amarelo ao vermelho em função do grau de oxidação destes, sendo que a cor vermelha pode ser ainda mais intensa quando o solo for rico em manganês, sobretudo aqueles solos em que há boa drenagem e arejamento. Solos que demonstram dificuldades de drenagem, ou que sofrem freqüentes inundações, exibem mosqueamentos de cores cinza, amarela e parda, que indicam condições alternadas de redução e oxidação. A variação de cor pode oferecer uma referência representativa da passagem de um horizonte a outro do perfil de solo.

A coloração do solo pode ser convenientemente estabelecida com os padrões contidos na carta de cores de Munsell, que conjuga três elementos da cor: o matiz, o valor e a intensidade.

O matiz é a cor propriamente dita, que, no sistema adotado, encontra-se dividida em dez tipos, os quais são representados pelas letras iniciais do nome da cor no idioma inglês. Por exemplo, R (*red*) para vermelho, Y (*yellow*) para o amarelo, GY (*green-yellow*) para amarelo-verde etc. Cada tipo de cor é subdividido em dez partes, representadas fundamentalmente pelos valores 2,5 – 5,0 – 7,5 e 10,0, sendo que 5,0 equivale ao ponto mediano da cor.

O valor, também entendido como brilho ou tonalidade, refere-se à intensidade relativa da cor em uma escala de zero a dez, que significa, respectivamente, ausência e presença máxima de brilho, caracterizando a tonalidade cinza.

A intensidade indica a proporção de mistura com o valor ou tonalidade de cinza, o que significa a pureza relativa da cor.

As representações da cor do solo pelo sistema Munsell são exibidas por letras e números. Por exemplo, a expressão da cor de solo 5 YR 6 / 8 deve ser entendida como 5 YR o matiz (vermelho-amarelo), 6 o valor e 8 a intensidade. Os nomes de cada cor aparecem em cada verso da página do matiz, em inglês (exemplo: *reddish brown*); os correspondentes em português podem ser encontrados em manuais de campo (LEMOS & SANTOS, 1996): bruno-avermelhado, no exemplo referido.

5.5.5. Densidade do Solo

A densidade do solo é um atributo considerado sob duas condições: a densidade global (ou do solo) e a densidade de partículas.

A densidade global diz respeito à relação existente entre a massa seca do solo e os volumes somados das partículas e dos espaços vazios. Por ser um atributo que leva em conta o volume correspondente aos poros, a densidade global torna-se um referencial na verificação do grau de compactação do solo. Quanto maior a densidade global maior o adensamento, o que, na prática, significa menor espaço para o enraizamento e a circulação de ar e de água.

A densidade de partículas refere-se à relação entre a massa sólida de solo e o volume correspondente à massa dessas partículas, desconsiderando, portanto, os espaços vazios.

A conjugação entre a densidade global e a de partículas torna-se relevante na averiguação das condições do solo, uma vez que caracteriza a porosidade total, que é um dos parâmetros do nível de degradação ou de qualidade do solo. A porosidade total (ou volume total de poros) é expressa por:

$$\text{VPT \%} = 1 - \left[\frac{\text{densidade global}}{\text{densidade de partículas}} \right] \times 100$$

5.5.6. Circulação de Água

Considerando o ciclo hidrológico, a precipitação é a principal via pela qual a água chega ao solo, descontado o volume interceptado pela cobertura vegetal que, uma vez retido nos órgãos das plantas, pode evaporar e retornar à atmosfera.

No solo, a água obedece direções preferenciais em função das condições macro e microclimáticas, dos aspectos fisionômicos e fitossociológicos da cobertura vegetal e das

propriedades dos solos, sendo os principais caminhos: a evaporação direta, a evaporação e a transpiração vegetal (evapotranspiração), a infiltração e o escoamento.

A evapotranspiração é dependente da ação conjunta de fatores como a umidade e a temperatura. Solos com umidade elevada e temperatura amena apresentam maior perda de água por evaporação, quando em interface com ambientes cujo ar exibe baixa umidade e temperatura mais alta. As plantas participam desse processo, retirando água do solo e, segundo as suas possibilidades de fechamento de estômatos e outros mecanismos adaptativos contra a perda de água por evapotranspiração, permitem a transferência de maior ou menor volume para a atmosfera. Mais de 95% da água absorvida pelas plantas perde-se por evaporação – transpiração – a partir das folhas (ODUM, 1988, p. 160).

Infiltração e escoamento de água são processos inversamente proporcionais. Quando da ocorrência de chuvas, os fluxos de água são determinados por uma combinação de fatores. Solos com menor adensamento da cobertura vegetal, declividade acentuada e baixa permeabilidade, decorrente dos atributos e estado dos constituintes do solo, tendem a apresentar menor possibilidade de infiltração e, conseqüentemente, maior volume de escoamento. Solos sob vegetação original, portanto não cultivados ou mobilizados, possuem, em geral, uma porosidade elevada (baixa densidade global), por não terem sido sujeitos a processos de compactação, que as práticas agrícolas usualmente propiciam (ESPÍNDOLA & FERNANDES, 1998; ESPINDOLA, LONGO & FERNANDES, 1998). Além disso, esses movimentos da água podem ser amplificados em episódios mais intensos de pluviosidade ocorridos em curtos períodos de tempo, o que aumenta os riscos de arraste de materiais.

O escoamento se dá em dois planos principais: o superficial e o subsuperficial. Em ambos os casos, o transporte de materiais acarreta modificações importantes, sobretudo quando se tornam eventos repetitivos ou de grande intensidade. Porém, no escoamento subsuperficial estabelecem-se fluxos imperceptíveis, que são responsáveis pelos deslocamentos de terra – os escorregamentos – comuns em muitas áreas de encosta, principalmente quando submetidas a impactos por ocupações ou intervenções inadequadas.

Por outro lado, solos que apresentam maior adensamento da cobertura vegetal, menor declividade e permeabilidade elevada, sobretudo em regiões em que as chuvas ocorrem em intensidade mais branda e com melhor distribuição ao longo do tempo, oferecem maiores possibilidades de infiltração. Nesse caso, a água preenche progressivamente os espaços, os macro e microporos, reduzindo a presença do ar. Ao preencher esses espaços e em condições adequadas, a água pode saturar o solo, criando o lençol freático, cuja profundidade é variável de região para região e de época para época. Esse volume corresponde à água que abastece

rios, lagos, poços rasos (freáticos) ou retorna aos oceanos. Porém, a água infiltrada pode percolar até a camada rochosa ou impermeável, deslocando-se por falhas e poros presentes nesses materiais, e ocupar espaços denominados aquíferos. Os aquíferos são compartimentos rochosos em que a água fica sob pressão e apresenta uma movimentação geralmente pouco intensa e de difícil percepção. Por isso, a perfuração de poços profundos, bem como possíveis atividades poluentes na superfície, devem ser executadas sob supervisão especializada e com todos os procedimentos preventivos cabíveis, a fim de evitar contaminações e poluição desse recurso natural estratégico, que constitui a maior reserva de água doce do planeta. Segundo SILVA (2003), assim como THE OPEN UNIVERSITY (2000), cerca de 30% da água doce do planeta correspondem às águas subterrâneas. Esse valor se mostra ainda mais importante considerando que, dos 1.400 milhões de km³ de água no planeta, aproximadamente 96% estão nos oceanos e são, portanto, salgadas. Do restante, na forma doce, 69% estão na forma de gelo, sobrando uma mínima parte para as águas superficiais – rios e lagos – e para a atmosfera. Ao Brasil, cabe uma posição de destaque, detendo cerca de 112 bilhões de m³ em águas subterrâneas, segundo estimativa apresentada pela CETESB (2001). Contudo, em muitas regiões do mundo, esses reservatórios são reabastecidos a uma velocidade inferior àquela imprimida pela utilização humana, podendo tornar-se não renovável (ODUM, 1988, p. 162). É possível que em grandes centros urbanos, altamente industrializados e povoados, esta situação esteja episodicamente ocorrendo.

O solo desempenha importante papel à medida que realiza tratamento da água que infiltra (depuração). Em porções de terra não saturada, a água, o ar e os seres vivos atuam de forma a atenuar a ação de poluentes e de contaminantes, modificando-lhes as propriedades ou retendo-os nas camadas superiores do solo. As zonas saturadas do solo oferecem menores condições de atenuação. Porém, em razão da ampla presença de água, é possível haver a diluição de componentes indesejáveis (SILVA, 2003).

A água infiltrada movimenta-se de acordo com as forças de coesão entre as próprias moléculas de água e as forças de adesão entre as moléculas de água e as partículas do solo. A movimentação do líquido também depende de atributos como a granulometria e a estrutura do solo, além da umidade momentânea.

Os fluxos de água mais significativos ocorrem quando os poros não exibem completa saturação, estando os macroporos repletos de ar e os microporos com água e ar – condição denominada capacidade de campo. Evidentemente, a proporção entre macro e microporos interfere diretamente no processo de movimentação da água, o que se reflete nos comportamentos diferentes dos solos mais argilosos e dos solos mais arenosos. Por outro

lado, os solos saturados apresentam os poros preenchidos pela água, isto é, máxima capacidade de retenção, ficando o fluxo dependente das dimensões e configurações dos poros. Assim, considerando o dinamismo e a heterogeneidade dos solos de uma paisagem, resultantes das estratificações existentes no perfil, entende-se que os deslocamentos e a capacidade de retenção de água não se mostram uniformes, ainda que em uma mesma região.

O abastecimento de água para as plantas depende da disponibilidade do líquido no solo. No entanto, não se trata apenas do índice pluviométrico e da quantidade de água infiltrada, mas da combinação da sua presença no solo com os atributos que lhe são típicos, o que caracteriza a disponibilidade real do líquido no solo.

Os poros devem apresentar dimensões apropriadas, de forma que sejam suficientemente pequenos para que a água não se infiltre completamente pela força da gravidade, distanciando-se para além do alcance das raízes, mas devem ser amplos na medida adequada para que as plantas capturem-na com alguma facilidade.

Contudo, ao se admitir a necessidade de captação de água pelas plantas, deve-se atentar para o fato de que, na verdade, trata-se geralmente de uma solução à base de água. Afinal, sendo os vegetais organismos autótrofos, precisam de nutrientes para os processos de síntese biológica. Além disso, o poder de captação e o nível de consumo de água e de nutrientes encontram-se fortemente relacionados com o estado de equilíbrio orgânico apresentado pelo vegetal, o que depende, dentre outros fatores, da quantidade e da qualidade dos nutrientes disponíveis no solo.

5.6. ELEMENTOS DE NUTRIÇÃO DE PLANTAS

Ao se considerar a demanda de nutrientes para o correto desenvolvimento vegetal, deve-se atentar para o fato de que tanto o excesso quanto a falta de nutrientes interfere nos processos biológicos, tornando-se limitantes, uma vez que incorrem, respectivamente, em toxidez e deficiência ao organismo.

Cada espécie de ser vivo necessita de determinados nutrientes em quantidades específicas, porém, os elementos necessários em quantidades relativamente grandes são freqüentemente denominados macronutrientes. Conseqüentemente, os micronutrientes são os elementos necessários em quantidades extremamente reduzidas.

Os principais macronutrientes são: nitrogênio (N), fósforo (P), enxofre (S), potássio (K), magnésio (Mg) e cálcio (Ca). Entre os micronutrientes especialmente importantes para as

plantas, estão ferro (Fe), manganês (Mn), cobre (Cu), zinco (Zn), boro (B), molibdênio (Mo), cloro (Cl), cobalto (Co). Autores como ODUM (1988, p. 168) incluem ainda silício (Si) e vanádio (V). Além disso, as halófitas necessitam de sódio, o que demonstra a variabilidade das exigências nutritivas. Aos animais, com exceção do boro, todos os micronutrientes apresentados também são essenciais, podendo ser acrescentados também selênio, cromo, níquel, flúor, iodo, estanho e outros.

Muito do que se conhece acerca do papel de cada nutriente deve-se a situações, reais ou experimentais, em que um elemento isoladamente se encontrava ausente ou em concentração diferente da faixa ideal ao organismo, resultando sintomas típicos. Além da solubilidade, constatou-se que determinadas correlações dos nutrientes entre si, ou com fatores ambientais, como temperatura, pH e umidade, podem potencializar positiva ou negativamente o metabolismo. Informações relativamente simples sobre a função de alguns nutrientes demonstram a necessidade de se compreender mais profundamente o papel de cada um e suas respectivas interações, para que se possa efetivamente realizar o manejo adequado nos ecossistemas terrestres com a finalidade de alcançar resultados positivos sem perder o foco da sustentabilidade.

O nitrogênio, não sendo um mineral, ocorre na atmosfera na forma molecular, a partir do que decorre a importância dos organismos fixadores desse elemento, a exemplo de algumas espécies de bactérias e algas. Juntamente com carbono, hidrogênio e oxigênio, o nitrogênio está entre os nutrientes mais importantes, fato que pode ser facilmente compreendido considerando-se que esse elemento está presente no grupo amina (NH_2) de todos os aminoácidos que formam todas as proteínas, em parte da molécula de clorofila e nas bases nitrogenadas (adenina, timina, guanina, citosina e uracila), que formam os nucleotídeos e constituem os ácidos nucléicos – ácido desoxirribonucléico (DNA) e ácido ribonucléico (RNA). Ácidos nucléicos e proteínas são, respectivamente, responsáveis pelas características hereditárias e pelo metabolismo de todos os seres vivos, respectivamente.

O fósforo participa do metabolismo de substâncias orgânicas, sendo responsável pela transferência de energia através da molécula de trifosfato de adenosina (ATP). Além disso, todo ácido nucléico possui o grupo fosfato, o que também denota a importância desse nutriente.

Entre os muitos nutrientes existentes, uma breve explanação sobre as funções biológicas de alguns deles permite entender a relevância desses componentes à vida. Da mesma forma que o nitrogênio, o enxofre é um dos componentes de aminoácidos, como a cistina/cisteína e a metionina, sem os quais muitas proteínas não se formam. O potássio não

faz parte da estrutura de nenhuma molécula importante, mas desempenha papéis essenciais ao atuar como cofator (ativador) enzimático, catalisando a formação de substâncias vegetais. Esse mineral, como soluto, participa do controle osmótico da célula e da variação de turgor de células que regulam a abertura estomática. Além disso, o potássio melhora a resistência vegetal ao frio à medida que aumenta a viscosidade do hialoplasma, o que diminui a possibilidade de congelamento em períodos muito frios. No caso do magnésio, além de ativador de enzimas, esse nutriente encontra-se presente na molécula de clorofila, a partir da qual há a captação de energia luminosa para a síntese de carboidrato. Finalmente, o cálcio, além de atuar na modificação ou manutenção do pH do solo, participa da formação da lamela média ao final das divisões celulares vegetais, intensas principalmente nos meristemas apicais, constituindo o pectato de cálcio, a partir do qual se estabelece a parede celular.

Dentre os diversos micronutrientes, muitos deles realizam funções de ativadores enzimáticos, dirigindo os substratos às reações químicas específicas. A correlação entre os elementos não é totalmente conhecida, mas mostra-se importante à medida que se verificam os delicados processos em que atuam conjuntamente, interferindo diretamente no desenvolvimento, crescimento e produção vegetal. Desse fato, compreende-se que o pleno desenvolvimento e a produção agrícola são regulados pelas quantidades do elemento disponível que se encontra proporcionalmente no mínimo (fator limitante) em relação às necessidades das plantas. Essa condição é conhecida como “lei do mínimo” (BRADY, 1989; MELLO *et al.*, 1989, PRIMAVERESI, 1990).

Se, por um lado, os nutrientes possibilitam o estado saudável de um organismo, por outro, efeitos nocivos podem se manifestar segundo a concentração, a forma química e o pH em que ocorrem. Em concentrações não muito elevadas, o nitrogênio na forma amoniacal (NH_4^+) apresenta caráter tóxico e, devido à necessidade de rápida metabolização, a planta consome muito mais fósforo e diminui a absorção de cátions, como potássio e cálcio, o que, ao lado da menor síntese de fenóis, pode torná-la mais susceptível a doenças fúngicas. Concentrações crescentes de fósforo no solo alteram progressivamente a disponibilidade e a absorção de outros nutrientes, tornando alguns deles insuficientes (exemplo: zinco, boro e cobre) e outros em excesso (exemplo: manganês), caracterizando toxidez à planta.

Em solos aerados, o enxofre ocorre na forma oxidada (SO_3), mas em solos com ínfima presença de oxigênio, devido a encharcamentos, por exemplo, existe na forma reduzida (SH_2), o que torna o pH desse tipo de solo alcalino. No entanto, ao se dar a drenagem do solo e, conseqüentemente, a aeração, há a rápida oxidação de SH_2 ,

acidificando o solo drasticamente, por liberar H^+ , podendo formar-se ácido sulfúrico (H_2SO_4).

O pH inadequado desencadeia efeitos prejudiciais às plantas, seja diretamente pelo excesso de íons hidrogênio (H^+) ou hidroxila (OH^-) que, respectivamente, acidificam ou alcalinizam o solo, seja por exercerem influência na concentração e forma química, sobretudo dos minerais, tornando-os mais ou menos disponíveis, conforme o caso. Em condições extremas, os solos sofrem com reduções das formas de vida, da retenção de água, da presença de matéria orgânica e de oxigênio. Valores baixos de pH exercem a ionização de elementos como o alumínio, o ferro e o manganês que, nessas condições, apresentam efeito tóxico aos vegetais. Para o alumínio, especificamente, é bastante conhecido o ecossistema brasileiro dos cerrados, os quais se notabilizam pela vegetação marcadamente retorcida, resultado do caráter tóxico, típico desse mineral que se encontra no solo daquelas regiões (COUTINHO, 1978, 1987; QUEIROZ NETO, 1982).

Dessa forma, variáveis como fertilidade e produtividade dependem também do estado nutricional do solo, o qual se manifesta em razão da ação conjunta de muitos fatores. Por exemplo, os materiais argilosos ou coloidais, inorgânicos ou orgânicos (húmus), pelo fato de apresentarem cargas negativas em sua maioria, detêm em sua superfície uma coleção de cátions como os de cálcio, magnésio, sódio, potássio, alumínio etc (FIGURA 10). As raízes, a partir das soluções em que estão em contato, cedem seus íons H^+ , que são trocados pelos cátions presentes no solo. Essa capacidade de troca catiônica (CTC) é típica de cada argila e é um importante parâmetro de verificação de fertilidade, inclusive para fins de adubação. É interessante destacar que, em solos mais antigos, mais expostos ao intemperismo, a exemplo dos solos tropicais, a CTC é menor, o que os caracteriza como mais pobres e indica desproporção de nutrientes. O inverso ocorre em solos mais jovens, menos intemperizados como os de regiões temperadas, denotando também o papel fundamental dos fatores formadores do solo na condução prática do mesmo. Nesse sentido, em solos tropicais, a presença de matéria orgânica é uma das formas para, além de melhorar a estrutura do solo, aumentar a CTC.

5.7. DEGRADAÇÃO DO SOLO

Os processos de alteração e degradação do solo podem ter origem, respectivamente, natural ou antrópica. No entanto, os aspectos abordados a seguir estão relacionados fundamentalmente com o manejo impróprio a que os solos têm sido submetidos pelo ser humano.

Ao considerar o solo ou as atividades que nele se desenvolvem como um processo em que há entradas e saídas de energia e de matéria, pode-se entendê-lo como um agroecossistema. Sendo assim, ao longo do tempo e, principalmente, após a Segunda Grande Guerra, para aumentar as saídas (produtos), foram progressivamente aumentadas as entradas (energia e matéria), mediante uso de máquinas e equipamentos, fertilizantes, pesticidas e outros insumos, os quais necessitam de mais recursos (exemplo: combustível) para seu funcionamento ou produção.

Para exemplificar tal situação, apenas no mercado americano, cuja prática freqüentemente se aplica de maneira similar em outros países, a utilização de ingredientes ativos na agricultura quase triplicou em cerca de vinte anos entre 1964 e 1982 (EPA, 1991).

Essa prática, comum nas regiões mais desenvolvidas, não exclui as ações rudimentares e impróprias das populações mais pobres. Embora a produção de alimentos tenha crescido significativamente em muitas regiões, os mesmos procedimentos também representam as causas da degradação dos solos, resultando em compactações, erosões, assoreamentos, empobrecimento, contaminações do próprio solo e de outros compartimentos dos ecossistemas, riscos à biodiversidade, pragas, necessidades de melhorias contínuas na fertilidade e produtividade, o que, por sua vez, produz a demanda por mais esforços e acréscimos nas entradas do sistema, gerando perspectivas desfavoráveis também à longo prazo.

Por essa razão, a intensidade e a qualidade das práticas agrícolas têm sido determinantes no nível de degradação do solo. Evidentemente, o nível de degradação depende das propriedades básicas do solo e da região em que se localiza, o que estabelece a respectiva capacidade de uso.

Com fins práticos, foi proposto um sistema de classificação de terras pelo Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (USDA) considerando classes que variam de I a VIII, segundo a capacidade de uso das mesmas, podendo ser divididas em subclasses de acordo com as limitações específicas: erodibilidade, declividade, profundidade, drenagem, estrutura e características físicas e químicas dos componentes do solo, as quais podem variar

significativamente no horizonte de uma mesma paisagem. Este sistema foi amplamente divulgado e adaptado nas diversas regiões e países, como no Brasil (LEPSCH *et al.*, 1983).

Os solos pertencentes à classe I são aqueles que oferecem maior capacidade de uso ou mínimas restrições, pois apresentam características que possibilitam conservar a produtividade ou favorecê-la por meio de práticas simples ou comuns, permitindo o desenvolvimento de diferentes atividades e culturas.

Na classe II, os solos demandam práticas mais moderadas, em razão de limitações na intensidade e/ou das espécies em desenvolvimento.

Em solos de classe III, há fortes limitações, exigindo seleção das espécies cultivadas e/ou práticas especiais, de maneira que, ainda assim, haja o aproveitamento parcial da área.

A classe IV caracteriza solos com limitações muito severas e, para que seja possível seu aproveitamento agrícola, são necessárias práticas especiais de conservação mais freqüentes, além da seleção adequada das culturas (anuais e perenes).

Os solos classificados de V a VIII se notabilizam progressivamente pela quase ou total inviabilidade a práticas com culturas, uma vez que oferecem riscos ou propriedades inadequadas ao cultivo. Por isso, conforme o caso, os solos dessas classes são restritos para fins de pastagens, silvicultura, vegetação florestal, reservas de comunidades silvestres, abastecimento de água, recreação e estética paisagística (FIGURA 16).

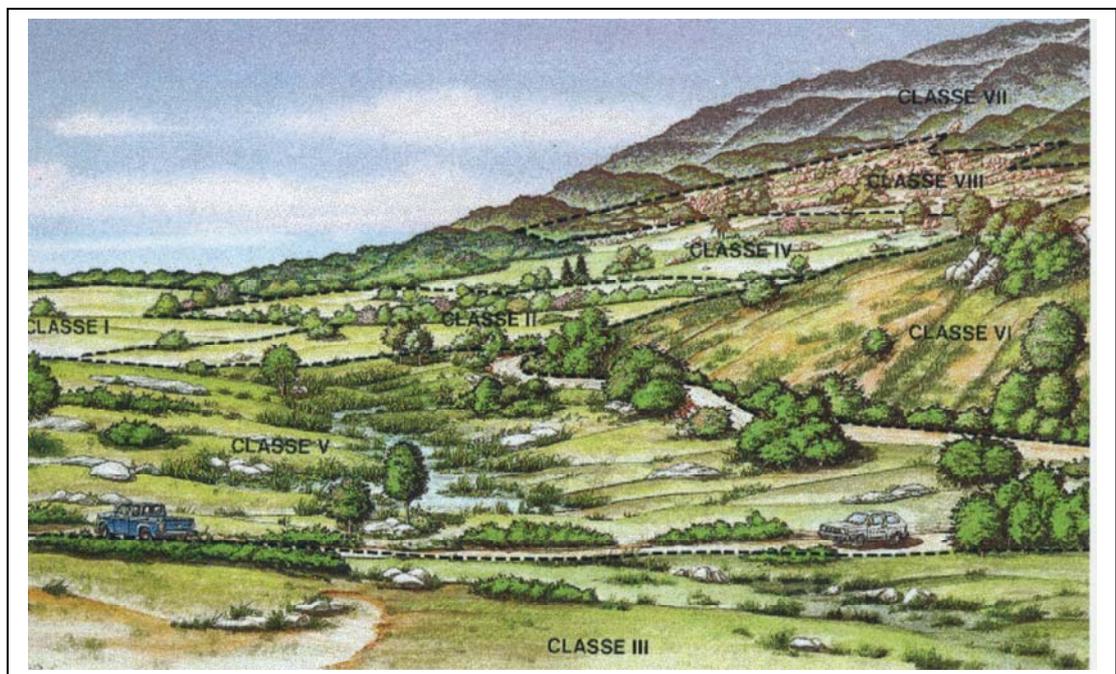


FIGURA 16 - Exemplo de paisagem com diferentes classes de uso do solo (adaptado de LEPSCH *et al.*, 1983).

A monocultura – prática empregada para aumentar ao máximo o número de plantas cultivadas por unidade de área, objetivando maior produtividade e condução mais simples da cultura – desfaz as relações ecológicas desenvolvidas ao longo do tempo ao eliminar a biodiversidade local. Algumas espécies, ao se encontrarem livres de seus predadores, competidores e controles naturais e em condições privilegiadas de oferta de alimento, exibem um crescimento populacional súbito e descontrolado, caracterizando-se como pragas. Muitas vezes, as pragas não causam prejuízos somente por atacarem diretamente as culturas ou as pastagens, mas podem trazer dificuldades ou danos na operação de máquinas e equipamentos, como pela presença dos montículos (ninhos, murunduns ou cupinzeiros) formados por cupins (MARICONI *et al.*, 1995)

Ainda que a monocultura não ocupe toda a extensão territorial da região, preservando fragmentos de ecossistemas naturais – processo denominado fragmentação (DESOUZA, 1995) – se o manejo não levar em consideração o potencial de cada espécie-praga, o tipo de solo, assim como o formato, a área, o número e a distância dos fragmentos, essas espécies podem manifestar características de praga, causando danos decorrentes dos desequilíbrios. Um caso particular é o dos cupins que, apenas considerando o fator solo (teor de argila), podem se tornar pragas em ecossistemas agro-silvo-pastoris, até porque se desconhecem as reais correlações entre fatores de desequilíbrio e os verdadeiros prejuízos que decorrem dessas ações (FORTI & ANDRADE, 1995), o que denota a carência de informações e conhecimentos técnicos sobre o tema, seja quanto às causas, seja quanto aos métodos adequados de controle (BERTI FILHO & FONTES, 1995; WILCKEN & RAETANO, 1995).

Paralelamente, na busca por melhores resultados de produtividade, pesticidas e fertilizantes podem ser fontes de contaminação do solo e dos organismos, inclusive das culturas. Além disso, ao infiltrarem ou escoarem, as substâncias ativas que compõem esses produtos podem comprometer a qualidade da água dos reservatórios subterrâneos e superficiais, assim como dos ecossistemas que dependem desse recurso.

Um fator agravante para os usos indiscriminados de fertilizantes e pesticidas diz respeito à lixiviação (arraste). Além dos possíveis inconvenientes à saúde do trabalhador rural aplicador de tais insumos agrícolas e dos consumidores dos produtos dessas culturas, existe o revés ambiental decorrente dos componentes químicos que são deslocados principalmente pelas chuvas. Nesse caso, além dos riscos ao abastecimento de água, modificações importantes podem ocorrer na dinâmica das populações dos ecossistemas aquáticos em razão da contaminação e/ou eutrofização da água, que determinam desarranjos na composição das comunidades biológicas.

Pela contaminação, populações podem ter seus processos biológicos comprometidos, causando mortes ou menor capacidade de competitividade. Outras populações, total ou parcialmente insensíveis à(s) substância(s) contaminante(s), estabelecem-se de forma numericamente desequilibrada.

Na eutrofização, que significa a introdução excessiva de nutrientes em um sistema, determinadas espécies proliferam-se desordenadamente, uma vez que não encontram fatores limitantes de natureza nutritiva. O crescimento populacional exagerado dá origem a bruscas modificações em toda a teia alimentar, descaracterizando o equilíbrio previamente existente no ecossistema.

Muitos dos pesticidas utilizados não são específicos, o que significa que, ao serem aplicados, o ingrediente ativo age letalmente sobre a espécie alvo (praga), bem como sobre as demais espécies integrantes do sistema, possibilitando novos desarranjos populacionais. Conseqüentemente, estabelece-se um processo de reorganização para um novo equilíbrio que, muitas vezes, ainda que a longo prazo, pode viabilizar a proliferação de novas pragas, significando a necessidade de novas intervenções por parte do produtor.

A insistência dessas práticas e a rotação inadequada de culturas também determinam a demanda repetitiva dos mesmos tipos de nutrientes, o que conduz à exaustão do solo, uma vez que a dinâmica de reposição natural é inferior à velocidade de retirada. Assim, manter esses procedimentos redundam em comprometimento do desenvolvimento vegetal e diminuição da produtividade. Por essa razão, procede-se à reposição artificial de nutrientes pelo emprego de fertilizantes, que, por si mesmos, podem representar danos.

Tais danos podem ser de natureza econômica e/ou ecológica. O excesso ou a repetição do emprego de fertilizantes corresponde a custos adicionais. Além disso, pode gerar alterações de pH do solo, porque muitos componentes dos fertilizantes podem precipitar com o passar do tempo, liberando íons H^+ ou OH^- . Minerais como Cu, Zn e B, por exemplo, tornam-se deficientes quando o adubo NPK encontra-se em excesso.

A produtividade agrícola é diretamente proporcional à quantidade de adubo utilizada. Contudo, a partir de determinadas quantidades desse insumo, cujos valores são variáveis segundo cada circunstância, a produtividade decresce, podendo alcançar números equivalentes àqueles para colheitas sem o uso de adubos. Nessas condições, os custos financeiros e ambientais não se justificam nem mesmo pela produção.

O uso de máquinas e de equipamentos agrícolas, habitualmente interpretados como modernidade e avanço do setor, através das rodas e esteiras inadequadas do trator ou da estrutura imprópria dos equipamentos, pode gerar pressão mecânica suficiente para que haja

compactação do solo, o que se agrava em condições de umidade elevada. Essa compactação interfere no desenvolvimento e expansão das raízes e na infiltração e circulação de água e oxigênio, dificultando a produção vegetal, o que é normalmente controlado momentânea e superficialmente com novo emprego de máquinas.

A prática de arar o solo, muito ampliada e maximizada a partir dos conhecimentos específicos para solos de regiões de clima temperado, generalizou-se também em regiões tropicais. Contudo, compreendendo as peculiaridades típicas dos ecossistemas dessas diferentes condições climáticas, certamente os resultados não poderiam ser os mesmos. Se nas regiões mais frias, esse procedimento viabiliza a atividade biológica do solo de modo que a produtividade seja maior, em condições de umidade e temperatura elevadas, arar significa expor mais os componentes do solo – inclusive os biológicos – aos fatores de intemperismo, produzindo o empobrecimento, o decréscimo de produtividade e a necessidade de novas intervenções. Além disso, nas regiões temperadas, o acúmulo de matéria orgânica superficial é muito mais expressivo do que nas regiões tropicais, nas quais o teor, em geral, é baixo. Na operação com máquinas, o efeito da compactação mecânica é atenuado naquelas condições, porém assume muito mais expressão nos trópicos úmidos e quentes.

O mesmo pode ser compreendido quanto à prática de remoção da serapilheira em agro-silvo-ecossistemas, expondo o solo aos fatores ambientais de tal forma que diminui a fertilidade, a produtividade e as condições estruturais do solo. Por essa razão, quanto menor a mobilização do solo, mais se preservam as condições de manutenção da bioestrutura e dos benefícios que disso decorrem (exemplo: cultivo mínimo, na palha, plantio direto etc).

Outra prática que conduz a danos para o solo, bem como para a atmosfera, para a água e para as comunidades biológicas e humanas que se inserem nessas circunstâncias, é a utilização das queimadas. Autores como ODUM (1988, p. 177-179) e COUTINHO (1990) colocam argumentos, respectivamente para regiões dos Estados Unidos e para os cerrados brasileiros, que indicam adaptabilidade evolutiva das espécies ao fogo como fator natural dos ecossistemas. Esses autores citam que o fogo é um fator ecológico que, dependendo da maneira como ocorre (localizado, superficial, extenso, intenso etc) produz efeitos diferenciados sobre a ciclagem de nutrientes e a dinâmica de repovoamento pelos seres vivos, sobretudo vegetais. Outrossim, verifica-se que, logo após a queimada, as cinzas acrescentam porções significativas de nutrientes, que, por alguns anos, melhoram o desenvolvimento vegetal, embora a repetição dessa prática não reproduza os mesmos efeitos.

Nesse sentido, o fogo poderia ser empregado de forma controlada para retirar resíduos de culturas, possibilitar a germinação de outras plantas etc. Contudo, em razão da dificuldade

de controle dessa técnica e do emprego indiscriminado, bem como pela eliminação de espécies do ecossistema e pela contribuição com materiais causadores de danos à atmosfera (poluição), a prática das queimadas torna-se usualmente mais uma forma de desencadear prejuízos ecológicos e econômicos.

PIVELLO-POMPÉIA (1985) relata que as queimadas periódicas a que são submetidos os cerrados brasileiros podem gerar a exportação de muitos nutrientes contidos na biomassa para a atmosfera ou outros compartimentos do sistema. Como fora quantificado em queimadas experimentais de fitomassa no Campo Cerrado de Emas, Pirassununga (SP), macronutrientes, como o nitrogênio, perdem-se basicamente por volatilização. Cálcio e magnésio perdem-se principalmente pelo transporte de partículas, enquanto com o fósforo e o potássio o processo ocorre tanto pela volatilização, como pelo transporte de partículas. Outros nutrientes, como o enxofre, também são perdidos, mas demonstram padrões irregulares quanto à forma de exportação.

Evidentemente, que condições como a umidade da vegetação e a ação dos ventos interferem na exportação dos nutrientes, mas o processo não deixa de ser abrupto. Por outro lado, a reposição é mais lenta, necessitando de meses a anos, o que também é variável em função das condições climáticas e meteorológicas (por exemplo, o regime pluviométrico) e das características bióticas do ecossistema. Portanto, além dos danos ambientais e dos prejuízos econômicos, a exportação desmedida de matéria pelas queimadas merece atenção especial frente ao conhecimento incipiente sobre a ciclagem e o destino desses importantes nutrientes nessas condições.

A mesma atenção deve ser dedicada à extração contínua de biomassa a partir da retirada de produtos agrícolas e de madeira pelas práticas silvícolas, cujos constituintes foram, em parte, obtidos do solo, e a reposição adequada é pouco respeitada, seja por desconhecimento seja por irresponsabilidade, caracterizando uma exportação de recursos nutrientes em quantidades desconhecidas.

A irrigação é também uma prática comum entre os produtores, advinda do princípio de que a intensa disponibilidade de água possibilita melhor desenvolvimento vegetal. No entanto, a inadequação dos procedimentos de irrigação, quer por despreparo técnico quer por descaso para com os recursos naturais, podem trazer resultados incompatíveis com a sustentabilidade.

O excesso no volume de água de irrigação é traduzido, na prática, como desperdício do recurso, que pode ter uma significativa parcela perdida por evaporação e por escoamento ou infiltração no solo, visto que as espécies de plantas apresentam necessidades e capacidades de captação de água diferentes para cada circunstância específica e período de crescimento.

Em episódios repetidos e desnecessários de irrigação, a infiltração e o escoamento de água contribuem, respectivamente, com os processos de lixiviação e de erosão dos componentes presentes no solo, modificando-lhe o pH.

A irrigação pode ser improdutiva e até mesmo prejudicial, independentemente da quantidade de água utilizada, se o solo não estiver em condições adequadas de disponibilizá-la às plantas. A combinação entre irrigação e a adubação também é muito importante, uma vez que em solos compactados, em que há mínima infiltração, ou em solos de regiões secas, submetidos a processos intensos de irrigação, mas em volumes insuficientes ou meramente episódicos, podem resultar em saída de água por evaporação, permanecendo apenas os minerais. Por essas razões, ocorre um processo de salinização do solo, com todos os inconvenientes decorrentes dessa condição, como freqüentemente se verifica nas regiões semi-áridas.

Finalmente, a erosão está entre os mais sérios fatores que caracterizam a degradação dos solos. Dentre as diversas causas, a erosão decorre principalmente da dificuldade de infiltração de água, resultado de modificações importantes impostas ao solo por manejo inadequado – desestruturação e compactação, remoção ou alteração da cobertura vegetal, alterações na circulação ou fluxos superficiais e subsuperficiais de água, determinando maior escoamento e o transporte de materiais do solo.

Sabendo que os principais agentes erosivos são de natureza hídrica ou eólica, a erosão causada pela água é mais pronunciada no que se refere à agricultura, podendo ser estabelecidos três tipos básicos: laminar ou superficial, em sulcos e voçorocas.

A erosão laminar caracteriza-se pela remoção pouco perceptível de camadas superficiais do solo ainda que de maneira pouco homogênea. A erosão em sulcos ocorre quando há a escavação do solo ao longo do percurso pelo qual se deu o fluxo da água. As voçorocas formam-se quando a passagem da água promove o aprofundamento dos sulcos ou quando a infiltração de água origina o solapamento do terreno, removendo a camada superior do solo.

A erosão pode ser classificada em tipos, mas, de qualquer maneira, a compactação do solo determina um maior escoamento, de forma que a água transporta materiais em seu percurso. Algumas observações realizadas no Brasil, especificamente no Estado de São Paulo, na década de 1960, são apresentadas por MELLO (1989, p. 130) em que se contabilizam as perdas de carbono (tonelada / hectare / ano) por erosão em diferentes tipos de solo (TABELA 2).

TABELA 2. Perdas de carbono (t/ha/ano) por erosão em solos do Estado de São Paulo (adaptado a partir de MELLO, 1989).

SOLO	C perdido (t/ha/ano)
Derivados de Arenito Bauru	218.736
Derivados de Rochas Pré-Cambrianas	130.768
Derivados de Rochas Básicas	127.045
Derivados de Arenito Botucatu	95.051

De acordo com LUCARELLI (1997), as perdas de solo variam significativamente conforme os sistemas de uso e manejo, sendo que as práticas denominadas tradicionais, as quais promovem maior mobilização do solo, em geral, acarretam as maiores perdas em comparação com as práticas consideradas conservacionistas (TABELA 3).

TABELA 3. Quantidade de terra perdida (na média de seis anos) em função da prática de manejo (adaptado de LUCARELLI, 1997).

PRÁTICA OU MANEJO	SOLO ERODIDO (kg/ha/ano)
Grade aradora	623,4
Sistema alternado	585,3
Escarificador	525,6
Plantio direto	121,3
Arado de disco	606,8
Roçado	73,2
“Morro abaixo”	4.677,8
Enxada rotativa	1.475,8

A diminuição na quantidade de componentes do solo acarreta decréscimo na produtividade e necessidade de intervenções, o que significa aumento dos custos. Mais que a remoção de nutrientes, a erosão se caracteriza pela perda de porções significativas do solo para regiões mais baixas. Além disso, são notáveis os efeitos de dimensões ambientais, pois

alteram a paisagem, dificultam o estabelecimento de novas comunidades naturais e ainda, devido à translocação de grandes massas de solo para corpos d'água, como rios, lagos etc, produzem assoreamentos. Estes também transformam a paisagem dos ecossistemas aquáticos e, ao modificar a profundidade e a velocidade de deslocamento da água, são responsáveis por importantes comprometimentos das condições naturais previamente oferecidas nesses ecossistemas. Grave é ainda o fato de que se coloca em risco a qualidade e a disponibilidade do abastecimento de água para as populações, que já se ressentem do problema, principalmente nos grandes centros urbanos, em virtude das aglomerações humanas excessivas e desordenadas.

As estimativas de que muitas toneladas de solo são conduzidas às áreas mais baixas todos os anos também ocorrem nos espaços urbanos, em razão da falta ou do planejamento desmedido de ocupação dos solos, sobretudo nas regiões sócio-economicamente desfavorecidas. Periodicamente, acontecem desmoronamentos de encostas sob chuvas intensas, que são de fato agentes poderosos. No entanto, não se deve deixar de atentar para as perdas contínuas, ainda que pouco perceptíveis, que se dão com os volumes menores de precipitação durante as estações mais secas e ao longo dos anos.

Ações que produzem a degradação do solo inviabilizam progressivamente o aproveitamento adequado. Muitas regiões têm apresentado crescente processo de desertificação, a partir do que se estabelece igualmente a desertificação das oportunidades de desenvolvimento sustentado. Assim, produtores desprovidos de infraestrutura técnica ou financeira, muitas vezes, abandonam ou a atividade ou a propriedade, o que, de qualquer maneira, gera prejuízos econômicos, ecológicos e sociais, pois contribui com o aumento da miséria e das massas excluídas.

5.8. PRÁTICAS CONSERVACIONISTAS

A Agenda 21 é um plano de ação estruturado de forma consensual por 179 países, reunidos na Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento em 1992, no Rio de Janeiro (ECO – 92). Trata-se de um documento no qual se manifestou o compromisso de promover um novo padrão de desenvolvimento, conciliando métodos de proteção ambiental, justiça social e eficiência econômica – o Desenvolvimento Sustentável.

A Agenda 21 assume uma concepção planetária e processual, convocando cada segmento da sociedade a uma postura pró-ativa, permanente e dinâmica na construção da

sustentabilidade, o que, na prática, sinaliza mudanças na forma de pensar os rumos do desenvolvimento convencional, o qual, apenas no Brasil, revela a presença de cerca de 30% das crianças menores de cinco anos com estado de desnutrição (VELHO, L. & VELHO, P., 2002) e aproximadamente 40 milhões de brasileiros subnutridos (FARFAN, 1998).

Dentre os diversos temas de relevância global tratados na Agenda 21, estão os capítulos sobre pobreza, demografia e sustentabilidade, desertificação e seca, educação, papel do agricultor e desenvolvimento rural e agrícola sustentável. Tendo em vista que a agricultura ocupa um terço da superfície da Terra, constituindo a atividade central de grande parte da população mundial atual (KEATING, 1993; UNCED, 1996, capítulo 32), e que, no ano de 2025, cerca de 83% dessa população (prevista para 8,5 bilhões de habitantes) estarão vivendo nos países em desenvolvimento (*Ibid.*, capítulo 14), a agricultura vê-se diante da necessidade de fazer frente a esse desafio. Para aumentar a produtividade das terras e criar condições que permitam o desenvolvimento sustentável, devem ser efetuados importantes ajustes nas políticas econômicas e de meio ambiente.

Uma política de meio ambiente voltada para a conservação e a proteção dos recursos naturais deve considerar devidamente também aquelas pessoas que dependem desses recursos para a própria sobrevivência. Para tanto, dentre as muitas ações a serem tomadas, deve-se orientar o foco em desenvolver, para todas as áreas atingidas pela pobreza, estratégias e programas integrados de manejo sustentável do meio ambiente, mobilização criteriosa de recursos e erradicação e mitigação da pobreza. É imprescindível, nesse processo, que toda a sociedade deva atribuir alta prioridade à educação básica e ao treinamento profissional.

O manejo apropriado do solo representa parte das ações que vão ao encontro das prerrogativas estabelecidas na Agenda 21. Diversas práticas conservacionistas, muitas delas já desenvolvidas há décadas, podem e devem ser divulgadas e adotadas na busca por um novo eixo de desenvolvimento.

As práticas conservacionistas devem configurar-se como uma série de técnicas e procedimentos que, combinadas ou isoladamente, visem minimizar o uso de insumos químicos e os fluxos horizontais de água, proteger e aprimorar as condições do solo, aumentar a produtividade e conservar os recursos naturais (SOARES, 2001). A escolha de cada prática perpassa pela análise minuciosa da capacidade de uso do solo específica de cada local e pelo entendimento de que, ainda que haja algum investimento inicial para a construção e implantação do sistema, ocorra, ao menos, o ganho no aspecto ambiental. Alguns importantes exemplos de práticas conservacionistas são apresentados a seguir.

5.8.1. Irrigação

O aumento da produtividade de uma cultura está fortemente relacionado com a correta disponibilidade de água. Esse tipo de conhecimento não é recente. Há cerca de 6 mil anos, na Mesopotâmia, a agricultura demonstrou crescente sucesso devido à construção de canais que traziam água do Rio Eufrates. No entanto, dentre as diversas razões para que aquela civilização encontrasse o declínio, a irrigação, que possibilitou colheitas abundantes durante aproximadamente 2.000 anos, produziu situações em que o solo teve a qualidade comprometida para o desenvolvimento vegetal. A repetição continuada da prática de irrigação, seguida de intensa evaporação, causou o acúmulo de substâncias, como os sais, promovendo a salinização do solo e, portanto, a diminuição na produção de alimentos (POSTEL, 2001).

Acontecimentos dessa natureza exemplificam as conseqüências e os riscos que envolvem determinadas formas de manejo. Atualmente, pelo menos 40% da produção agrícola mundial dão-se em solos irrigados, o que também contribuiu para que a colheita global de grãos triplicasse nos últimos 50 anos. Dessa forma, a irrigação é responsável por cerca de 2/3 do uso total de água no mundo, atingindo quase 90% em alguns países desenvolvidos (*Ibid.*).

Por outro lado, considerando os dados históricos e as projeções de crescimento da população mundial, as demandas por alimentos e, conseqüentemente, por água para irrigação, serão brevemente incompatíveis nos moldes convencionais, no que se refere à proteção dos recursos naturais.

Presentemente, as formas mais comuns de irrigação são realizadas por inundação do terreno, por aspersão ou por canais (sulcos) que conduzem água paralelamente às linhas de plantio (SILVA, 1967). Na prática, as plantas captam somente uma pequena fração da água, sendo que o restante ou evapora ou é drenado para os aquíferos ou corpos d'água (rios, lagos, represas etc). Por isso, essa prática pode conduzir a desperdícios e poluição da água, além de erosão, salinização e inundação do solo (POSTEL, 2001).

Técnicas mais eficientes e ambientalmente mais adequadas devem ser planejadas segundo o tipo e a localização do solo e da cultura. A declividade reduzida dos canais de irrigação pode tornar o fluxo de água mais lento, permitindo maior infiltração e mantendo o líquido disponível à planta por mais tempo, o que, na prática, exige um volume menor de água e diminui as possibilidades de erosão com melhor aproveitamento do recurso (CORRÊA, 1959, p. 143-146).

Existem ainda outras formas de irrigação sob um formato mais racional. Tubos subterrâneos ou colocados próximos à superfície do solo possibilitam, respectivamente, a disponibilização de água diretamente às raízes e a minimização da evaporação, uma vez que, nesse caso, o processo se faz por gotejamento. Para o sistema por gotejamento, a redução nos volumes de água varia de 30 até 70%, com a vantagem de aumentar a produção agrícola significativamente (20 a 90%, dependendo da cultura) em comparação com os métodos convencionais.

Sistemas tecnológicos também podem contribuir mediante programas de controle de irrigação que calculam o tempo e o volume de água conforme a relação dos fatores climáticos, tais como a temperatura, a precipitação e a estação do ano, com as necessidades específicas da cultura. Outras formas de repensar a irrigação dizem respeito ao reuso de água, utilizando-a no processo mais de uma vez, com ou sem tratamento, dependendo das características locais, além do desenvolvimento de variedades vegetais que produzam mais, apresentando menores exigências de água (POSTEL, 1999, 2001).

Embora diversos métodos de irrigação ambientalmente mais racionais estejam disponíveis, os mesmos ainda são empregados de forma bastante incipiente, a exemplo do sistema por gotejamento, para o qual se estima o uso em apenas 1% das terras irrigadas (*Ibid.*). De fato, para que esse quadro se modifique, são necessárias políticas ambientais, educacionais e agrícolas que motivem mudanças culturais e sócio-econômicas, ainda que os custos de implantação dos sistemas (investimentos) sejam maiores, em princípio.

5.8.2. Adubação Verde

A adubação verde não é uma prática recente, pois sabe-se da sua adoção por povos antigos. Trata-se de uma técnica que se caracteriza por melhorar as características físicas, químicas e biológicas do solo, proporcionando condições mais adequadas ao desenvolvimento vegetal (CORRÊA, 1959, p. 134-135).

O método consiste em cultivar plantas que produzam rapidamente grande quantidade de biomassa, principalmente folhas, a fim de que sejam cortadas e dispostas sobre a superfície, de maneira a fornecer proteção física contra os agentes do ambiente e a incorporar nutrientes ao solo. Não obstante muitas espécies vegetais possam ser utilizadas como adubo verde, há especial preferência pelas leguminosas, as quais apresentam pronunciada capacidade de fixação de nitrogênio através dos nódulos radiculares em que estão associadas bactérias do gênero *Rhizobium*. O simples desenvolvimento vegetal das plantas leguminosas

já é responsável por mudanças nas características físicas do solo, melhorando-lhe a densidade e a porosidade (BONI, ESPINDOLA & GUIMARÃES, 1994).

No Brasil, certos trabalhos com a adubação verde não trouxeram perspectivas muito favoráveis, o que, na verdade, deu-se em função de expectativas equivocadas e de conhecimento incompleto acerca da técnica. Contudo, nos últimos anos, muitos têm sido os estudos sobre as circunstâncias e a dinâmica dos sistemas agrícolas que utilizam leguminosas como adubo verde, indicando um ou mais dos seguintes resultados: incorporação de matéria orgânica e/ou de nitrogênio a baixos custos; evidente efeito favorável à descompactação, diminuindo a densidade aparente (maior porosidade total); melhor aproveitamento dos nutrientes de fertilizantes e vigor mais evidente das culturas, redundando em maior resistência às pragas e em aumento da produção (MARQUES, 1950; PRIMAVERESI, 1990; ESPINDOLA & TERESO, 1997; VIEIRA & ANTÔNIO, 2001; AMBROSANO, GUIRADO & AZEVEDO FILHO, 2002).

5.8.3. Plantio Direto

A disposição de materiais vegetais vivos ou mortos de diferentes origens estabelece uma cobertura protetora do solo. Mediante tal prática, forma-se uma barreira de materiais contra a ação direta de raios solares, chuvas e ventos e que, ao se decomporem, incorporam nutrientes ao solo, melhorando-lhe as condições físicas e químicas. Semear (plantar) sem preparo prévio ou mobilização do solo, utilizando-se dos restos das culturas anteriores, constitui-se a técnica denominada plantio direto (CARVALHO, 2002).

O plantio direto não se trata simplesmente de uma técnica em que não há aração ou a necessidade de mecanização tradicional, mas um procedimento que, ao oferecer uma cobertura natural ao solo, em condições apropriadas, possibilita benefícios quanto à infiltração de água. Além de diminuir os riscos de erosão, contribui com a manutenção da umidade e incrementa nutrientes ao solo, vantagens ambientais inegáveis.

Algumas pesquisas envolvendo o plantio direto, em comparação com a forma convencional de preparo, ilustram o efeito significativo sobre a densidade aparente e, conseqüentemente, maior porosidade. Dessa forma, havendo maior arejamento e facilidade de infiltração de água, as condições para o desenvolvimento dos seres vivos são também melhores. Essa é uma das razões pelas quais há o acúmulo de determinados nutrientes, como o fósforo e o potássio, principalmente nas camadas superficiais do solo (DE MARIA, NNABUDE & CASTRO, 1999).

O sistema de preparo por plantio direto caracteriza-se por reduzir as perdas de solo por erosão (LUCARELLI, DANIEL & ESPINDOLA, 1996). Assim, os valores relativos ao cálcio, magnésio, pH e CTC nas camadas superiores são maiores do que em solos que não receberam preparo de natureza conservacionista (DE MARIA, NNABUDE & CASTRO, 1999), o que se traduz em menores custos com a aplicação de insumos químicos, motivo também pelo qual a adoção desse sistema tem sido crescente. Somente no estado de São Paulo, a área com plantio direto era de aproximadamente 45 mil hectares em 1997, aumentando para cerca de 1 milhão de hectares estimados em 2003 (CARVALHO, 2002).

Por isso, justificam-se os esforços na educação ambiental e no desenvolvimento de novos estudos e de máquinas agrícolas mais apropriadas para essa técnica de menor mobilização do solo.

5.8.4. Plantio em Nível e Terraceamento

Determinadas práticas favorecem perdas de terra, principalmente em terrenos com alguma declividade. É o caso do plantio “morro abaixo” em que, sendo a semeadura no mesmo sentido do escoamento das águas, formam-se vias preferenciais que permitem o transporte de materiais, causando danos à paisagem e diminuição da produtividade, uma vez que há remoção de nutrientes do solo (LUCARELLI, DANIEL & ESPINDOLA, 1996).

A criação de barreiras em terrenos em declive contribui para reduzir os processos erosivos. O plantio em nível consiste em organizar o plantio e o cultivo em direções perpendiculares à declividade; o terraceamento caracteriza-se por diversas técnicas de construção de faixas planas na forma de degraus suavizados, constituindo os terraços nos quais são realizadas as semeaduras (em terrenos pouco permeáveis, há que se imprimir ligeiro desnível no terraço, para que o excedente de água seja conduzido a locais de descarga apropriados).

O plantio em nível e o terraceamento são práticas de preparo que, ao diminuírem a velocidade do fluxo de água pela criação de obstáculos físicos, favorecem a infiltração, o que, além de aumentar a umidade do solo, evita o empobrecimento pela perda de nutrientes (CORRÊA, 1959; SILVA, 1970). No caso do terraceamento, as operações e o acesso às culturas podem também se tornar mais fáceis. Reflorestamento e práticas de manejo de florestas devem ser implementados em locais de topografia mais acidentada (VIEIRA & ANTÔNIO, 2001). Nesses locais, ou em regiões em que o restabelecimento da vegetação nativa é difícil de imediato, podem ser planejados reflorestamentos que, ainda que mediante a

utilização de espécies alóctones (exóticas, introduzidas), promovam a proteção ambiental e viabilizem as práticas silviculturais, melhorando as condições sócio-ecológicas (LUMBREIRAS, 1996). Em locais muito acidentados, a vegetação deve ser preservada.

5.8.5. Rotação e Consorciação de Culturas

O plantio de uma única cultura repetidamente em uma mesma área pode facilmente conduzir o solo ao empobrecimento, uma vez que aí se exerce continuamente a demanda pelos mesmos nutrientes. Além disso, a redução na diversidade biológica no sistema possibilita a proliferação de pragas específicas, que encontram na cultura recursos nutritivos abundantes, gerando prejuízos.

A rotação de culturas (rodízio) é uma prática antiga e pode oferecer importantes benefícios. Constitui-se em não repetir a cultura no mesmo terreno ao longo do tempo. A alternância de culturas deve ser conduzida considerando espécies com necessidades nutricionais, sistemas radiculares, riscos de pragas e formas de preparo e cobertura do solo distintos. Mesmo em pastagens, é desejável certo descanso e manutenção após muito tempo de pastoreio, que provoca também certa compactação ao solo

Outro sistema que favorece a superação ou, ao menos, a diminuição dos mesmos problemas é a consorciação de culturas. A prática consiste em utilizar simultaneamente culturas que, de alguma forma, beneficiam-se mutuamente, o que também oferece maiores possibilidades de lucratividade, uma vez que podem ser obtidos diferentes produtos agrícolas e, às vezes, em períodos diferentes do ano, embora possam apresentar dificuldades à colheita mecanizada convencionalmente.

A adoção da rotação e da consorciação de culturas produz resultados como a melhoria das propriedades físicas e químicas do solo, possibilitando seu melhor aproveitamento e, conseqüentemente, a diminuição na necessidade de insumos químicos (SILVA, 1969). Mediante tais práticas, pode haver enriquecimento na biodiversidade local, o que diminui naturalmente os riscos de pragas e doenças nas culturas, aumentando a sanidade e a produtividade das plantas. Em ambos os sistemas, é recomendável a utilização de plantas leguminosas pelas características vantajosas que as espécies dessa família vegetal podem apresentar.

Naturalmente, um estudo técnico deve preceder toda a adoção de práticas, levando em conta o grau de instrução e as condições econômico-financeiras dos proprietários, para conjugar as diversas possibilidades e recomendações. O ideal é a adoção de práticas que

atendam, coletivamente, a algumas propriedades, dentro da idéia de microbacias, o que requer o envolvimento participativo da comunidade.

5.8.6. Controle Biológico

A agricultura convencional tem se utilizado de pesticidas para controlar pragas e doenças. A aplicação desses produtos, pertencentes a diversas categorias (herbicidas, inseticidas, fungicidas, nematicidas etc), deve-se fundamentalmente ao modelo dos sistemas de produção agrícola e ao fato de que as espécies cultivadas, ao serem submetidas ao melhoramento genético, aumentaram a produtividade, contudo, tiveram a resistência natural diminuída (HABIB, 1994), demandando repetidas intervenções.

Muito embora as pesquisas de produtos químicos concentrem-se recentemente na busca de substâncias mais seletivas, que apresentem ação mais específica sobre a praga, os pesticidas têm historicamente um caráter essencialmente generalista (ANTUNES, GUERRA & LATORRE, 1992), o que significa que os ingredientes ativos também agem sobre as espécies que não são pragas, causando prejuízos ambientais e, por vezes, na própria produtividade, uma vez que os organismos responsáveis por importantes relações ecológicas deixam de interagir no sistema (HABIB, 1994). Outro fato é que, apesar de os pesticidas serem aplicados predominantemente por aspersão (no ar) e as substâncias que os constituem encaminham-se para as águas, a retenção desses componentes químicos no solo caracteriza-se como o maior problema de poluição (OTTAWAY, 1982). Por essa razão, processos de produção orgânica têm sido desenvolvidos e aperfeiçoados (PASCHOAL, 1994).

Mediante esse conjunto de riscos e prejuízos envolvendo os pesticidas, os sistemas agroecológicos têm se utilizado de uma estratégia denominada controle biológico, que consiste num processo natural em que organismos (predadores, patógenos ou parasitas) são empregados para a regulação populacional de organismos nocivos à agricultura, pecuária e saúde pública (BRASIL, 1994). Além dos inimigos naturais, no controle biológico, é possível a utilização de substâncias do metabolismo que controlam a praga. Por isso, para o sucesso de um programa dessa natureza, é necessário o conhecimento detalhado dos mecanismos que envolvem e regulam as interações biológicas. Por exemplo, o inimigo natural de uma espécie-praga deve apresentar características tais como: alta especificidade, não atacando outras espécies, sobretudo a cultura; sincronismo biológico e ambiental com a praga; possibilidade de outras interações não prejudiciais, caso a praga seja sazonal; improvável condição de tornar-se presa ou hospedeiro de outras espécies do sistema etc.

Por outro lado, mediante os conhecimentos disponíveis atualmente, muitas são as evidências e os relatos de que o controle biológico isoladamente é uma técnica de efeito limitado, requerendo a introdução de outros procedimentos de controle para que os sistemas agrícolas mantenham condições apropriadas à produção (HABIB, 1994). Por essa razão, tem-se praticado o Manejo Integrado de Pragas (MIP), que consiste de um conjunto de medidas com a finalidade de diminuir o uso de pesticidas (ALMEIDA *et al.*, 2001).

Para controlar pragas, o MIP envolve o próprio controle biológico, a rotação de culturas, o uso de variedades vegetais resistentes ou repelentes, nutrição adequada às plantas (adubos e análises do solo), manejo das condições do ambiente, como a luminosidade, dentre outros. A aplicação de pesticida somente deve ser feita de forma restrita, mediante o gerenciamento de riscos, em condições especiais em que a população da praga é muito alta, embora, nesse caso, esteja sendo privilegiado apenas o combate aos efeitos e não especificamente às causas do desequilíbrio.

5.8.7. Recomposição de Matas Ciliares

As matas ciliares, ou de galeria, consistem na vegetação que se estabelece ao longo das margens de um rio, ou, genericamente, dos cursos d'água.

Durante muito tempo, existiram muitas razões pelas quais as matas ciliares foram subtraídas de seus espaços originais. Desconhecimento do papel ecológico, descomprometimento com a qualidade ambiental e entendimento de que a mata ciliar, além de ocupar uma área supostamente agricultável, não gera objetivamente produtos agrícolas, constituíram alguns dos motivos pelos quais esse recurso natural não recebeu a devida atenção. Conseqüentemente, os resultados do desequilíbrio não deixaram de se manifestar.

A destruição total ou parcial das matas ciliares traduz perda significativa de recursos naturais e favorece o escoamento de água sobre a superfície. Mediante tal condição, o carregamento de partículas torna-se facilitado, possibilitando o empobrecimento e a erosão do solo e o ingresso de diversas substâncias na água, modificando-lhe os padrões naturais. Tendo em vista que a infiltração de água no solo se reduz, o reabastecimento dos lençóis freáticos é inadequadamente comprometido.

A recomposição e a manutenção das matas ciliares, por parte das instituições oficiais e da sociedade civil, assim como por parte dos proprietários, ainda que estes não tenham sido os responsáveis pela destruição dessa vegetação, é de especial importância. Além de possibilitar a valorização econômica da propriedade rural, o estabelecimento adequado das matas ciliares

viabiliza melhor distribuição do fluxo de água sobre o solo, margens e cursos d'água, uma vez que se trata de um obstáculo ao escoamento. Por essa razão, retém também poluentes, incrementando as possibilidades de degradação dos componentes químicos presentes no solo.

Juntamente com a manutenção das condições naturais dos cursos d'água, as estruturas vegetais das matas ciliares apresentam valor alimentar e permitem a proliferação mais equilibrada da fauna aquática e, conseqüentemente, da avifauna circundante, muitas das quais tomam parte do complexo sistema de dispersão de sementes e de propágulos vegetativos. Uma vantagem adicional, tanto pelo aspecto ambiental como pelo econômico, é que a biodiversidade contribui naturalmente para o controle de pragas e doenças das plantas cultivadas e de animais de criação, bem como para a polinização nas culturas, assegurando melhor produção.

Finalmente, as matas ciliares exercem um enriquecimento natural na estética paisagística e configura-se como um recurso adicional para o gerenciamento ecológico das bacias hidrográficas.

5.8.8. Agricultura Orgânica

A diferença básica entre a agricultura orgânica e a convencional consiste nos fertilizantes e pesticidas utilizados. Enquanto na forma convencional a tendência é a aplicação de pesticidas químicos (sintéticos) e fertilizantes artificiais, os sistemas orgânicos empregam recursos naturais, como cobertura vegetal, métodos mecânicos e biológicos para o controle de pragas e adubos naturais (FRANZEN, 2001).

Tomando por base essa diferença, diversos estudos apontam que a agricultura orgânica demanda menos energia para gerar a mesma quantidade de produtos. Além disso, são observados benefícios ecológicos significativos, tais como o maior número de espécies naturais que, ao exercerem controle de pragas e eficiência na decomposição, disponibilizam melhor os nutrientes ao solo. O manejo orgânico também pode conferir ao solo melhor qualidade em comparação com as análises quantitativas do solo tratado a partir da técnica químico-convencional (BORGES, CARMO & ESPINDOLA, 2001).

Nesse sistema, muitos produtos que habitualmente são descartados podem ser mais adequadamente aproveitados, valorizando mais os recursos disponíveis no ambiente e, principalmente, os de produção local. Um exemplo característico configura-se com a devida utilização de excrementos e outros materiais de origem animal, os quais podem apresentar conteúdos apropriados às culturas, desde que bem aplicados (TABELA 4).

TABELA 4 – Valores nutritivos de fezes e de outros fertilizantes de origem animal para plantas (adaptado de BOWMAN, 1980).

Produto	Composição disponível (%)									
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Ca	Mg	S	Cl	Cu	Mn	Zn
esterco seco (bovino)	2	1,5	2,2	3,3	0,9	0,4	0,6	0,01	0,03	0,03
farinha de ossos	2 - 4,5	22 - 28	0,2	20 - 25	0,4	0,1	0,2	---	---	0,02

Embora a quantidade absoluta de nutrientes no solo seja menor na condição orgânica, uma vez que não há a introdução de fertilizantes artificiais, as plantas aproveitam os nutrientes de forma mais eficiente, pois, nesse caso, a biodiversidade é maior que no processo convencional, o que contribui para a melhor absorção de nutrientes pelas plantas. Por essa razão, a aparência e o sabor dos produtos ditos orgânicos podem mostrar-se mais pronunciados (MOELLER, 2002).

Algumas das críticas dirigidas ao sistema orgânico de produção dizem respeito à improvável maior produtividade quando em condições de larga escala (comercial). No entanto, à medida que as pesquisas avançam, tem sido possível demonstrar resultados progressivamente melhores nessa direção, o que o torna um empreendimento comercialmente bastante atrativo, uma vez que a aceitação desses produtos é cada vez maior. No Brasil, embora a criação de entidades associadas à agricultura orgânica tenha sido mais expressiva somente nas últimas décadas do século XX, o mercado de produtos orgânicos cresce 50% ao ano e com margem de lucro, geralmente, superior ao concorrente convencional (AMBROSANO, GUIRADO & AZEVEDO FILHO, 2002). É também marcante o fato de que, dentre os diferentes níveis de percepção do solo por parte dos agricultores, há maior sensibilidade para aqueles que buscam métodos ambientalmente menos impactantes do que o modelo convencional (BORGES, CARMO & ESPINDOLA, 2001). Esses dados também valorizam a importância dessa prática pelo fato de envolver, muitas vezes, a agricultura familiar, novas oportunidades em agronegócios, inclusive de exportação, e mudanças nos

padrões de cultivo, o que justifica a necessidade de revisão das políticas públicas, incentivos, pesquisa científica, educação e ensino nas escolas agrícolas.

5.8.9. Melhor Aproveitamento da Biodiversidade e Reorganização do Padrão Alimentar

A base da alimentação humana está limitada a um pequeno número de espécies, principalmente, animais e vegetais, quando comparada a toda a biodiversidade planetária existente. Por exemplo, dentre as cerca de 3.000 espécies de plantas cultivadas para a alimentação humana, somente 20 delas produzem a maior parte dos alimentos consumidos mundialmente (HOLE, 1992, p.375).

Pesquisas com diferentes e novas espécies originárias dos mais diversos ecossistemas podem revelar uma gama surpreendente de oportunidades de aproveitamento de elementos nutritivos e de valor terapêutico, econômico e tecnológico. Regiões em que a biodiversidade é rica, a exemplo do Brasil, podem se destacar no contexto mundial. Por exemplo, leite de soja elaborado com sabores de bacuri (*Platonia insignis*) ou cupuaçu (*Theobroma grandiflorum*) tem apresentado ótima qualidade e destacada aceitação, pois são alimentos nutritivos de elevados valores calórico-protéicos e de baixo custo, sendo viáveis à minimização da fome dos estudantes de baixa renda (SOUZA *et al.*, 2002). Outro exemplo é o da “multimistura” que, embora questionada sobre a segurança de sua utilização e ainda envolvida em estudos acerca das mais adequadas e reais condições em que podem proporcionar benefícios à nutrição, constitui-se de farelos (arroz e/ou trigo), pós de folhas verdes (como de mandioca, beterraba, cenoura e verduras nativas), pós de sementes (gergelim e abóbora) e pó de casca de ovo, também propostos para o combate à desnutrição em populações carentes, ao menos, para situações de caráter transitório e emergencial (MARTINS BION, 1997; FARFAN, 1998) ou até para prevenir deficiências de fibras, minerais e vitaminas (VELHO, L. & VELHO, P., 2002).

Pesquisas com essa temática são ainda escassas frente ao potencial existente. Evidência disso é que há pouca informação científica relativa ao perfil nutricional da enorme variedade de frutos da região amazônica. Por essa razão, o Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA) tem desenvolvido estudos para conhecer o perfil de diversos frutos amazônicos: a pupunha (*Bactris gasipaes*), fonte alimentar de energia, fibras, ácidos graxos, minerais e betacaroteno, precursor da vitamina A; açaí (*Euterpe oleracea*), fonte de energia, minerais, antocianina (potente antioxidante) e fibra alimentar; camu-camu (*Myrciaria dubia*), fonte de vitamina C, fibra alimentar e dietética, pois apresenta baixo valor calórico; e o cubiu

(*Solanum sessiliflorum*), fonte de fibra alimentar e também dietético por ser pouco calórico (YUYAMA, 2004).

Ao utilizar-se de espécies silvestres autóctones e desenvolver a tecnologia local, a agricultura e a economia nacional podem beneficiar-se, diminuindo a dependência de importações, os impactos ambientais e a necessidade do emprego de insumos químicos, uma vez que a adaptação às condições regionais (clima, solo e relações ecológicas) é habitualmente superior àquelas das espécies exóticas. Pelas mesmas razões, a produtividade e a abertura de novos mercados, inclusive internacionais, podem ser maiores, além de valorizar também a agricultura familiar e a cultura de diversas comunidades locais que já interagem com essas espécies, favorecendo a superação de problemas como aqueles relacionados à fome, ao trabalho e às oportunidades sociais.

5.8.10. Novas Tecnologias

Germoplasma e Melhoramento Genético

As técnicas de manipulação do DNA (ácido desoxirribonucléico), apesar das polêmicas e incertezas com que ainda estão associadas, podem constituir um poderoso recurso para o aumento na qualidade e na produtividade das culturas, se forem conduzidas de forma adequada e responsável, sob rigorosas bases científicas, éticas e solidárias. Embora novas tecnologias costumem apresentar-se sob questionamentos de natureza variada, perspectivas favoráveis também existem, cabendo, para cada situação, uma análise criteriosa dos aspectos envolvidos.

O melhoramento genético, que se iniciou desde a efetivação do processo de domesticação de espécies animais e vegetais para culturas, fortaleceu-se a partir das últimas décadas do século XX, quando a molécula de DNA e os métodos bioquímicos e tecnológicos se desenvolveram de fato. Sabor, cor e aroma mais agradáveis, composição nutritiva mais rica e maior produtividade são algumas das vantagens obtidas. A resistência a pragas e doenças também pode ser ampliada, o que, ao diminuir a necessidade de utilização de defensivos químicos, possibilita menor incidência de pesticidas nos alimentos, na água e no solo.

Por essas razões, é necessária a manutenção de toda a variedade genética disponível de cada espécie (cultivada, melhorada e silvestre), a fim de preservar tal riqueza, permitindo maiores possibilidades de pesquisa e manipulação, e de não

incorrer nos riscos de monopólios, domínio tecnológico e econômico, dentre outras vantagens. Por conseguinte, o germoplasma, definido simplificada e como o estoque que reúne o conjunto dos materiais hereditários de uma espécie (EMBRAPA, 2004), é estratégico. Um acervo dessa natureza pode assegurar autonomia tecnológica sobre a produtividade agrícola e todos os benefícios decorrentes desse processo, como a maior conservação do solo, e garantir a soberania sobre o patrimônio genético da biodiversidade nacional.

Radars, Satélites e Sensores

A alta tecnologia pode tornar-se um importante meio para o melhor conhecimento e aproveitamento do solo, ainda que se trate de um recurso de disponibilidade limitada para diversos países e produtores, devido à ordem de grandeza dos investimentos envolvidos.

Radars podem determinar as propriedades físicas e mecânicas de uma seção de solo sem causar perturbações. Mediante a emissão e captação de ondas, esses equipamentos podem apresentar-se como uma proeminente ferramenta para estudos não destrutivos do solo e consolidando-se como uma alternativa não invasiva à tradicional prática de extensos testes para se estimar o potencial do solo às atividades agrícolas (GRAHAM, 2002).

A utilização de satélites (*Global Positioning System* – GPS) e de máquinas agrícolas equipadas com dispositivos programáveis oferecem a possibilidade de, ao transmitirem a localização exata de uma porção de solo, suas características e o estado da cultura, receber informações em tempo real para aplicar fertilizantes e substâncias para o controle de pragas e doenças em quantidades mais próximas da necessidade real, evitando desperdícios, contaminações, custos desnecessários, produtos em quantidades insuficientes e diminuição na produtividade (“agricultura de precisão”).

A instalação de sensores capazes de detectar variações na microestrutura e na porosidade total do solo, quando do influxo de água em terrenos em declive, disponibiliza dados que permitem estabelecer relações com possíveis deslizamentos de terra (WONG, 2000), o que se torna especialmente importante em áreas de encosta, ainda que as mesmas não estejam sendo utilizadas comercialmente, viabilizando mecanismos mais eficazes de gerenciamento de riscos e de conservação do solo.

5.8.11. Considerações Finais

A combinação harmoniosa entre os conhecimentos advindos da agricultura convencional (produtividade, sistemas em larga escala, agronegócios etc) e aqueles relativos às práticas conservacionistas pode ser bem gerida a partir de consistentes políticas de desenvolvimento, pautadas na pesquisa científica, educação, apoio técnico e social e respeito à diversidade cultural, contribuindo para a superação de divergências e para a valorização do grande e do pequeno produtor agrícola. Essa conciliação configura-se em uma única força produtiva, gerando riquezas sem se desprender das dimensões ambientais e sociais, uma vez que são complementares.

A participação efetiva e solidária de todos os segmentos da sociedade na recuperação e proteção dos recursos naturais tem como finalidade maior construir as condições para a sustentabilidade econômica, ecológica e social aos povos. A educação ambiental, em todos os níveis de escolaridade, afigura-se como de fundamental importância à condução desse processo de conscientização, para que implemente uma condição de real sustentabilidade que se deve requerer para o bem-estar coletivo.

5.9. ALGUNS SOLOS BRASILEIROS

Em razão da vasta extensão territorial do Brasil, ocorrem muitas diversidades regionais, decorrentes, principalmente, dos elementos do meio físico (clima, relevo, geologia etc). Dessa forma, as diferentes combinações dos fatores de formação dos solos desencadeiam distintos processos pedogenéticos, gerando uma grande variedade de solos.

Genericamente, pode-se dizer que climas chuvosos e elevadas temperaturas, em ambientes bem arejados (bem drenados), propiciam a formação e evolução de solos bem desenvolvidos: profundos e com tendência a serem empobrecidos (pelas intensas lixiviações a que foram sujeitos), quando o relevo é suave, propiciando a presença de materiais alterados, com pequena remoção por processos erosivos.

Por outro lado, climas semi-áridos (como os do sertão nordestino) tendem a apresentar solos pouco desenvolvidos: rasos, com fragmentos de rochas e minerais associados à massa alterada do solo, com grande influência do substrato geológico na natureza dos solos. Nessas regiões, também é freqüente a presença de solos salinos ou alcalinos (ricos em Na^+ e Ca^{2+} ou Mg^{2+}).

Microclimas regionais mais frios, por efeito de altitude (Campos do Jordão, Serras Gaúchas) mostram solos com acúmulos de matéria orgânica, com horizontes muito escurecidos. Em qualquer região brasileira em que há impedimento de drenagem interna (dificuldade de percolação de água, pequena aeração, meio anaeróbico), freqüentemente sujeitas a encharcamentos temporários (como as várzeas e, de modo mais amplo, o Pantanal Matogrossense), o desenvolvimento do solo também é refreado pelo processo de hidromorfia. Cores acinzentadas aí se associam com manchas amarelo-avermelhadas (processos de oxidação e redução alternados dos óxidos do solo).

Relevos muito acidentados propiciam a exposição de rochas à superfície, com processos erosivos ativos associados (intensa morfogênese), sobrepujando a formação e espessamento dos solos (baixa pedogênese), ou seja, caracteriza áreas de solos rasos (litólicos, litossolos), portanto, de pequeno grau de desenvolvimento.

Como ocorre nas diversas ciências naturais, um sistema classificatório (taxonomia) é usual, para designar essas diversidades de solos, possibilitando comparações e mais fácil entendimento, à medida que se familiariza com as denominações. Muitas dessas surgem quase que espontaneamente no linguajar regional das pessoas que trabalham com o solo no campo. Exemplo típico é o termo “terra roxa”, para designar um solo argiloso vermelho derivado de rochas básicas (basalto, diabásio).

Os sistemas classificatórios de solos oferecem certa complexidade, e no Brasil a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), vinculada ao Ministério da Agricultura, é que vem se ocupando dessa questão. Um dos principais critérios utilizados na designação das *CLASSES DE SOLOS* (em número de 14) é a identificação dos *HORIZONTES DIAGNÓSTICOS* presentes nos perfis verticais de solos.

As peculiaridades do sistema classificatório são objeto de cursos superiores que requerem conhecimento do solo, porém, algumas generalizações e simplificações podem ser apresentadas com certas denominações que facilitam a abstração que a classificação oferece, mesmo sem estar à frente de um perfil. Procurando uma analogia prática, esse procedimento corresponderia a utilizar para um determinado grupamento de espécies vegetais o termo genérico: Gramíneas, Leguminosas, Coníferas etc.

Assim, as designações a seguir possibilitam tal abstração:

Litossolos e Solos Litólicos (lito = rocha)

Solos pouco desenvolvidos, rasos, com seqüência de horizontes A – R (Litossolos) ou A – C – R (Solos Litólicos); nestes últimos, o horizonte C é pouco alterado (presença de minerais primários), mostrando fragmentos da rocha do substrato em mistura com os materiais mais finos edafizados. A EMBRAPA (1999) coloca esses solos na Classe dos Neossolos (neo = novo, recente). Ocorrem em qualquer região bioclimática, usualmente em situações em que a morfogênese (processos de desnudação) sobrepuja a pedogênese, expondo rochas à superfície.

Cambissolos (cambiare = mudar, no sentido de estar em alteração ou modificação das características, pelo processo de alteração ou intemperismo)

Estes já apresentam seqüência de horizontes A – B – C, porém, o grau de desenvolvimento do horizonte B não é muito acentuado – é um B incipiente (Bi), podendo revelar a presença de minerais em franca alteração (intemperização). São, pois, solos moderadamente desenvolvidos.

Hidromórficos ou Gleissolos (hidro = água em excesso; glei = cinza)

Solos que têm seu desenvolvimento limitado pelo excesso de água em determinados períodos do ano (hidromorfia). Em geral, ocupam relevos planos, dificultando a drenagem do excesso de água, o que ocasiona significativos processos de redução. Essas condições favorecem acúmulos de materiais orgânicos, que conferem colorações escuras aos solos

(cinza ao negro). As oscilações do lençol freático provocam redução do ferro (cores amareladas e pardacentas) e sua oxidação nos períodos em que o ar penetra no corpo do solo (cores avermelhadas). Horizontes com essas características apresentam o caráter “glei” (g); assim, o perfil de solo pode apresentar seqüências de horizontes: A – Bg – C ou A – Cg.

Solos Aluviais ou Aluviões

Acompanham os cursos dos rios, em geral sob relevo plano, como as planícies de inundação genericamente distribuídas nessas condições.

Associam-se freqüentemente aos Gleissolos, mas distinguem-se por serem oriundos de camadas diferenciadas superpostas umas às outras, sem relação genética. Conforme o regime dos rios, em função das intensidades das chuvas, há maior ou menor poder de transportar materiais e de abandoná-los quando inundam suas margens ou várzeas. Assim, essas camadas podem variar muito nas suas granulometrias: argilosas, siltosas, arenosas, cascalhentas, com maiores ou menores quantidades de materiais orgânicos associados. Os perfis desses solos podem ser descritos com seus horizontes na forma de algarismos arábicos, em seqüência vertical: 1 – 2 – 3 etc.

Latosolos

Solos muito desenvolvidos, profundos, amplamente distribuídos no Brasil (FIGURA 17); no Estado de São Paulo, ocupam mais de 60% da sua superfície geográfica. São tão profundos, que, com muita freqüência, num corte vertical não se chega ao horizonte C, pois o B é muito espesso. Este é referido por B latossólico (“lat” vem de laterita: material muito intemperizado), como também por horizonte óxico, por ser rico em óxidos, em razão do intenso intemperismo a que o material foi sujeito; sua estrutura mais comum é a microagregada (muito porosa). A sociedade Brasileira do Solo e a EMBRAPA têm utilizado o símbolo w em seguida ao B para designar esse horizonte – Bw (w deriva de *weathering* = intemperização, em inglês). Pode-se dizer que um perfil de Latossolo apresenta a seqüência de horizontes: A – Bw C, em que o B pode ser subdividido em B1, B2, B3 etc até o B/C, e, finalmente, o C.

Embora possa ocupar superfícies de relevo movimentado, o mais usual é aparecer sob relevos suavemente ondulados. Quando não compactados mecanicamente (pelo uso agrícola), revelam drenagem boa (solos argilosos) ou drenagem excessiva (solos de textura média). Esses solos não comportam textura arenosa (grosseira) no horizonte B, em conformidade com os critérios da EMBRAPA.



FIGURA 17 - Mapa esquemático de distribuição dos Latossolos do Brasil (adaptado de REZENDE, CURI & SANTANA, 1988).

Argissolos ou Solos Podzólicos

São também solos bem desenvolvidos e muito distribuídos no Brasil (FIGURA 18). Embora profundos, são usualmente menos espessos que os Latossolos, com a seqüência: A – B – C (nem sempre se chega no C em cortes verticais), porém, o B é referido como textural – Bt, ou horizonte argílico (daí a designação Argissolo), na forma de agregados poliédricos (blocos, prismas ou colunares). São freqüentes revestimentos brilhantes envolvendo esses elementos estruturais, assemelhando-se a uma cera. Daí a designação cerosidade para essas feições de películas brilhantes, que podem decorrer de acúmulos sazonais de materiais que translocam verticalmente e lateralmente (eluviação – iluviação), de um horizonte para outro; podem também originar-se de sucessivos processos de secagem e umedecimento da massa do solo, provocando translocação de materiais finos coloidais dentro do próprio horizonte.

Por vezes, são encontrados perfis de solos com um Bt sobreposto a um horizonte Bw, configurando transições entre os solos das duas classes. Outra seqüência de horizontes muito encontrada nesses solos é: A – E – Bt – C, destacando-se o horizonte E (eluvial) esbranquiçado, empobrecido em materiais finos (argilas), ou seja, é um horizonte de perdas. Perfis com essa configuração revelam gradientes texturais elevados – grande diferença textural entre o E e o Bt, o que os expõe a uma drenagem interna, de certa forma, deficitária, isto é, livre no E e impedida no Bt. Por isso mesmo, são muito suscetíveis à erosão, mormente quando se situam em encostas, o que é bastante generalizado, como ocorre no noroeste paulista, onde a antiga COMISSÃO DE SOLOS (BRASIL, 1960) os mapeou sob as designações: Solos Podzólicos de Lins e Marília. Na atual classificação, a EMBRAPA (1999) engloba-os na classe dos Argissolos, embora nas legendas dos mapas pedológicos, curiosamente, ainda reserva a designação PV para designá-los.

Por outro lado, há perfis com B textural com pequena diferenciação entre A e B, sem nenhuma evidência de diferença textural entre ambos os horizontes, que eram designados por Terra Roxa Estruturada (derivada de rochas básicas), e que passaram a constituir a classe dos Nitossolos.

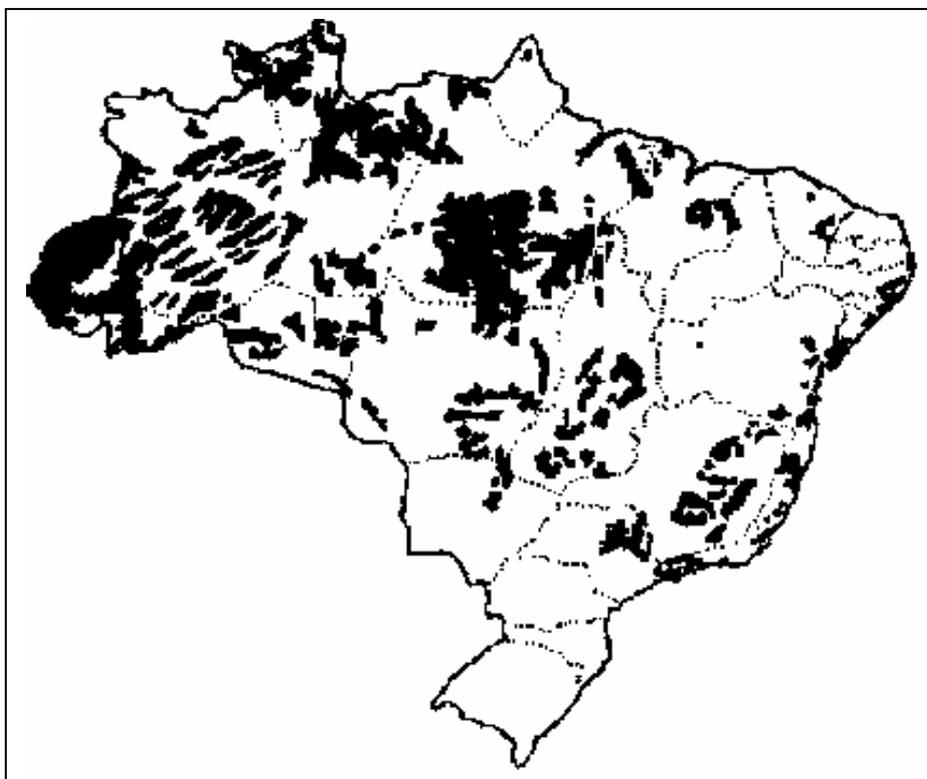


FIGURA 18 - Mapa esquemático da ocorrência de solos Podzólicos ou Argissolos (adaptado de REZENDE, CURI & SANTANA, 1988).

Areias Quartzosas

Embora sejam espessos e muito intemperizados, raramente se encontrando fragmentos de rochas ou de minerais em alteração em seus horizontes, em cortes verticais, eles têm sido considerados como solos pouco desenvolvidos, uma vez que o horizonte subjacente ao A tem sido também referido por C (COMISSÃO DE SOLOS, 1960; EMBRAPA, 1999); por possuir teor de argila inferior a 15% (textura grosseira), este horizonte apresenta-se como uma massa porosa de aspecto maciço, que se rompe facilmente em grãos individualizados (sem estrutura). Com a sequência de horizontes A – C, o solo é enquadrado na classe dos Neossolos (EMBRAPA, 1999), referido por Quartzarênicos ou Areias Quartzosas. Em razão das profundas diferenças entre o horizonte C dos solos rasos e o das Areias Quartzosas, parece que o mais adequado seria dar diferentes denominações a esses horizontes, ou, talvez mesmo, criar uma nova classe para englobar esses solos arenosos espessos e muito intemperizados (Arenossolos? Solos Quartzarênicos?).

Utilizando a legenda da carta pedológica estabelecida pela antiga COMISSÃO DE SOLOS (1960) para o Estado de São Paulo, a distribuição das “grandes categorias de solos” na superfície estadual estaria assim representada, aproximadamente:

Solos com horizonte B latossólico (Latossolos).....	60%
Solos com horizonte B textural.....	30%
Solos pouco desenvolvidos.....	6%
Solos hidromórficos.....	4%

6. ATIVIDADE PRÁTICAS

O estudo do solo deve seguir dois procedimentos: observações em campo e experimentos em laboratório. Nesse sentido, algumas atividades práticas oferecem importantes resultados a partir de alguns métodos relativamente simples.

Toda atividade prática pode ser muito produtiva e estimulante. Alguns materiais e procedimentos podem eventualmente ser substituídos, caso haja a necessidade e/ou alternativas simples e viáveis. Mas, todas essas ações devem ser sempre supervisionadas por profissional responsável.

6.1. CARACTERIZAÇÃO GERAL DO SOLO

Uma observação geral do solo pode fornecer importantes informações sobre suas características e sobre quais outras características devem ser analisadas mais detalhadamente.

Colete amostras de solo de diferentes origens / localidades, disponha cada amostra em uma placa de Petri distinta e realize observações com uma lupa, verificando e anotando: tamanho das partículas (pequenas, médias, grandes), cores predominantes (amarela, vermelha, marrom / castanha, preta), materiais orgânicos (denominá-los, quando identificáveis), organismos (microrganismos: fungos, líquens etc; animais) etc.

6.2. CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS E ATRIBUTOS DO SOLO

6.2.1. Horizontes

1) Em um bosque, mata ou jardim, realize as observações a seguir e compare-as com um local em que não haja cobertura vegetal sobre o solo, como num terreno abandonado.

a) Verifique se existem, nos horizontes superficiais: materiais de natureza animal e, principalmente, vegetal, parcial ou totalmente identificáveis, buscando rastrear as origens dos componentes dessa camada, ou ainda restos não identificáveis de organismos. Se eles estiverem em diferentes profundidades, anote as espessuras dos respectivos horizontes.

b) Se possível, escave verticalmente e observe a cor, a profundidade e a diferença entre as citadas acima e a(s) camada(s) inferior(es).

- 2) Em um corte ou barranco de estrada, contendo vegetação no topo (mato ou qualquer outro tipo de vegetação), observe a distinção entre o horizonte A (mais escuro, granular) e o horizonte B. Com um trado ou sonda manual em posição vertical, retire amostras desses dois horizontes e manuseie-as nas mãos, após adicionar um pouco de água. Procure fazer o mesmo em outra posição do relevo (perto da baixada, por exemplo), para verificar se ocorrem modificações.

A partir do horizonte superficial, escavado quando da análise dos horizontes, colete torrões e pequenas porções do solo em estudo.

6.2.2. Textura

Molhe uma porção do solo, friccione entre as palmas das mãos ou entre os dedos e classifique a textura do solo segundo sua respectiva percepção pelo contato.

- Arenoso: apresenta atrito pronunciado; é áspero e pouco pegajoso.
- Limoso: sensação intermediária entre arenoso e argiloso; macio e sedoso (como o talco).
- Argiloso: mínimo atrito; elevada plasticidade (capacidade de moldagem: cilindros, fitas, anéis) e pegajosidade (aderência aos dedos), que são características da consistência do solo molhado (mesmo teste).

6.2.3. Consistência

Este é um atributo que pode ser analisado sob duas condições distintas: torrões secos e úmidos, para analisar a coesão, e porções molhadas e manipuladas, para verificar o grau de plasticidade e pegajosidade (como acima).

- 1) Seco e úmido: pressione um torrão entre os dedos. De acordo com o resultado observado, a consistência do solo é:
 - Muito firme ou muito dura: dificilmente se desfaz entre os dedos (seco ou úmido).
 - Firme ou dura: desfaz-se sob pressão moderada (seco ou úmido).
 - Solta, friável ou muito friável: desfaz-se facilmente com pouca pressão (seco e úmido, respectivamente).
- 2) Molhado: comprima na mão uma porção de solo. De acordo com o resultado observado, a consistência deve ser observada quanto à plasticidade e a pegajosidade, como referido para a textura:

- Muito plástica: facilmente modelável e muito pegajosa: muito aderente aos dedos.
- Ligeiramente plástica: moderada ou fracamente modelável e ligeiramente pegajosa: moderadamente aderente.
- Não plástica: não modelável e não pegajosa: não aderente aos dedos.

Questão: de que maneiras, a consistência interfere nas práticas agrícolas: (a) na relação com as estruturas radiculares das plantas? (b) na relação com os instrumentos de trabalho? Para tanto, considere ainda as variações naturais no teor de umidade no solo: do mais seco ao mais encharcado.

6.2.4. Estrutura - Agregados

Recomenda-se que essa análise seja feita comparativamente.

- 1) Colete amostras de diferentes tipos de solos e/ou de locais distintos, destorrando-as ligeiramente.
- 2) Coloque-as separadamente em frascos transparentes (capacidade de 250 a 500 ml) com tampa rosqueável, de maneira a preenchê-los até um quarto do volume.
- 3) Adicione água até quase o total preenchimento dos frascos e tampe-os.
- 4) Agite os frascos vigorosamente e deixe-os descansar para que o conteúdo de solo se acomode.

Observe as variações de resultados periodicamente. As partículas e agregados que afundam formam camadas e se acomodam de acordo com suas dimensões e densidades, o que auxilia a caracterização do solo e de seus agregados.

Uma observação prática curiosa e importante é: respingar gotas de água sobre agregados (torrões) de solo de mata (horizonte superficial) e o mesmo nos agregados do mesmo solo sem mata (cultivado, por exemplo, com soja, milho etc). É possível perceber que a água demora muito mais a penetrar no agregado da mata, pelo efeito da matéria orgânica (hidrófoba – diminui a molhabilidade). Porém, o torrão vai embebendo lentamente a água em quantidade, sem destruí-los. Nos agregados ou torrões do solo cultivado, a água entra rapidamente, expulsando o ar e fazendo explodir os agregados (RUELLAN & DOSSO, 1993).

6.3. TEMPERATURA

É a medida do grau de agitação de um corpo, representado pelo calor – energia cinética das partículas – e expresso numericamente.

6.3.1. do Ar

- utilize um termômetro de vidro;
- posicione o termômetro em local que represente adequadamente a área em estudo;
- o termômetro deve estar protegido do movimento intenso do ar ou da exposição direta ao sol, pois ocorrem interferências em ambos os casos;
- registre diversas medidas ao longo do tempo (dia, por exemplo), anotando as características climáticas e meteorológicas locais.

6.3.2. do Solo

1) Próximo à superfície

- Utilize um termômetro de vidro;
- Faça uma perfuração de aproximadamente 3 a 5 cm de profundidade no solo a ser analisado, introduzindo o termômetro;
- O termômetro deve estar protegido da exposição direta ao sol ou de locais em que o solo esteja encharcado, pois ocorrem interferências em ambos os casos;
- Registre diversas medidas ao longo do tempo (dia, por exemplo), anotando as características climática e meteorológicas locais e a presença de serapilheira;
- Compare com solos de diferentes naturezas, umidades e coberturas vegetais e com a temperatura do ar.

2) Pequena profundidade.

- Utilize um termômetro de haste longa;
- **Faça uma perfuração de aproximadamente 20 cm de profundidade no solo a ser analisado, introduzindo o termômetro com cautela para evitar danos ao mesmo;**
- **Em seguida, execute os mesmos procedimentos estabelecidos para as medidas de temperatura do solo próximo à superfície, fazendo os registros, observações e comparações.**

6.5. PRECIPITAÇÃO

A água proveniente da precipitação pode ocorrer sob a forma de chuva, granizo, neve, orvalho e neblina. A medida se dá mais comumente por um instrumento denominado pluviômetro, que segue normas relativamente detalhadas para ser confeccionado. No entanto, para fins de simples verificações de pluviosidade, pode se colocar um recipiente de área conhecida no local em que se deseja fazer a medida. Após o período que se pretende estudar, mede-se a altura do nível da água da chuva no recipiente em milímetros, unidade utilizada normalmente. O valor obtido permite comparações com medidas tomadas em outros momentos ou locais. Além disso, sabendo-se a área do recipiente e a altura da coluna d'água em milímetros, é possível determinar o volume de água do evento pluviométrico específico e, assim, fazer extrapolações para áreas de regiões próximas.

Para comparar os valores do volume de água que efetivamente chega ao solo pela pluviosidade em uma área livre com os valores de uma área com cobertura vegetal, por exemplo arbórea, devem ser instalados dois pluviômetros, sendo um em cada local, de forma que a diferença corresponde ao volume de água interceptada (“retida”) pela vegetação.

6.6. RETENÇÃO DE ÁGUA

O método proposto a seguir fornece apenas uma indicação comparativa da capacidade de retenção de água pelo solo.

Colete amostras de diferentes tipos de solo (mais arenosos, mais argilosos, maior ou menor quantidade de matéria orgânica etc). Para cada amostra, prepare o seguinte sistema: coloque frouxamente algodão no interior de um funil e posicione o funil sobre a abertura de um frasco transparente (capacidade de 250 a 500 ml). No interior de cada funil, adicione a amostra do solo em teste e acrescente água lentamente em volumes iguais. Anote o tempo para que a água deixe de escorrer pelo funil de cada frasco. Verifique a diferença entre o volume de água acrescentada inicialmente e o volume final obtido em cada frasco, comparando a capacidade de cada solo.

6.7. UMIDADE DO SOLO

O procedimento descrito a seguir consiste em determinar o peso do solo úmido e da mesma porção de solo após a secagem, determinando o conteúdo percentual de água, através da diferença entre ambos os valores (traduzido e adaptado a partir de McRAE, 1988):

- 1) Pese um recipiente termo-resistente (exemplo: cadinho de porcelana), determinando a massa MA;
- 2) Adicione ao recipiente cerca de 10g do solo a ser analisado e pese o conjunto, determinando a massa MB;
- 3) Coloque o recipiente com solo em uma estufa (forno, na ausência daquela) a 105°C;
- 4) Após 12h, retire o conjunto, permitindo-o esfriar em um dessecador para, então, pesar o recipiente com solo e determinar a massa MC;
- 5) Calcule a umidade do solo (%) de acordo com

$$\frac{MB - MC}{MC - MA} \times 100$$

6.8. pH DO SOLO

A verificação do pH pode ser feita utilizando um potenciômetro (pHmetro) ou, mais grosseiramente, por fitas medidoras de pH. Porém, o valor obtido tem caráter apenas indicativo, devido às variações a que o processo e os resultados estão sujeitos.

- 1) Pese 10g de solo com baixa umidade;
- 2) Adicione 25g de água destilada (que esteja em equilíbrio com o ar ambiente, pois o gás carbônico pode causar variações nas medições), misture bem e permita descansar por 10 minutos;
- 3) Verifique o pH quando estiver estável.

6.9. PEDREGOSIDADE

Um elemento pedregoso é qualquer partícula do solo com diâmetro (ou com sua dimensão mais longa) superior a 2mm. A pedregosidade pode ser observada sob dois aspectos (traduzido e adaptado a partir de McRAE, 1988):

1) Abundância – verificação visual (direta ou por peneiramento) da porcentagem do volume pedregoso da amostra ou porção do solo, conforme a escala:

Não pedregoso	< 1%
Muito pouco pedregoso	1 – 5% (algumas pedras)
Levemente pedregoso	6 – 15% (presença comum de pedras)
Moderadamente pedregoso	16 – 35% (muitas pedras)
Muito pedregoso	36 – 70% (abundância em pedras)
Extremamente pedregoso	> 70% (extremamente abundante em pedras)

2) Tamanho – verificação visual do diâmetro ou da dimensão mais longa da partícula, conforme a partícula:

Muito pequenas	2 – 6 mm
Pequenas	6 mm – 2 cm
Médias	2 – 6 cm
Grandes	6 – 20 cm
Muito grandes	20 – 60 cm
Blocos	> 60 cm

6.10. MATÉRIA ORGÂNICA

Entre os diversos métodos existentes para verificação do teor de matéria orgânica no solo, o procedimento proposto a seguir tem como finalidade apenas fornecer indicação indireta da presença de conteúdos orgânicos.

Coloque uma porção de solo de maneira a cobrir a superfície de um recipiente resistente ao aquecimento (béquer, por exemplo). Aqueça em chapa elétrica, tomando os devidos cuidados na manipulação de materiais quentes. A emissão de cheiro de queimado significa matéria orgânica presente (quanto mais cheiro, maior o conteúdo de matéria orgânica).

Vale lembrar que a coloração acinzentada é sugestiva de alto teor de matéria orgânica. O horizonte superficial é, em geral, mais escuro do que o subjacente.

A água oxigenada (peróxido de hidrogênio) para “queimar” (oxidar) o conteúdo orgânico de uma amostra

6.11. CALCÁRIO

A presença de calcário pode ser verificada por diferentes métodos, alguns bastante refinados. Uma percepção visual da presença desse componente pode ser obtida a partir do gotejamento de algumas gotas de ácido clorídrico diluído, tomando os devidos cuidados na manipulação de reagentes químicos. A presença de calcário é detectada se o solo borbulhar, pois essa substância reage com o ácido clorídrico, liberando gás carbônico. Borbulhar mais é um indicativo de maior presença de calcário.

Qual seria a reação química que representa essa condição?

6.12. ANIMAIS DO SOLO

Para coletar animais de pequenas dimensões presentes no solo, prepare o sistema:

- 1) Recubra com papel alumínio as laterais de um frasco transparente de boca larga.
- 2) Na abertura do frasco, encaixe um funil e sobre este, posicione uma peneira.
- 3) Coloque uma amostra do solo a ser analisado sobre a peneira e aproxime uma luminária, pois os animais do solo geralmente se afastam da luminosidade. Dessa forma, os animais devem atravessar a peneira em direção ao funil, sendo coletados pelo frasco.
- 4) Retire o papel que envolve o frasco, colete e analise os organismos, utilizando uma lupa, se necessário.

Pesquise as características dos organismos analisados. Para modificar as dimensões dos organismos coletados, modifique a peneira utilizada, alterando as dimensões da trama ou tela.

6.13. MINHOCÁRIO

Construa um recipiente com material transparente (vidro ou plástico rígido), de forma que as dimensões se aproximem das seguintes: altura e largura de 25 cm e espessura entre 3 a 5 cm, deixando apenas a abertura superior livre.

Preencha até cerca de 3/4 do recipiente com diferentes tipos de solo (cor, granulação etc), formando camadas distintas. Recubra a superfície do solo com materiais vegetais,

principalmente folhas, e acrescente água na medida exata para que o solo apresente-se úmido, mas não encharcado. Coloque algumas minhocas no recipiente e mantenha-o em local escuro e frio. Umedeça o solo sempre que necessário.

Faça observações diárias, verificando alterações nas camadas de solo preparadas no início.

6.14. INTERAÇÃO MINHOCAS-SOLO

As características do solo podem afetar a ação animal de diversas formas. Entre as diferentes experimentações que podem ser criadas, esta permite observar possíveis efeitos do pH do solo sobre as minhocas.

Adquira terra adequada à jardinagem, umedeça-a e separe em três recipientes identificados: no recipiente A, adicione ácido acético (vinagre) ou ácido clorídrico diluído; no recipiente B, adicione hidróxido de sódio diluído (ou soda diluída utilizada para limpeza); no recipiente C, não adicione nada ao solo. Se possível, meça o pH de cada tipo preparado.

Prepare um recipiente cilíndrico, de forma a constituir três áreas distintas (FIGURA 19), preenchendo cada uma com os solos dos recipientes A, B e C e identificando-as nas laterais.

Coloque algumas minhocas sobre o solo no centro do recipiente preparado, de maneira que ocupem a área de junção dos tipos A, B e C. Observe durante alguns minutos a “preferência” das minhocas em relação ao tipo de solo disponível.

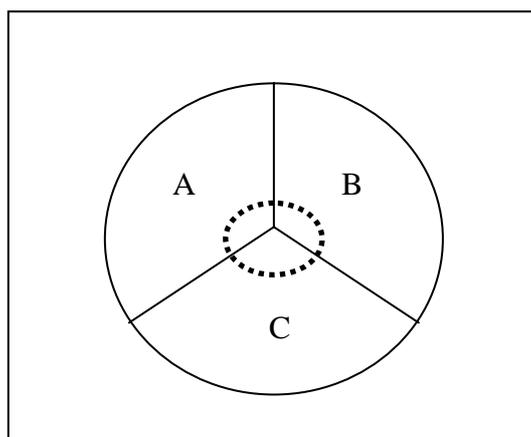


FIGURA 19. Esquema da preparação das áreas do recipiente com diferentes situações (pH) para observação de minhocas.

6.15. MICRORGANISMOS DO SOLO

A existência de microrganismos no solo pode ser evidenciada pelo consumo de oxigênio, o qual é detectado pela descoloração de uma solução de azul de metileno (experimento adaptado de SÃO PAULO, 198-).

Divida e identifique a amostra de solo coletada em duas porções, aquecendo uma delas em um béquer por cerca de 30 minutos até que fique visivelmente seca. Em seguida, prepare a solução de azul de metileno, acrescentando 20 gotas dessa substância para cada 100 ml de água. Com as porções de solo a temperatura ambiente, adicione e misture cerca de 5g de açúcar, embrulhando cada porção em um pedaço de tecido fino. Amarre o pacote com elástico. Coloque cada pacote em um recipiente contendo a solução de azul de metileno, tampando-os com papel alumínio. Observe a cor de cada solução por cerca de cinco dias, anotando e comparando os resultados dia a dia. Em havendo descoloração, questione as razões da modificação. Analise as possíveis causas de uma ausência de modificação, relacionando com o aquecimento de uma das porções.

Questão: Entendendo a dinâmica da biodiversidade, descreva as conseqüências (a) para a vida no solo e (b) para os atributos do solo, quando da prática da monocultura ou quando da repetição da mesma cultura ao longo do tempo.

Questão: Se as populações que formam as teias alimentares vivem em equilíbrio mútuo, estabeleça algumas hipóteses que expliquem o surgimento de pragas.

Questão: No processo de queimada, muitos dos minerais que estavam presentes nas plantas podem retornar rapidamente ao solo. Contudo, componentes nitrogenados são perdidos basicamente por volatilização, retornando à atmosfera. Sabendo que a atividade microbiana pode ser temporariamente alterada pela ação do fogo e que, diferentemente de muitos minerais, o nitrogênio perdido pelas queimadas necessita de muito tempo para ser reincorporado ao solo, faça uma previsão dos resultados imediatos e daqueles a longo prazo para o desenvolvimento vegetal (culturas ou espécies dos estágios naturais de sucessão ecológica).

Questão: Por que, à primeira vista, a prática das queimadas produz resultados aparentemente vantajosos?

6.16. DECOMPOSIÇÃO DE MATERIAIS DE ORIGEM VEGETAL

Para observar os processos de decomposição em função de diferentes fatores relacionados ao solo:

1) Colete restos de diversos alimentos de origem vegetal, reduzindo-os a pedaços pequenos – cerca de alguns milímetros.

2) Misture os pedaços a diferentes porções de solo separadamente:

- A - solo com matéria orgânica (cor escura).
- B - solo com reduzido teor de matéria orgânica (cor predominante: vermelha ou amarela).
- C - areia.

3) Cada conjunto A, B, C – pedaços + solo – deve ser colocado em frascos (de vidro incolor, boca larga, capacidade para volume mínimo de 500 ml) distintos, umedecendo-os sem que haja excesso de água.

4) Coloque tecido fino ou tela de malha fina fechando a boca dos frascos para que não entrem insetos e disponha-os em local arejado (a fim de dispersar possíveis odores) e protegido da incidência exagerada de luz.

5) Reumedeca-os sempre que observar a diminuição da presença de água.

6) Se houver espaço, repita a montagem A, B, C de frascos sem que haja a adição de água.

7) Faça observações comparativas dia-a-dia, analisando cor, odor, estado de cada conjunto etc.

Para ampliar as informações sobre decomposição, repita a montagem do solo em que você observou maior velocidade no processo de decomposição. Porém, próximo às paredes transparentes do frasco, coloque materiais de diversas naturezas (metais, plásticos, tecidos, restos de animais ou vegetais, papéis etc), adicionando água sempre que necessário. Observe ao longo dos dias que se seguem as possíveis diferenças entre os materiais.

6.17. EROSÃO (Desenvolvimento próprio e adaptado de YOSHIOKA & LIMA, 2002)

Adquira porções de terra apropriada para jardinagem – terra vegetal.

Distribua a terra sobre peças de madeira (dimensões sugeridas de 30cm x 20cm x 2cm), formando uma camada de cerca de 2cm.

Realize os procedimentos a seguir conforme o fator a ser estudado:

a) Para observar a relação erosão x topografia.

- Prepare 3 peças de madeira com terra;

- Posicione uma peça na horizontal, outra com inclinação de cerca de 5 a 10° e uma terceira com inclinação mínima de 20°;
- Utilizando um regador, despeje entre 300 a 500ml de água na extremidade superior de cada peça (escolha um dos lados da peça na horizontal), posicionando um recipiente coletor na extremidade oposta durante até 1 minuto;
- Compare e discuta os resultados.

Questão: Quais seriam as diferenças entre os volumes e características do material retido nos recipientes coletores se houvesse cobertura vegetal em cada situação?

- b) Para observar a relação erosão x cobertura vegetal.
- Prepare 3 peças de madeira com terra;
 - Posicione as peças na horizontal;
 - Em uma peça, semeie alpiste por toda a área de terra, em outra, semeie alpiste e feijões e, na terceira, não semeie;
 - Mantenha as peças na horizontal, durante 15 ou 20 dias, tempo normalmente necessário para a germinação e o crescimento vegetal, regando-as com água sempre que necessário, utilizando um pulverizador próprio para jardinagem;
 - Estando os vegetais bem desenvolvidos, posicione as peças com inclinação de aproximadamente 10°;
 - Utilizando um regador, despeje entre 300 a 500ml de água na extremidade superior de cada peça, posicionando um recipiente coletor na extremidade oposta durante até 1 minuto;
 - Compare e discuta os resultados.

Questão: Quando as chuvas se tornam mais intensas, principalmente no verão, o que ocorre com as encostas (com ou sem ocupações por moradias) em que a cobertura vegetal é total ou parcialmente retirada?

- c) Para observar a relação erosão x chuva ácida.
- Prepare 4 peças de madeira com terra;
 - Em duas peças, semeie alpiste por toda a área de terra e, em duas outras, semeie alpiste e feijões;
 - Mantenha as peças na horizontal, durante 15 a 20 dias, tempo normalmente necessário para a germinação e o crescimento vegetal, regando-as com água sempre que necessário, utilizando um pulverizador próprio para jardinagem.
 - Nos 10 dias seguintes ou mais, escolha uma peça com alpiste e outra com alpiste e feijões (grupo 1) e continue regando com água normalmente como no início do experimento;

- Simultaneamente, as peças com apenas alpiste e com alpiste e feijões (grupo 2) devem ser regadas com o pulverizador com uma mistura de água e vinagre (ácido acético) a 30%, simulando a ação da chuva ácida. Se possível, verifique o pH da água e da solução utilizada para regar;
- Lembre-se de rotular adequadamente cada peça de madeira e cada regador/pulverizador a fim de evitar enganos;
- Quando as plantas do grupo 2 já tiverem apresentado os efeitos significativos da “chuva ácida”, utilizando um regador, despeje entre 300 a 500ml de água na extremidade superior de cada peça, inclusive aquelas regadas apenas com água, posicionando um recipiente coletor na extremidade oposta durante até 1 minuto;
- Compare e discuta os resultados.

Questão: Quais podem ser as conseqüências da chuva ácida para a biodiversidade de um ecossistema? E para a estabilidade do solo?

7. LISTA DE PÁGINAS NA INTERNET

Além das páginas apresentadas a seguir, investigue também mediante a utilização de *sites* de busca, bem como a lista proposta pelo Comitê de Educação em Ciência do Solo da *International Union of Soil Science* – IUSS (BOS & RUELLAN, 2001).

7.1. APOIO – DICIONÁRIOS, PORTAIS, CONSULTORIA, INFORMAÇÕES GERAIS

agricultura.isa.utl.pt/agricultura/solos/dicionario.htm

Dicionário sobre solos

agroecologia.com.br/amaranthus/index.index.htm

Consultoria agroecológica - conceitos, pesquisas e informações sobre agricultura natural, biodinâmica, orgânica e silvicultura

unstats.un.org/unsd/environmentgl/default.asp

glossário ambiental da ONU

www.achetudoeregiao.com.br/ANIMAIS/poluicao_do_solo.htm

Temas biológicos e ambientais

www.agroportal.pt/Referencia/dicio.htm

Portal e dicionários diversos

www.ait.pt/recursos/glossarios.htm

Glossários diversos

www.ambiental.com.br

mapa com informações sobre meio ambiente

www.ambientebrasil.com.br

Portal e *links* com temas ambientais

www.ambienteglobal.com.br

Portal de notícias, temas e informações sobre meio ambiente

www.bio2000.hpg.ig.com.br/index.htm

Portal de Educação Ambiental

www.ecoambiental.com.br

Portal, informações e *links* sobre temas ambientais

www.envirolink.org

The envirolink network – Portal de temas ambientais

www.estadao.com.br

Agência Estado - notícias e busca sobre os principais assuntos

www.jornaldomeioambiente.com.br/dicionario_ambiente/

Jornal do meio ambiente, dicionário e *links*

www.megaagro.com.br

Portal de notícias, negócios e informações sobre agropecuária

www.pr.gov.br/mineropar/atermos.html

www.pr.gov.br/mineropar/glossario.html

www.dct.uminho.pt/pnpg/gloss/glossa.html

Glossários de termos geológicos

www.publicacoestecnicas.com.br

rede de informação – livros, publicações, revistas técnicas internacionais

www.silviconsultores.pt/silvinet/dicion/dicion.htm

Dicionário sobre solos

7.2. ASSOCIAÇÕES, FUNDAÇÕES, ONG ETC

www.aao.org.br

Associação de Agricultura Orgânica – histórico, definições e locais de produção

www.amazonialegal.com.br

Amazônia Legal – ecossistema, desenvolvimento sustentável, mapas, pesquisas científicas

www.andef.com.br/2003/index.asp

Associação nacional de defesa vegetal – conteúdos, legislação e *links*

www.ciencia.pro.br/

Ong – portal da ciência

www.clubedamente.org.br

Clube da semente – ong: biodiversidade e educação ambiental, distribuição de sementes e mudas, programas escolares, informações sobre espécies nativas

www.codigoflorestal.com.br

Florestas – Portal para a campanha SOS Florestas

www.crea-rj.org.br

Conselho Regional de engenharia, arquitetura e agronomia (RJ) – *links* e temas ambientais

www.emater.tche.br

Associação Emater/RS - *links* e temas da área rural

www.fbpn.org.br

fundação o boticário de proteção à natureza

www.fbds.org.br

Fundação Brasileira para o Desenvolvimento Sustentável

www.febrapdp.org.br

Federação Brasileira de Plantio Direto na Palha

www.florestabrasil.com.br

Floresta virtual interativa, glossários e *links* para divulgar, orientar e discutir as florestas

www.funatura.org.br

Fundação Pró-Natureza – cerrado e meio ambiente

www.funbio.org.br

Fundo Brasileiro para a Biodiversidade – apoios, notícias, relatórios periódicos e *links* sobre biodiversidade

www.geocieties.com/irrigafertil/

Sistemas de irrigação, temas ambientais e tecnologia

www.greenpeace.org.br

Greenpeace do Brasil – ong ambiental. Notícias, notícias, dicas, bibliotecas e campanhas

www.hortavertical.com.br

Agricultura orgânica

www.ibd.com.br

Instituto Biodinâmico – arquivos, legislação e *links* sobre agricultura biodinâmica e orgânica

www.institutoaqualung.com.br

Instituto Ecológico Aqualung – preservação, educação e *links* ambientais

www.institutodaterra.org.br

ong sobre desenvolvimento sustentável, meio ambiente e cidadania

www.lixozero.com.br

Empresa na área ambiental – animações, legislação e *links*

www.mst.org.br

Movimento sem terra

www.planetaorganico.com.br

www.planetaorganico.com.br/saibsolo.htm

Portal sobre produtos orgânicos

www.pop-tefe.rnp.br

Reserva de desenvolvimento sustentável Instituto de Desenvolvimento Sustentável Mamirauá – Amazonas. Pesquisas, reservas, ecoturismo, informações, alternativas econômicas.

www.refloresta.com.br

Temas ambientais

www.ruralnews.com.br

Página sobre temas agropecuários – informações e notícias

www.sbiagro.org.br

Sociedade Brasileira de Informática Aplicada à Agropecuária e Agroindústria

www.sindipetro.org.Br/extra/cartilha-cut

Comissão de Meio Ambiente – CUT/RJ

www.snagricultura.org.br

Sociedade Nacional de Agricultura – informações, pesquisas e *links* em agricultura

www.sosmatatlantica.org.br

fundação mata atlântica – ong ambiental e *links* sobre temas ambientais

www.trend.com.br/amazonia

projeto Amazônia

www.vidagua.org.br

Portal da ong e *links* para temas ambientais

7.3. CIÊNCIA E TECNOLOGIA –UNIVERSIDADES, INSTITUTOS, CENTROS DE PESQUISA, EMPRESAS

darwin.futuro.usp.br

Laboratório de ensino de ciências e tecnologia - USP

dibd.esalq.usp.br/re_ency.htm

Divisão de Biblioteca e Documentação / ESALQ – enciclopédias

dibd.esalq.usp.br/agsolo.htm

Documentação / ESALQ – *links* sobre solo e nutrição de plantas

eco.ib.usp.br/labvert

Laboratório de ecologia e evolução de vertebrados

ftp-fc.sc.egov.usda.gov/NSSC/Field_Book/FieldBookVer2.pdf

Livro de Campo para descrever e amostrar solos – USDA – Versão 2.0 de 2002

www.agrarias.ufpr.br

Universidade Federal do Paraná e *link* para o “Projeto Solo na Escola”

www.agrarias.ufpr.br/~escola/importancia.html

Universidade Federal do Paraná - projeto

www.agroecologia.com.br/amaranthus

Grupo de Agricultura Orgânica Amaranthus (ESALQ/SP)

www.bdt.fat.org.br/first

Fundação André Tosello - Base de dados tropical, legislação, biomas, conservação, desenvolvimento sustentável, biodiversidade, projetos

www.biologico.sp.gov.br

Instituto Biológico de São Paulo

www.ceatox.com.br/ceatox.htm

Centro de Assistência Toxicológica - USP

www.cesp.com.br

Companhia Energética de São Paulo

www.cetesb.sp.gov.br

www.cetesb.sp.gov.br/Solo/solo_geral.asp

Agência ambiental do estado de São Paulo

www.dcs.ufla.br

Universidade Federal de Lavras – Departamento de Ciências do Solo. Publicações, serviços, solos do cerrado, voçorocas

www.embrapa.br

www.cnpaf.embrapa.br

www.cnpso.embrapa.br

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

www.fat.org.br

Fundação André Tosello – Pesquisa e Tecnologia

www.feam.br

fundação estadual do meio ambiente MG

www.globe.gov

The Globe Program – programa mundial de educação e ciência (escola primária e secundária)

www.iea.sp.gov.br

www.iea.sp.gov.br/agroeco.htm

Instituto de Economia Agrícola de São Paulo – *links*, relatórios, produção e publicações

www.igc.usp.br/museu

Museu de Geociências

www.inpa.gov.br

Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia

www.mae.usp.br

Museu de Arqueologia e Etnologia

www.sabesp.com.br

Sabesp – Companhia de Saneamento Básico do estado de São Paulo. Recurso água, uso, tratamento e *links*

www.sbcs.org.br

Sociedade Brasileira de Ciência do Solo

www.ufv.br/Dea/gprh/hidros/conserva.htm

Universidade Federal de Viçosa – grupo de pesquisa recursos hídricos, conservação do solo

www.unicamp.br

Universidade Estadual de Campinas

www.unilivre.org.br

Universidade Livre do Meio Ambiente

www.usp.br

Universidade de São Paulo

7.4. EDUCAÇÃO – PORTAIS, REVISTAS, ENTIDADES, BIBLIOTECAS

www.aprendervirtual.com/ver_noticia.php?codigo=106

Revista aprender virtual

www.bibvirt.futuro.usp.br

Biblioteca Virtual USP

www.biologianaweb.com

Portal de conteúdos de biologia

www.bioturmas.hpg.ig.com.br/

Site de turmas de biologia da Universidade de Goiás – textos e *links*

www.biota.org.br/index.html

Fapesp: Instituto Virtual da Biodiversidade e Revista Virtual sobre Biodiversidade

www.ciencia.org.br

Revista Ciência Hoje

www.cienciaonline.org

Portal de Ciência

www.clicrbs.com.br/canalrural/jsp/default.jsp?uf=1&local=1&pg=home

Canal Rural

www.eciencia.usp.br

Estação Ciência

www.ficharionline.com

Portal de educação – ensino médio

www.futura.org.br

canal futura de educação

www.globorural.globo.com

Revista / programa com temas, canais e dúvidas sobre agricultura

www.hystoria.hpg.ig.com.br
www.hystoria.hpg.ig.com.br/rindus01.html
conteúdos de história e relações com a terra

www.ipl.org
internet public library

www.nationalgeographic.com
Revista National Geographic

www.nature.com
Revista Nature
www.sciencemag.org
Revista Science

www.scientificamerican.com
Revista Scientific American

www2.uol.com.br/sciam
Revista Scientific American Brasil

www.superinteressante.com
Revista Superinteressante

www.trabalhoescolar.com.br
Sala de aula virtual para grupos

www.ufsc.br/expl/bibliotecas.html
Bibliotecas virtuais da Universidade Federal de Santa Catarina

www.universiabrasil.net
Portal de educação e treinamento

www.usp.br/iea/revista
Revista Estudos Avançados – IEA/USP

7.5. GOVERNO – FEDERAL, ESTADUAL, MUNICIPAL

www.agricultura.gov.br
Ministério da Agricultura

www.ambiente.sp.gov.br
Secretaria de Estado do Meio Ambiente / SP

www.brasil.gov.br
Portal de informações sobre o Brasil

www.capes.gov.br
Periódicos, Teses e Legislação - CAPES

www.codasp.sp.gov.br

Companhia de Desenvolvimento Agrícola de São Paulo

www.codevasf.gov.br

Companhia de Desenvolvimento do São Francisco e do Paraíba

www.dae.sp.gov.br

Departamento de Águas e Energia Elétrica

www.energia.sp.gov.br

Secretaria de Estado de Energia, Recursos Hídricos e Saneamento / SP

www.funai.gov.br/

Fundação Nacional do Índio – órgão do governo federal sobre cultura, informações, tecnologia indígena do Brasil

www.ibama.gov.br

Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis

www.ibge.gov.br

Instituto que pesquisa e divulga informações nacionais e internacionais

www.mct.gov.br

Ministério da Ciência e Tecnologia

www.mma.gov.br

ministério do meio ambiente

www.mma.gov.br/port/se/agen21/ag21global/agenda21.html

Agenda 21

www.mma.gov.br/port/srh/pas/programa/doc/cartilha.pdf

Cartilha do Programa Nacional de Águas Subterrâneas

www.museudoindio.org.br/

Funai – museu do índio. Cultura, tecnologia, produção de alimento e informações sobre povos indígenas

www.redebrasil.gov.br

Portal do governo do Brasil

www.rs.gov.br

Página do governo do Rio Grande do Sul - saúde, ambiente, ciência e tecnologia

www.seplan.go.gov.br

Secretaria de Planejamento do Estado de Goiás – informações sobre agricultura e desenvolvimento

7.6. ORGANIZAÇÕES, ENTIDADES E GOVERNOS INTERNACIONAIS

esa.un.org/subindex/pgViewSites.asp?termCode=SJ.15

Índice do Sistema de Programas da ONU - agricultura

faostat.fao.org/faostat/collections

Coleção de dados estatísticos da agricultura mundial - FAO

<ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/004/ac349e/ac349e00.pdf>

Publicação da FAO sobre sistemas agrícolas e pobreza

soils.usda.gov

Departamento de Agricultura dos Estados Unidos da América

soils.usda.gov/technical/fieldbook/

Manual de campo do Departamento de Agricultura dos Estados Unidos da América

www.epa.gov

Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos da América

www.fao.org

Organização das Nações Unidas – Agricultura e Alimento

www.fao.org/ag/agl/aglw/aquastat/water_use/

www.fao.org/ag/agl/aglw/aquastat/water_use/index6.stm

Sistema de informação da FAO sobre agricultura e água

www.fs.fed.us

Serviço Florestal Americano

www.greenpeace.org

Greenpeace – ong ambiental internacional. Notícias, notícias, dicas, bibliotecas e campanhas

www.mercabio.de/index_pt.php

Assessoria internacional sobre economia sustentável e *links* para temas ambientais

www.nrdc.org

Natural Resources Defense Council – artigos, publicações, alertas e notícias do meio ambiente

www.ota.com

Associação Internacional de Comércio Orgânico – informações e *links*

www.unescap.org/stat/envstat/stwes-04.pdf

Publicação ONU sobre degradação do solo

www.wwf.org

www.wwf.org.br

pesquisas, projetos e ações ambientais

8. CONCLUSÕES

As reflexões e proposições desenvolvidas neste trabalho evidenciam que:

O redirecionamento filosófico e político das ações atualmente estabelecidas é necessário para a elaboração de um novo eixo de desenvolvimento das sociedades, a fim de que os recursos naturais sejam utilizados de forma racional. Mediante essa perspectiva, a conservação do solo assume uma posição estratégica em que a biodiversidade, a água, a produção agrícola e as grandes e pequenas propriedades rurais atinjam a valorização ecológica, econômica e social que requerem.

As comunidades humanas devem sempre estar receptivas ao conhecimento e às novidades no mundo, mas, antes de adotar um pensamento globalizado, devem ter os fundamentos da própria cultura consolidados em si. Técnicas e tecnologias externas apenas serão profícuas localmente se forem apropriadas à cultura e às condições regionais.

Solos situados em regiões tropicais, ainda que frágeis, podem produzir colheitas favoráveis desde que o manejo seja condizente com a natureza que eles apresentam. A produção de alimentos no mundo e, especificamente, no Brasil, assim como as condições ambientais e tecnológicas para tal são previsivelmente suficientes para demover e prevenir o estado de desnutrição que acomete parte significativa da população. Portanto, a solução da fome perpassa mais por mudanças das estruturas e relações sociais do que meramente pelo uso desenfreado de insumos agrícolas.

A educação pode apresentar-se como um dos meios à consecução das novas diretrizes que se desenham a partir das interações humanas, não sem dificuldades, mas provocando movimentos de apoio às transformações essenciais para a construção de princípios que tenham como meta a conservação do solo, como um dos elementos de proteção ambiental, a valorização cultural e a equidade social.

A Educação Ambiental caracteriza-se como um conjunto de ações contínuas, motivando a população à tomada de consciência acerca do ambiente e à aquisição de valores, habilidades, experiências e conhecimentos que lhes possibilitem reconhecer e solucionar dificuldades ambientais, refletindo sobre as intervenções humanas nos rumos da biosfera e sobre as implicações sociais do desenvolvimento científico e tecnológico que devem continuar, mas somente segundo os princípios da justiça, responsabilidade, tolerância e pluralidade que norteiam a ética.

Materiais didáticos devem inserir-se no processo educativo como um meio (um instrumento facilitador, e não um fim em si mesmo), com uma abordagem correspondente com o ideal de uma sociedade verdadeiramente sustentável. Por conseguinte, esses materiais de apoio à aprendizagem devem ser o reflexo de experiências pedagógicas, elaborados e modificados a partir das necessidades vivenciadas no espaço escolar. Portanto, evidenciar as características e propriedades dos solos e as práticas que podem conduzir à degradação ou a conservação é uma estratégia que contribui firmemente com o propósito de se edificar a sustentabilidade ecológica, econômica e social.

Contudo, embora os recursos didáticos, as estratégias e os procedimentos possam e devam se modificar em razão do desenvolvimento tecnológico, o processo de ensino e aprendizagem é profundamente complexo e apenas parcialmente conhecido, motivos pelos quais há a necessidade premente de revisões e complementações constantes das práticas e dos materiais. Por essa razão, o educador, que desfruta da responsabilidade de contribuir com o desenvolvimento de habilidades necessárias ao enfrentamento dos problemas da sociedade, ainda constitui a melhor tecnologia interativa, destacando-se como sujeito marcante na construção do conhecimento e que assume um papel insubstituível na árdua e desafiadora busca por uma sociedade edificada sob novos fundamentos.

9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, S. G. *et al.* **Crise socioambiental e conversão ecológica da agricultura brasileira**. Rio de Janeiro: AS-PTA, 2001.

AMARAL, N. D. **Noções de conservação do solo**. 2. ed. São Paulo: Nobel, 1989.

AMBROSANO, E. J.; GUIRARDO, N.; AZEVEDO FILHO, J. A. Agricultura ecológica. **O Agrônomo**, Boletim Técnico Informativo do Instituto Agrônomo, Campinas, 54(2), 2002. Informações técnicas, p. 11-4. Disponível em: <http://www.iac.sp.gov.br/Oagronomico/542/542_completo72.pdf>. Acesso em: 30 jul. 2004.

ANTUNES, A. M. S.; GUERRA, M. T.; LATORRE, W. Perspectivas do mercado brasileiro de biocidas. In: FIRST LABS – LATIN AMERICAN BIODETERIORATION SYMPOSIUM, Campos do Jordão, 1992, **Anais do 1o Simpósio Latinoamericano de Biodeterioração**. Campos do Jordão: FINEP, 1992.

ASSOCIAÇÃO NACIONAL DOS FABRICANTES DE VEÍCULOS AUTOMOTORES – ANFAVEA. **Anuário Estatístico da Indústria Automobilística Brasileira**. São Paulo: A Associação, 2003.

ATTENBOROUGH, D. **A vida na Terra**. São Paulo: Martins Fontes, 1990.

BARNES, R. D. **Zoologia dos invertebrados**. 6.ed. São Paulo: Roca, 1996.

BARROS, C. **Trabalhando com experiências**. São Paulo: Ática, 1990.

BARROS, O. N. F. Projeto GLOBE e ensino do solo para as crianças do mundo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, XXVIII, Londrina/PR, 2001, **Palestra**. Londrina: SBCS/UEL, 2001, P-75.

BERTI FILHO, E. (coord.) **Manual de pragas em florestas**. IPEF/SIF, 1993.

BERTI FILHO, E.; FONTES, L. R. **Alguns aspectos atuais da biologia e controle de cupins**. Piracicaba: FEALQ, 1995.

BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo**. 3. ed. São Paulo: Ícone, 1990.

BERROCAL, J.; LADEIRA, E. A.; FARIA, A. Anomalia tectônica na bacia amazônica. **Revista Brasileira de Geociências**, v.2, n.3, p.161-172, 1972

BIZZO, N. M. V. A crítica da crítica: as deficiências não se limitam aos livros didáticos de ciências. In: ENCONTRO PERSPECTIVAS DO ENSINO DE BIOLOGIA, III, São Paulo, 1988, **Anais**. São Paulo: USP-FE, 1988, p. 335-339.

_____. Intervenções e alternativas no ensino de ciências no Brasil. In: ENCONTRO PERSPECTIVAS DO ENSINO DE BIOLOGIA, VI, São Paulo, 1997, **Anais**. São Paulo: USP-FE, 1997, p. 94-97.

BONI, N. R.; ESPINDOLA, C. R.; GUIMARÃES, E. C. Uso de leguminosas na recuperação de um solo decapitado. In: SIMPÓSIO SUL-AMERICANO E NACIONAL DE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS, I, II, Foz do Iguaçu/PR, 1994, **Anais**. Curitiba: FUPEF, 1994, p. 563-568.

BORGES, M.; CARMO, M. S.; ESPINDOLA, C. R. O sentido amplo do solo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, XXVIII, Londrina/PR, 2001, **Trabalhos**. Londrina: SBCS/UEL, 2001, 1089.

BORNEMISZA, E. **Introducción a la química de suelos**. Secretaría General de la Organización de los Estados Americanos, Washington, D.C., 1982.

BOS, A.; RUELLAN, A. **WWW sites concerning soils, mainly education**. IUSS, 2001.

BOWMAN, J. C. **Animais úteis ao homem**. São Paulo: EPU-EDUSP, 1980.

BRADY, N. C. **Natureza e propriedades dos solos**. 7. ed. Rio de Janeiro: Freitas Bastos, 1989, 898p.

BRASIL. Ministério da Agricultura. Centro Nacional de Ensino e Pesquisa Agronômica, Comissão de Solos. **Levantamento de reconhecimento de solos do Estado de São Paulo**. Rio de Janeiro, Serviço Nacional de Pesquisas Agronômicas, 1960.

_____. Ministério da Educação. **Parâmetros Curriculares Nacionais: ensino médio**. Brasília: Ministério da Educação, 1999.

_____. Portaria n. 74 – 7 mar. 1994. Aprova as normas e procedimentos quarentenários para o intercâmbio de organismos vivos para pesquisa e controle biológico de pragas, doenças, plantas daninhas e outros fins científicos. Fundação André Tosello, Base de Dados Tropical. Disponível em: <<http://www.bdt.fat.org.br/biocontrol/portaria.74>>. Acesso em: 30 jul. 2004.

CAPELETTO, A. J. **Biologia e educação ambiental**. 2. ed. São Paulo: Ática, 1999.

CARVALHO, R. P. L. O reencontro com a natureza. **Jornal da Codasp**, São Paulo, ago. 2002, n. 7, notícias. Disponível em: <http://www.codasp.sp.gpv.br/jornal/jornal_7.htm>. Acesso em 30 jul. 2004.

CASQUET, C. *et al.* **La tierra, planeta vivo**. Madrid: Salvat, 1981.

CASSETI, W. **Elementos de geomorfologia**. Goiânia: Ceg/UFG, 1990.

CASTELLANI, B. R. Biologia e Cidadania. In: **SÃO PAULO**. Secretaria da Educação, CENP. Escola em Movimento. São Paulo: SE / CENP, 1994.

CENTRO DE TECNOLOGIA EM RECURSOS NATURAIS – CATI. **Classificação dos solos do Estado de São Paulo**. Campinas, 1986.

CETESB. **Relatório de qualidade de águas subterrâneas do Estado de São Paulo: 1998-2000**. São Paulo: CETESB, 2001.

CHILDE, G. **A evolução cultural do homem**. Trad. Waltensir Dutra; 5. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1981.

COLLI, W. A biologia e a formação do cidadão. In: ENCONTRO PERSPECTIVAS DO ENSINO DE BIOLOGIA, IV, São Paulo, 1991, **Anais**. São Paulo: USP-FE, 1991, p. 5-6.

COQUE, R. **Geomorfologia**. Madrid: Alianza, 1984.

CORRÊA, A. A. M. **Métodos de combate à erosão do solo**. Rio de Janeiro: Ministério da Agricultura – SAI, 1959.

COURTNEY, F. M.; TRUDGILL, S. T. **The soil: an introduction to soil study**. London: Edward Arnold, 1984.

COUTINHO, L. M. (Coord.) **Estudo ecológico do cerrado de Emas – Pirassununga/SP**. São Paulo: IB/USP, 1978.

_____. **Botânica**. São Paulo: Cultrix, 1987.

_____. Cerrados do parque nacional das emas, suas queimadas e alguns outros problemas de manejo. In: CONGRESSO DA SOCIEDADE DE BOTÂNICA DE SÃO PAULO, Campinas, 1990, **Anais**. Campinas: Unicamp/IAC, 1990, p. 75-76.

DAMINELI NETO, A. Nascimento, vida e morte das estrelas. **Revista Ciência Hoje**, ano 1, n. 2, p. 10-19, set/out. 1982.

DE MARIA, I. C.; NNABUDE, P. C.; CASTRO, O. M. Long-term tillage and crop rotation effects on soil chemical properties of a Rhodic Ferralsol in southern Brazil. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, 51 (1-2): 69-77, 1999. Resultado disponível em: <<http://www.iac.sp.gov.br/Oagronomico/521/index.htm>>. Acesso em: 30 jul. 2004.

DELITTI, W. B. C. **Aspectos dinâmicos da serapilheira de uma floresta implantada de *Pinus elliottii* Engelm. var. *elliottii* (Mogi-Guaçu – SP)**. 1982. Dissertação (Mestrado) – Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1982.

DERTOUZOS, M. L. O que será? Como o novo mundo da informação transformará nossas vidas. **Revista da Educação**, São Paulo, n.9, p. 28-31, jun./1998.

DeSOUZA, O. Efeitos da fragmentação de ecossistemas em comunidades de cupins. In: III SEMINÁRIO SOBRE CUPINS (*Insecta, Isoptera*), Piracicaba, 1995, **Anais**. Piracicaba: FEALQ, 1995, p. 19-27.

DIAMOND, J. Evolution, consequences and future of plant and animal domestication. **Nature**, v. 418, p. 700-706, Aug./2002.

_____. **The rise and fall of the third chimpanzee**. London: Vintage, 1992, 360p.

DIAS, G. F. **Educação Ambiental: princípios e práticas**. 7. ed. São Paulo: Gaia, 2001.

DINIZ, A.A.; SANTOS, R. F.; BATISTA, R. B. “Vulgarização” do sistema brasileiro: vocabulário mínimo e aspectos sócio-econômicos no contexto de uma escola de primeiro grau. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, XXVIII, Londrina/PR, 2001, **Trabalhos**. Londrina: SBCS/UEL, 2001, p.1082.

DOLABELA, F. **Oficina do empreendedor**. São Paulo: Cultura, 1999.

DOSSO, M. New approaches to teach soil science. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, XXVIII, Londrina/PR, 2001, **Palestra**. Londrina: SBCS/UEL, 2001, P-73 (a).

_____. The actions of the teaching commission of the IUSS. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, XXVIII, Londrina/PR, 2001, **Palestra**. Londrina: SBCS/UEL, 2001, P-74 (b).

DOV POR, F. **Guia ilustrado do manguezal brasileiro**. São Paulo: ADEMA, 1994.

EATON, S. B.; KONNER, M. Paleolithic nutrition: a consideration of its nature and current implications. **The New England Journal of Medicine**, v. 312, n. 5, p. 283-289, jan/1985.

ELLINGTON, H.; RACE, P. **Producing teaching materials**. London: Kogan Page, 1997.

EMBRAPA. **Glossário de recursos genéticos**. Disponível em <<http://www.cenargen.embrapa.br/recgen/sibrargen/glossario/g.html>>. Acesso em: 30 jul.2004

_____. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos (Rio de Janeiro). **Definição e notação de horizontes e camadas do solo**. 2. ed. Rio de Janeiro, 1988 (EMBRAPA – SNLCS, Documentos, 3).

_____. **Sistema brasileiro de classificação de solos: 4^a aproximação**. Rio de Janeiro: CNPS, 1997.

_____. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Rio de Janeiro: CNPS, 1999.

EPA - ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. **EPA's Pesticide Programs: pesticides and toxic substances**. Washington, DC: EPA, May, 1991.

ESPINDOLA, C. R. Informação de aula da disciplina **Sistema Terra: desafios ambientais**. Mestrado em Tecnologia: Gestão, Desenvolvimento e Formação. CEETEPS, 2003.

ESPINDOLA, C. R.; FERNANDES, M. R. Dégradation d'un sol ferrallitique argileux suit à sa mise un culture. In: WORK CONGRESS OF SOIL SCIENCE, 16th, Mont Pellier, France, 1998, **Proceedings**. Symposium n.20, Scientific Registration n.2240 (CD Rom 6 pp).

ESPINDOLA, C. R.; LONGO, R. M.; FERNANDES, M. R. La dégradation des sols cultives dans les differents biosystemes bresiliens. In: INTERNATIONAL CONGRESS ON AGRICULTURAL ENGINEERING, 13th, Rabat, 1998, **Proceedings**. v.1, p. 235-240.

ESPINDOLA, C. R.; QUEIROZ NETO, J. P.; GALHEGO, H. R. Relações entre os solos e o relevo na zona do Baixo Rio do Peixe (Região de Conchas-Anhembi, SP). In: COLÓQUIO INTERDISCIPLINAR FRANCO-BRASILEIRO, São Paulo, 1978, **Anais**. v.1, p. 311-322.

ESPINDOLA, C. R.; SANCHES, H. C. Distribuição das partículas primárias e secundárias em latossolos submetidos a distintos usos e manejos. XXVII Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, Brasília, 1999. **CD ROM** – Trabalho T 131-1.

ESPINDOLA, C. R.; TERESO, M. J. A. A pesquisa em desenvolvimento rural sustentável e a necessidade nacional de formação de recursos humanos habilitados. In: SEMINÁRIO CIÊNCIA E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL, São Paulo, 1997, **Anais**. São Paulo: USP-IEA, 1997, p. 229-38.

FARFAN, J. A. Alimentação alternativa: análise crítica de uma proposta de intervenção nutricional. **Cad. Saúde Pública**, 14(1): 205-12, jan/mar. 1998.

FERREIRA, P. H. M. **Princípios de manejo e conservação do solo**. São Paulo: Nobel, 1979.

FORTI, L. C.; ANDRADE, M. L. Populações de cupins. In: III SEMINÁRIO SOBRE CUPINS (*Insecta, Isoptera*), Piracicaba, 1995, **Anais**. Piracicaba: FEALQ, 1995, p. 29-51.

FRANZEN, H. Analysis finds greater profits from organic farming. **Scientific American on line**, 19 apr. 2001. Disponível em: <<http://www.scientificamerican.com>>. Acesso em: 09 jul. 2003.

FROTA-PESSOA, O. O livro e o professor. In: ENCONTRO PERSPECTIVAS DO ENSINO DE BIOLOGIA, II, São Paulo, 1986, **Anais**. São Paulo: USP-FE, 1986, p. 83-95.

GARDNER, H. **Estruturas da mente**. São Paulo: Artmed, 1994.

GONZALES, S. L. de M.; BARROS, O. N. F. O ensino de pedologia no ciclo básico de alfabetização. **Geografia**, Londrina, v.9, n.1, p. 41-49, jan./jun. 2000.

GOODFIELD, J. **Brincando de Deus: a engenharia genética e a manipulação da vida**. Tradução: Regina Régis Junqueira. Belo Horizonte: Itatiaia, 1994.

GRAHAM, S. Radar can probe soil's structure. **Scientific American on line**, 16 oct. 2002. Disponível em: <<http://www.scientificamerican.com>>. Acesso em: 09 jul. 2003.

GUERRA, A. T.; GUERRA, A. J. T. **Dicionário geológico-geomorfológico**. 3. ed. Rio de Janeiro, Bertrand Brasil, 1997.

GUGLIELMO, A. R. **A pré-história: uma abordagem ecológica**. São Paulo: Brasiliense, 1991.

HABIB, M. E. D. M. Controle biológico. In: ENCONTRO DE BIÓLOGOS DO CRB-1, 5o., São Paulo, 1994. **Mini curso III**, 6 – 8 set. 1994.

HOLE, F. Origins of agriculture. In: JONES, S.; MARTIN, R.; PILBEAM, D. (org.) **The Cambridge encyclopedia of human evolution**. New York: Cambridge University Press, 1992.

HOSKINS, s. Sensitizing introductory biology students to bioethics issue. **The American Biology Teacher**, 41(3): 151- 153, 1979.

IMPERATRIZ-FONSECA, V. L. Prólogo. In: DOV POR, F. **Glossário de Ecologia**, São Paulo, 1995.

INEP. A explosão do ensino médio. **Revista do Ensino Médio**, Brasília, n. 4, p. 4-5, ago./set. 2004.

JOLY, A. B. **Botânica**: introdução à taxonomia vegetal. 11. ed. São Paulo: Nacional, 1993.

KEATING, M. **The Earth summit's agenda for change**. New York: Centre for our common future, 1993.

KIEFFER, G. H. Ethics for the "New Biology". **The American Biology Teacher**, 39(2): 80-84, 1977.

KIEHL, E. J. **Manual de edafologia**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1979.

KRASILCHIK, M. **O ensino de biologia em São Paulo**: fases de renovação. 1972, 184f. Tese (livre docência) Universidade de São Paulo, FE: 1972.

_____. **Prática de ensino de biologia**. 3. ed. São Paulo: Harbra, 1996.

LEAKEY, R. E. **A origem da espécie humana**. Trad. Alexandre Tort. Rio de Janeiro: Rocco, 1995.

LEGENDRE, M.F. Contribuição do modelo da equilibrção para o estudo da aprendizagem no adulto. In: DANIS, C.; SOLAR, C., **Aprendizagem e desenvolvimento dos adultos**. Lisboa: Instituto Piaget, 1998.

LEMOS, R. C.; SANTOS, R. D. **Manual de descrição e coleta de solo no campo**. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, Campinas 3 ed., 1996.

LEPAGE, E. S. (coord.) **Manual de preservação de madeiras**. São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo – IPT, publicação 1637, 1989.

LEPSCH, I. F. **Solos – formação e conservação**. São Paulo, Melhoramentos – Série Prisma – Brasil, 1977.

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**. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, Campinas, 1983, 175p.

LIBÂNEO, J. C. **Didática**. Série formador do professor. São Paulo: Cortez, 1992.

LIMA, V.C., LIMA, M.R., SIRTOLI, A.E., SOUZA, L.C.P., MELLO, V.F. Projeto Solo na Escola: o solo como elemento integrador do ambiente no ensino fundamental e médio. **Expressa Extensão**, Pelotas, v. 7, n. especial, 2002 CD-Rom.

LONGO, R. M.; ESPÍNDOLA, C. R.; RIBEIRO, A. T. Modificações na estabilidade de agregados no solo, decorrentes da introdução de pastagens em áreas de cerrado e floresta amazônica. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 3, n. 3, p. 276-280, 1999.

LOZET, J.; MATHIEU, C. **Dictionary of soil science**. 2. ed. London: Oxford & Publishing Co. Pvt. Ltd., 1991.

LUCARELLI, J. R. F. **Alterações em características de um latossolo roxo submetido a diferentes sistemas de manejo**. (Dissertação de Mestrado). Universidade Estadual de Campinas, FEA: 1997.

LUCARELLI, J. R.; DANIEL, L. A; ESPINDOLA, C. R. Efeitos de sistema de preparo de solo na erosão laminar e perdas de matéria orgânica e nutrientes. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, XXV, Bauru, 1996, **Resumos**: p.201, CDROM, 1996.

LUCARELLI, J. R. F.; DANIEL, L. A.; ESPÍNDOLA, C. R.; VIEIRA, R. V. & CAPUTI, C. Influência de diferentes sistemas de preparo de solo na compactação, infiltração e perda de solo. XIII CONGRESSO LATINOAMERICANO DE CIÊNCIA DO SOLO – “SOLO – SUELO”, Águas de Lindóia, 1996. CD ROM, v. 1.

LUMBREIRAS, J. F. **Regime hídrico do solo sob cobertura de floresta e de eucalipto na Pré-Amazônia Maranhense**. 1996. 87f. (Dissertação de Mestrado) – Instituto de agronomia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 1996.

MAFFIA, A. M. C.; CARDOSO, I. M. Ensino de solo: material didático para a formação de professores. In: ENCONTRO PERSPECTIVAS DO ENSINO DE BIOLOGIA, V, São Paulo, 1994, **Anais**. São Paulo: USP-FE, 1994, p. 43-44.

MARICONI, F. A. M. *et al.* Novidades no controle do cupim-de-monte *Cornitermes cumulans* (Kollar, 1832). In: III SEMINÁRIO SOBRE CUPINS (*Insecta, Isoptera*), Piracicaba, 1995, **Anais**. Piracicaba: FEALQ, 1995, p. 85-87.

MARQUES, J. Q. A. **Conservação do solo em cafezal**. São Paulo: Siqueira, 1950 (boletins da superintendência dos serviços do café).

MARTINS BION, F. *et al.* Uso de uma multimistura como suplementação alimentar: estudo em ratos. **Archivos Latinoamericanos de Nutrición**, 47(3): 242-7, sept. 1997.

McRAE, S. G. **Practical pedology**; studying soils in the field. West Sussex, England: Ellis Horwood Limited, 1988.

MELLO, F. A. F. *et al.* **Fertilidade do solo**. 2. ed. São Paulo: Nobel, 1989.

MOELLER, R. Organic farms, more fertile, study finds. **Scientific American on line**, 31 may 2002. Disponível em: <<http://www.scientificamerican.com>>. Acesso em: 09 jul. 2003.

MONIZ, A. C. **Elementos de pedologia**. São Paulo: Polígono-EDUSP, 1972.

MORAES, J. C. **Condições dos solos em áreas de pousio dos cultivos praticados por índios Guarani, em Ubatuba (SP)**. 2002. Tese (Doutorado) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2002.

NICOLA, S. M. C. Ensino da ciência do solo: experiências do CTCS com público diverso. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, XXVIII, Londrina/PR, 2001, **Palestra**. Londrina: SBCS/UEL, 2001, P-77.

NISKIER, A. **LDB: tudo sobre a lei de diretrizes e bases da educação nacional**. 2. ed. Rio de Janeiro: Consultor, 1997.

ODUM, E. P. **Ecologia**. Trad. Christopher J. Tribe. Rio de Janeiro: Guanabara, 1988.

OLIVEIRA, C. V.; COSTA, A.D.; ABREU, A.C.E. O ensino de solos e os professores e alunos do ensino fundamental. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, XXVIII, Londrina/PR, 2001, **Trabalhos**. Londrina: SBCS/UEL, 2001, 1086.

OLIVEIRA, João Batista. Um desastre completo. **Revista Educação**, São Paulo, n. 88, p. 7-9, ago. 2004.

OLIVEIRA, João Bertoldo de. **Classes gerais de solos do Brasil: guia auxiliar para seu reconhecimento**. 2. ed. Jaboticabal: Funep, 1992.

OTTAWAY, J. H. **Bioquímica da poluição**. São Paulo: EPU-EDUSP, 1982.

PACHOLOK, C., ROCHA, G.A. da, OLESKO, M.L., LIMA, R.A.A. de, LAVANHINI, R.D.T., LIMA, M.R. de, LIMA, V.C. Educação Ambiental de Crianças do Ensino Fundamental: A Atividade Extensionista Realizada na Exposição Didática de Solos da UFPR. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE EXTENSÃO UNIVERSITÁRIA, 2., Belo Horizonte, 2004. **Anais**. Belo Horizonte: UFMG/Pró Reitoria de Extensão, 2004. CD-Rom.

PASCHOAL, A. D. **Produção orgânica de alimentos: agricultura sustentável para os séculos XX e XXI**. Piracicaba: A.D. Paschoal, 1994, 191p.

PEGORARO, O. M. E.; OLIVEIRA, V. L. B. O aluno frente ao ensino de biologia nas escolas de 2º grau. In: ENCONTRO PERSPECTIVAS DO ENSINO DE BIOLOGIA, VI, São Paulo, 1997, **Anais**. São Paulo: USP-FE, 1997, p. 91-97.

PENTEADO, H. D. **Meio ambiente e formação de professores** São Paulo: Cortez, 1994.

PFROMM NETO, S. *et al.* **O livro na educação**. Brasília: Primor-MEC, 1979.

PIAGET, J. **Seis estudos de psicologia**. Trad. Maria Alice Magalhães D'Amorim e Paulo Sergio Lima Silva. 17. ed. Rio de Janeiro: Forense Universitária, 1989.

PIVELLO-POMPÉIA, V. R. **Exportação de macronutrientes para a atmosfera durante queimadas realizadas no campo cerrado de Emas (Pirassununga, SP)**, 1985 (Dissertação de Mestrado) – IB/USP, São Paulo, 1985.

POSTEL, S. **Pillar of sand: can the irrigation miracle last?** Washington, D. C.: Norton, 1999.

_____. Growing more food with less water. **Scientific American on line**, fev. 2001. Disponível em: <<http://www.scientificamerican.com>>. Acesso em: 09 jul. 2003.

PRIMAVESI, A. **Manejo ecológico do solo: a agricultura em regiões tropicais**. São Paulo: Nobel, 1990.

QUEIROZ NETO, J. P. Solos da região dos cerrados e suas interpretações. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 6, n. 1, p. 1-12, 1982.

RALISCH, R. A experiência evolutiva do sistema de plantio direto como base na readequação do ensino de agronomia. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, XXVIII, Londrina/PR, 2001, **Palestra**. Londrina: SBCS/UEL, 2001, P-76.

RAMOS, M. N. Interdisciplinaridade: desafios de ensino e aprendizagem. **Revista do Ensino Médio**, Brasília, n.1, p.8, jun./ jul. 2003.

RESENDE, M.; CURI, N.; SANTANA, D. P. **Pedologia e fertilidade do solo: interações e aplicações**. Brasília: ME/ESAL/POTAFOS, 1988.

RIBEIRO, D. **O processo civilizatório: etapas da evolução sócio-cultural**. São Paulo: Cia. Das Letras, 2000.

ROCHA, J. S. M. **Educação ambiental: 1º e 2º graus, introdução ao 3º grau**. Santa Maria/RS, 1990.

ROSENTHAL, D. B. Trends in science and society education: an analysis of the literature. **The American Biology Teacher** 45(1): 18-22, 1983.

RUELLAN, A.; DOSSO, M. **Regards sur le sol**. Paris: Foucher, Universités Francophones, 1993.

SANTOS, R. F.; BATISTA, R. B.; DINIZ, A. A. Ensino de solos com agricultores de Mata Redonda, Remigídio-PB, a partir de levantamento utilitário. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, XXVIII, Londrina/PR, 2001, **Trabalhos**. Londrina: SBCS/UEL, 2001, 1090.

SÃO PAULO (Estado). Secretaria de Educação. **Subsídios para a implementação do guia curricular de ciências: 1º grau – 5ª a 8ª séries**. São Paulo: Coord. Estudos Normas Pedagógicas – CENP, 198-.

SILVA, A. J. N. Aplicação de duas técnicas de ensino utilizando a ciência do solo com alunos de nível médio. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, XXVIII, Londrina/PR, 2001, **Trabalhos**. Londrina: SBCS/UEL, 2001, 1083.

SILVA, R. B. G. **Águas subterrâneas: um valioso recurso que requer proteção.** São Paulo: DAEE, 2003.

SILVA, R. F. **Curso de conservação do solo para o magistério primário.** Campinas: Secretaria da Agricultura, DEMA-DCS-SEC, 1967.

_____. **Algumas práticas usadas na conservação do solo.** Campinas: CATI/Serviço de Comunicação Rural, 1969.

_____. **Como conservar o solo e a água.** Campinas: CATI/Serviço de Comunicação Rural, 1970.

SMITH, B. D. Origins of agriculture in eastern north America. **Science**, v. 246, p. 1566-1571, dec./1989.

SOARES, J. L. N. **Degradação de solos cultivados ao longo de uma seqüência topográfica em Bariri (SP).** 2001. 143f. Tese (Doutorado) – Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2001.

SBCI - SOCIEDADE BÍBLICA CATÓLICA INTERNACIONAL. **Bíblia sagrada.** Edição Pastoral; Gn. 1, 10-11. Trad. Ivo Storniolo,; Euclides Martins Balancin; José Luis Gonzaga do Prado. São Paulo: Paulus, 1990.

SOUZA, L. L. *et al.* Avaliação microbiológica do extrato hidrossolúvel de soja com sabor de cupuaçu (*Theobroma grandiflorum*) e bacuri (*Platonia insignis*) e aproveitamento do resíduo na merenda escolar. **Hig. Aliment.**, 16(98): 85-90, jul. 2002.

SWIFT, M. J.; HEAL, O. W.; ANDERSON, J. M. **Decomposition in terrestrial environments.** Studies in ecology, v.3. Oxford: Blackwell, 1979.

TOMÉ, M. V. F.; FONTES, L. U. Percepção ambiental – o solo como integrador da paisagem. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, XXVIII, Londrina/PR, 2001, **Trabalhos.** Londrina: SBCS/UEL, 2001, 1088.

THE OPEN UNIVERSITY. **Os recursos físicos da Terra. Bloco 4: recursos hídricos.** Editora da Unicamp, 2000.

TRIVELATO, S. L. F. **O ensino de genética em uma escola de segundo grau.** 1987, 355f. Dissertação (Mestrado) – Universidade de São Paulo, FE: 1987.

TSOUMIS, G. **Wood as a raw material.** London: Pergamon Press, 1968.

UNCED. **AGENDA 21.** Conferencia das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, 1992 – Rio de Janeiro. Brasília: Senado Federal, 1996. 586p. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/se/agen21/index.cfm>>. Acesso em: 30 jul. 2004.

UNESCO, **Education.** Disponível em: <<http://unesco.org>>. Acesso em: 18 set. 2003.

VASEY, D. E. **An ecological history of agriculture: 10,000 B. C. – A. D. 10,000.** Iowa, 1992.

VELHO, L.; VELHO, P. A controvérsia sobre o uso de alimentação “alternativa” no combate à subnutrição no Brasil. **História, Ciências e Saúde – Manguinhos**, Rio de Janeiro, 9(1), p. 125-157, jan. / abr. 2002.

VIEIRA, D. B.; ANTONIO, H. (coord.) **Planejamento de uso e conservação do solo.** Limeira: FEHIDRO/CBH-PCJ/DAEE, 2001.

VIEIRA, L. S. **Manual de morfologia e classificação dos solos.** São Paulo: Agronômica Ceres, 1983.

VOLOBUEV, V. R. **Ecology of soils.** Jerusalem: Israel Program for Scientific Translations, Ltd., 1964.

WILCKEN, C. F.; RAETANO, C. G. Controle de cupins em florestas. In: III SEMINÁRIO SOBRE CUPINS (*Insecta, Isoptera*), Piracicaba, 1995, **Anais**. Piracicaba: FEALQ, 1995, p. 141-154.

WONG, K. Anatomy of landslide. **Scientific American on line**, 23 oct. 2000. Disponível em: <<http://www.scientificamerican.com>>. Acesso em: 09 jul. 2003.

YOSHIOKA, M.H.; LIMA, M.R. Experimentoteca de solos: Erosão do solo. In: LIMA, M.R. (Org.) et al. **Fundamentos de pedologia:** para professores do ensino fundamental e médio. Curitiba: Universidade Federal do Paraná, Departamento de Solos e Engenharia Agrícola, 2002. CD-ROM

_____. Experimentoteca de solos: infiltração e retenção da água no solo. **Arquivos da APADEC**, Maringá, v. 8, n. 1, p. 63-66, 2004.

YUYAMA, L. K. Estudo definirá potencial nutricional de fruteiras da Amazônia. **Revista Conselho Federal de Nutricionistas**, Brasília, IV, n. 12, p. 12-3, jan./abr. 2004.