Conhecendo os solos:

abordagem para educadores do ensino fundamental na modalidade à distância

edu pesquisa

PRESIDÊNCIA DA REPÚBLICA
Dilma Vana Rousseff

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
Henrique Paim

UNIVERSIDADE ABERTA DO BRASIL
João Carlos Teatini de Souza Climaco

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

Zaki Akel Sobrinho
Reitor

Rogério Andrade Mulinari
Vice - Reitor

Maria Amélia Sabbag Zainko
Pró-Reitora de Graduação | PROGRAD

Edilson Sérgio Silveira
Pró-Reitor de Pesquisa e Pós-Graduação | PRPPG

Deise Cristina de Lima Picanço
Pró-Reitora de Extensão e Cultura | PROEC

Adriano do Rosário Ribeiro
Pró-Reitora de Gestão de Pessoas | PROGEPE

Álvaro Pereira de Souza
Pró-Reitor de Administração | PRA

Lucia Regina Assumpção Montanhini
Pró-Reitora de Planejamento, Orçamento e Finanças | PROPLAN

Rita de Cássia Lopes
Pró-Reitora de Assuntos Estudantis | PRAE

Coordenação de Políticas de Formação do Professor

Coordenadora
Gláucia da Silva Brito

Diretor do Setor de Ciências Agrárias
Amadeu Bona Filho

Chefe do Departamento de Solos e Engenharia Agrícola
Antônio Carlos Vargas Motta

Programa de Extensão Universitária Solo na Escola

Coordenador
Marcelo Ricardo de Lima

Vice Coordenadora
Elen Alvarenga Silva

Conhecendo os solos:

abordagem para educadores do ensino fundamental na modalidade à distância

PROGRAMA DE EXTENSÃO UNIVERSITÁRIA SOLO NA ESCOLA/UFPR

DEPARTAMENTO DE SOLOS E ENGENHARIA AGRÍCOLA

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

Rua dos Funcionários, 1540 – 80035-050 –
Curitiba – PR

Telefone: +55 41 3350.5658

projetosolonaescola@gmail.com

www.escola.agrarias.ufpr.br

ISBN 978-858995009-1

9 788589 950091

2014 – 1a Edição

Capa e Editoração: Kleber Góes

U58

Universidade Federal do Paraná. Departamento de Solo e Engenharia Agrícola.

Conhecendo os solos: abordagem para educadores do ensino fundamental na modalidade à distância. / Universidade Federal do Paraná. Departamento de Solos e Engenharia Agrícola; organização, Marcelo Ricardo de Lima. – Curitiba: Departamento de Solos e Engenharia Agrícola, 2014.

167p. : il.

ISBN 978-858995009-1

1. Solos. 2. Ciência do solo. 3. Solos – Estudo e ensino. I. Lima, Marcelo Ricardo de. II. Título.

CDU 631.4

Caro (a) Aluno (a), seja Bem-Vindo!

O solo é um importante componente dos ambientes naturais sendo indispensável para vida no planeta. Apesar da importância do solo para os sistemas naturais, urbanos e agrícolas, sua degradação tem se tornado um problema e pode ser associada ao desconhecimento que a maior parte da população tem das suas características, importância e funções.

Segundo a ONU aproximadamente 40% dos solos do planeta já se encontram altamente degradados. Por este motivo, o ano de 2015 foi escolhido recentemente pela Assembleia Geral da ONU, como Ano Internacional do Solo.

Devido às deficiências dos livros didáticos, de modo geral, no ensino fundamental e médio, os estudantes não tem acesso a informações corretas tecnicamente, úteis ou adequadas à realidade brasileira. Devido à incipiente formação incial, os professores, por outro lado, muitas vezes não foram despertados a visualizar o solo como um importante elemento da paisagem, e o ensino de solos, quando existe, torna-se mecânico e sem utilidade para o aluno.

Ao longo de doze anos de existência, o Programa Solo na Escola/UFPR (www.escola.agrarias.ufpr.br) já realizou 27 cursos de extensão universitária sobre solos para professores, sendo vários deles para professores do ensino fundamental da Prefeitura Municipal de Curitiba. O projeto continua sendo parceiro constante da Secretaria Municipal de Educação, em especial da Equipe de Ciências. Em função do enfoque da proposta do Programa EduPesquisa, será possível ampliar a atuação realizada até o presente momento, pois permitirá

integrar a pesquisa e a Educação à Distância (EaD) na proposta do presente curso.

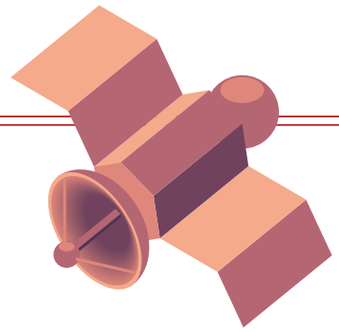
Este material didático conta com oito módulos, que abrangem os conhecimentos essenciais sobre o solo para o educador: valorização ambiental do solo; composição e contaminação do solo, perfil e morfologia do solo; conhecendo os principais solos da Região Metropolitana de Curitiba; fertilidade do solo e ciclo dos nutrientes; biologia do solo; conservação do solo e água; e solo e água em bacias urbanas e rurais.

Esperamos que estes módulos de fundamentação teórica contribuam efetivamente, para a formação continuada dos educadores da rede pública municipal de ensino de Curitiba, e que possamos ter uma estimulante troca de ideias.

Prof. Marcelo Ricardo de Lima (Org.)

Coordenador do Curso Formação Continuada em Solos

SUMÁRIO



um

unidade

VALORIZAÇÃO AMBIENTAL DO SOLO

Fabiane Machado Vezzani[1]

1. APRESENTAÇÃO

Na maioria dos livros didáticos do ensino fundamental o solo é mostrado como um meio de produção agrícola, um mero substrato para o desenvolvimento de plantas cultivadas. Nesta visão, a única finalidade do solo é servir como recurso natural, utilizado somente na produção agrícola e, portanto, distante da realidade do aluno das áreas urbanas.

O objetivo deste conteúdo é mostrar que o solo é muito mais que isso, oferecendo diversos serviços ecossistêmicos ao ser humano.

Ao longo deste conteúdo, iremos apontar alguns conceitos relevantes como valor ambiental, serviços ecossistêmicos do solo, sustentabilidade e pegada ecológica. Finalmente, refletiremos se o solo, em nossa realidade local, está cumprindo estes serviços, e como é a nossa contribuição individual ou coletiva para isso.

1. Engenheira Agrônoma, Doutora em Ciência do Solo. Professora do Departamento de Solos e Engenharia Agrícola da Universidade Federal do Paraná. Rua dos Funcionários, 1540, Cabral, Curitiba, PR. E-mail: vezzani@ufpr.br

2. VALOR AMBIENTAL

Vamos iniciar o estudo dos solos?

Nada melhor para começarmos um estudo é identificarmos o seu valor, a sua importância, a sua função em nossas vidas.

Como todos nós sabemos, **valor** é a qualidade pela qual determinada coisa é estimável em maior ou menor grau.

E **ambiente** é o que cerca ou envolve por todos os lados os seres vivos ou as coisas; portanto, é um lugar, um espaço onde se tem os seres vivos e os não-vivos (água, temperatura, gases, luz, nutrientes, ventos, pressão atmosférica) interagindo continuamente.

Quando você pensa em valor ambiental, o que vem em sua mente?

Valor ambiental do solo é...

Para alguns, o valor ambiental do solo está em fornecer alimentos e madeira para construções.

Para outros, o valor ambiental do solo está na capacidade dele decompor resíduos e purificar a água.

Para outros ainda, o valor ambiental do solo está na capacidade dele regular as enchentes.

E tem os que pensam que valor ambiental do solo está na paisagem, produzindo beleza estética, momentos de recreação e de espiritualidade.

De fato, todas estas visões sobre o valor do solo são corretas e complementares.

saiba mais

Antes de começar este assunto, sugerimos ver este vídeo:

https://www.youtube.com/watch?v=R4ez6wKFFZk

3. SERVIÇOS ECOSSISTÊMICO DO SOLO

Bom, então como vemos, o solo tem relação com todos os nossos valores. Podemos dizer que ele está no centro do que consideramos essencial nas nossas vidas.

Os cientistas definem esses valores como os serviços ecossistêmicos. Essa definição está baseada em que a nossa saúde e o nosso bem estar dependem dos serviços fornecidos pelos ecossistemas.

No ano 2000, a Organização das Nações Unidas (ONU) instituiu a Avaliação Ecossistêmica do Milênio, gerenciada por um Comitê multidisciplinar que incluiu representantes internacionais de instituições, governos, empresas, ONGs e povos nativos. O objetivo da Avaliação Ecossistêmica do Milênio foi avaliar as consequências das mudanças nos ecossistemas sobre o bem-estar humano. Além disso, visou estabelecer uma base científica que fundamentasse as ações necessárias que garantam a conservação e o uso sustentável dos ecossistemas e suas contribuições para o bem-estar humano.

Em 2005, o Comitê publicou suas descobertas em um relatório-síntese.

glossário

Serviços ecossistêmicos são os benefícios que as pessoas obtém dos ecossistemas (MEA, 2005).

para entender

Vamos identificar o que é um ecossistema: um ecossistema é o resultado da interação dinâmica e complexa das comunidades de plantas, animais e microrganismos com o meio físico (o solo, a água, o relevo) em um determinado local (ODUM e BARRET, 2007).

para pensar

Esse relatório e os demais relatórios do Comitê, inclusive com textos em português, estão disponíveis no link:

http://www.millenniumassessment.org/en/Synthesis.html

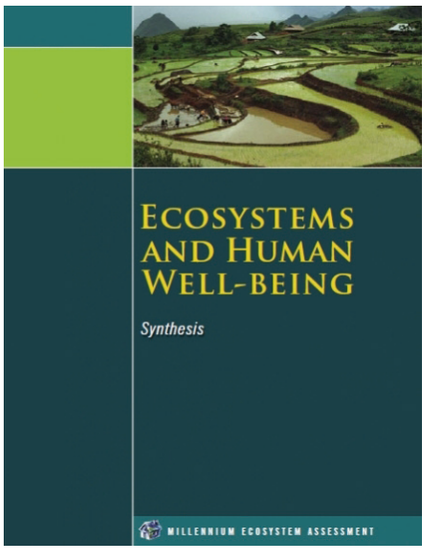


Figura 01: Capa do Relatório Síntese da Avaliação Ecossitêmica do Milênio.

A Figura 2 representa a ideia central do Comitê de Avaliação Ecossistêmica do Milênio. Nela, está demonstrada a força de ligação entre as categorias dos serviços ecossistêmicos e os componentes do bem-estar humano. A espessura das setas indicam o grau de interferência dos serviços ecossistêmicos sobre o grupo dos constituintes do bem-estar. Obviamente, que essa dependência varia entre ecossistemas e regiões. Cabe lembrar que os **serviços de suporte** são a base para os

demais serviços, por isso ele está demonstrado na Figura 2 estendendo-se entre os outros.

Outros fatores ambientais e fatores econômicos, sociais, tecnológicos e culturais também influenciam o bem-estar humano.

Figura 02: Ligações entre os serviços ecossistêmicos e os constituintes do bem-estar humano. Fonte: adaptada de MEA (2005).

É possível observar, na Figura 2, que o bem-estar humano possui múltiplos constituintes, agrupados em quatro grupos: segurança, material básico para uma boa vida, saúde, e boas relações sociais. A Avaliação Ecossistêmica do Milênio enfatiza que o bem-estar de "liberdade de escolha e ação" é influenciado por outros constituintes e também por outros fatores, notavelmente, a educação! Além disso, a "liberdade de escolha e ação" é uma pré-condição para alcançar outros componentes do bem-estar, particularmente com respeito a equidade e justiça.

Pois bem, segundo o Comitê de Avaliação Ecossistêmica do Milênio (MEA, 2005) os serviços que o solo presta para a humanidade serão detalhados a seguir.

3.1. SERVIÇOS DE SUPORTE

Estão relacionados com a formação do solo, e os processos de fotossíntese e de ciclagem de nutrientes.

Em função da importância do solo, a sua própria "formação" já resulta em um grande serviço prestado para a humanidade. As rochas interagem com a temperatura, a umidade, a vegetação e os organismos e com o tempo o solo se forma. Veja exemplo desse processo na Figura 3.

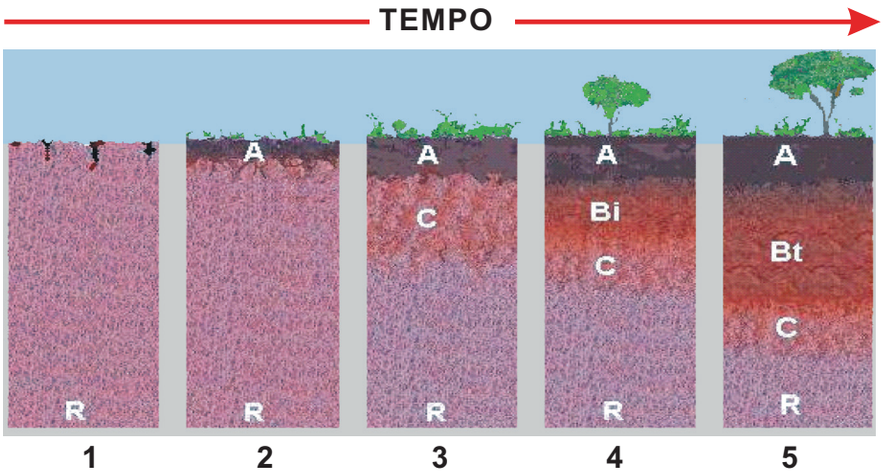


Figura 03: Sequência hipotética de evolução do perfil do solo. As letras A, B, C, R são os horizontes e camadas que constituem o solo. Fonte: Lima e Lima (2007).

As plantas se desenvolvem por meio do processo de fotossíntese. Observem a Figura 4. De uma forma simplificada, podemos dizer que as plantas captam a energia luminosa do sol, transformam em energia química e produzem os tecidos vegetais quando obtém CO_2 da atmosfera e absorvem água e nutrientes do solo. Nesse processo, o solo é essencial para servir de suporte para as plantas desenvolverem e para fornecer água e nutrientes em taxa adequada para o seu crescimento.

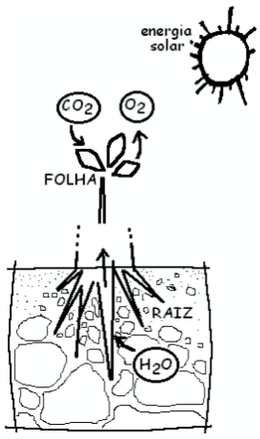


Figura 04: Representação esquemática do processo de fotossíntese. Fonte: Fonte: Motta e Barcellos (2007).

Os animais herbívoros se alimentam das plantas, e os nutrientes contidos nas plantas, então, passam a fazer parte dos seus corpos. Quando esses animais morrem, os nutrientes voltam a ficar disponíveis, por meio do processo de decomposição realizado pelos microrganismos do solo, para, assim, novas plantas os absorverem. Dessa forma, ocorre a ciclagem dos nutrientes no solo, como exemplificado na Figura 5 em relação ao ciclo do nitrogênio.

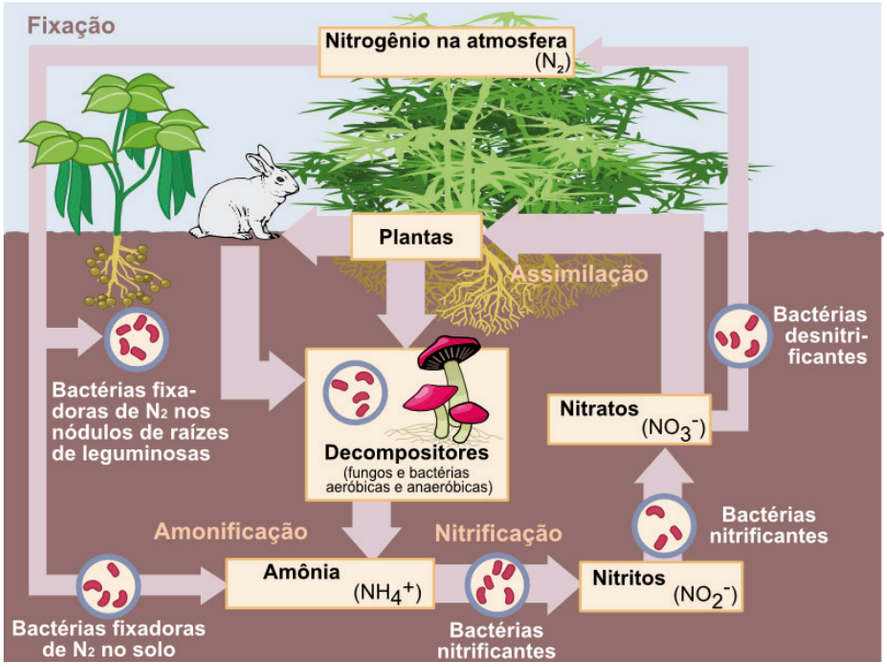


Figura 05: Representação esquemática do ciclo do nitrogênio no ambiente. Fonte: http://pt.wikipedia.org/wiki/Ciclo_do_nitrog%C3%AAnio#mediaviewer/File:Nitrogen_Cycle_pt.png

Analisem, então, que os processos de formação do solo, de fotossíntese e de ciclagem de nutrientes são essenciais para a manutenção da vida no planeta Terra.

3.2. SERVIÇOS DE ABASTECIMENTO

O serviço de suporte remete ao segundo conjunto de serviços prestados pelo solo: serviços de abastecimento de alimentos, fibras, madeira e água. O abastecimento de alimentos, fibras e madeira é fácil de entender, pois é proveniente do desenvolvimento das plantas.

Na Figura 6 está um exemplo do serviço de abastecimento de fibras.

Figura 06: Colheita de material de origem florestal que será utilizado na produção de lápis em Prata (MG). A produção deste material é fruto do serviço ecossistêmico de abastecimento do solo. Foto: Marcelo Ricardo de Lima.

Você verá mais sobre as cargas do solo no módulo Composição do Solo.

Para entendermos sobre o abastecimento da água, que o solo também é responsável, é preciso reconhecer algumas das propriedades do solo.

Você verá mais sobre a porosidade do solo no módulo Composição Solo.

Uma delas é a reatividade. O solo possui cargas elétricas oriundas dos minerais e da matéria orgânica. Nessas cargas, os nutrientes ficam adsorvidos e são retirados pelas plantas e/ou pelos organismos quando ambos precisam se nutrir. Nessas cargas, também, compostos e substâncias, que podem ser prejudiciais ao ecossistema, ficam retidos.

Você verá mais sobre os organismos do solo no módulo Biologia do Solo.

O solo também possui poros. Esses poros variam de tamanho. Os menores (diâmetro < 0,05 mm) são responsáveis por armazenar a água no perfil, e os grandes (diâmetro > 0,05 mm) são responsáveis por drenar a água e manter o ar disponível para as plantas e para os organismos do solo (FERREIRA, 2010). Portanto, é através do solo que a água da chuva (ou mesmo a água de irrigação) flui até chegar aos rios, lagos e barragens. Sendo assim, o solo é responsável pela velocidade, pela quantidade e pela qualidade da água que chega aos mananciais, ou seja, o solo presta o serviço de abastecer-nos com água.

Um aspecto importante na execução desse serviço pelo solo está relacionado à qualidade da água. Para isso, a presença de organismos no solo é essencial. Os macro (diâmetro do corpo de 4 a 80 mm), meso (diâmetro do corpo de 0,2 a 4 mm) e microrganismos (diâmetro do corpo de < 0,2 mm) realizam as transformações bioquímicas de elementos e substâncias presentes e/ou adicionados ao solo (LOPES ASSAD, 1997).

Então, a presença de vida no solo faz com que a água que "passa" por ele seja limpa, decompondo possíveis substâncias prejudiciais ao ambiente.

A interação das propriedades de vida, de porosidade e de cargas elétricas que o solo possui faz com que ele tenha capacidade de atuar como um filtro ambiental, purificando a água que passa por ele, abastecendo rios, lagos e cidades com água com qualidade.

3.3. SERVIÇOS DE REGULAÇÃO

Nesse sentido, está inserido o terceiro conjunto de serviços prestados pelo solo: **serviços de regulação** do clima, de enchentes, de resíduos, de doenças e de qualidade da água.

Esses serviços estão relacionados com as funções do solo na paisagem, que são executadas porque o solo tem as propriedades que discutimos acima. O solo é capaz de reter a água no seu corpo e por isso regula as enchentes. A vida do solo é capaz de regular a quantidade de resíduos no ambiente e as doenças no seu entorno, em função da competência em decompor e inativar substâncias prejudiciais ao ambiente. E nesse sentido, o solo presta o serviço de regulação também

reflexão

Perceba como todos os serviços estão interligados! Parecem que eles se sobrepõem. E isso é verdade! Pois todas as funções do solo no ambiente dependem de propriedades interligadas, que executam múltiplas funções.

da qualidade da água, como já vimos.

3.4. SERVIÇOS CULTURAIS

E, por fim, o solo presta os **serviços culturais**, que são os benefícios de recreação, estéticos e espirituais.

Nesse aspecto, é o solo integrado à vegetação exuberante (ou não), criando ambiente de paz, harmonia, aconchego, êxtase, elevação espiritual, ou seja, inúmeras emoções,

Figura 07: Paisagem do conjunto Marumbi, no trecho paranaense da Serra do Mar. Foto: Marcelo Ricardo de Lima.

Além das emoções, não podemos esquecer que o solo guarda a nossa história. As civilizações deixam objetos, construções, resíduos, que o solo conserva ao longo de muitos anos. Essa área é estudada pela arqueologia. Muitas vezes nos deparamos com verdadeiras cidades "enterradas", que nos remetem ao nosso passado, dando sensação de pertencermos ao lugar!

O exemplo recente desse fato foi a descoberta de um calçamento de cunho arqueológico datados da metade do século XIX na Praça Tiradentes, no centro de Curitiba (Figura 8). Você já visitou a praça depois da reforma?

Figura 08: Detalhe do novo calçamento da Praça Tiradentes, permitindo a visão aos achados arqueológicos encontrados no solo durante a reforma. Disponível em: http://pt.wikipedia.org/wiki/Pra%C3%A7a_Tiradentes_(Curitiba)#mediaviewer/File:PracaTiradentesCuritiba.JPG

4. ATIVIDADE PROPOSTA

Vamos fazer um fórum e compartilhar fotos que mostram os serviços ecossistêmicos do solo. Você deverá postar duas fotos no fórum, sendo uma situação representando um solo que está exercendo alguma(s) função(ões) ecossistêmica(s), e outra situação representando um solo que não está mais exercendo uma ou mais de suas(s) funções ecossistêmicas.

Não apenas poste as fotos, mas também faça um comentário indicando onde e quando você tirou a foto, e quais serviços ecossistêmicos do solo estão ou não estão sendo exercidos naquela condição.

Use somente fotos suas e preferencialmente de sua escola, bairro ou cidade. Não use fotos de outras pessoas, da Internet ou de livros. Podem ser fotos mais antigas que estão guardadas em seu computador ou em suas contas nas redes sociais.

No fórum já estão postados dois exemplos!!

Você também deverá fazer pelo menos três comentários significativos sobre as fotos dos outros colegas de sua turma. Lembre que fazer um comentário significativo não é simplesmente dizer "gostei", "legal", "concordo". Fazer um comentário significativo é emitir um juízo de valor, comparar com outras situações, indicar algo que o autor(a) não percebeu, ou até mesmo discordar com uma boa argumentação.

5. BIODIVERSIDADE E SUSTENTABILIDADE

Mais um aspecto deve ser ressaltado nas ideias do Comitê de Avaliação Ecossistêmica do Milênio é a importância da biodiversidade, da vida sobre o planeta Terra para o cumprimento dos serviços ecossistêmicos. É somente através da biodiversidade que cada um dos serviços ecossistêmicos podem ser alcançados. Esse conceito está revelado na Figura 2 através da biodiversidade englobando todos os serviços ecossistêmicos. Dentro dessa linha de raciocínio, Tyler Miller e Spoolman (2012) apresentam os três pilares da sustentabilidade (Figura 9).

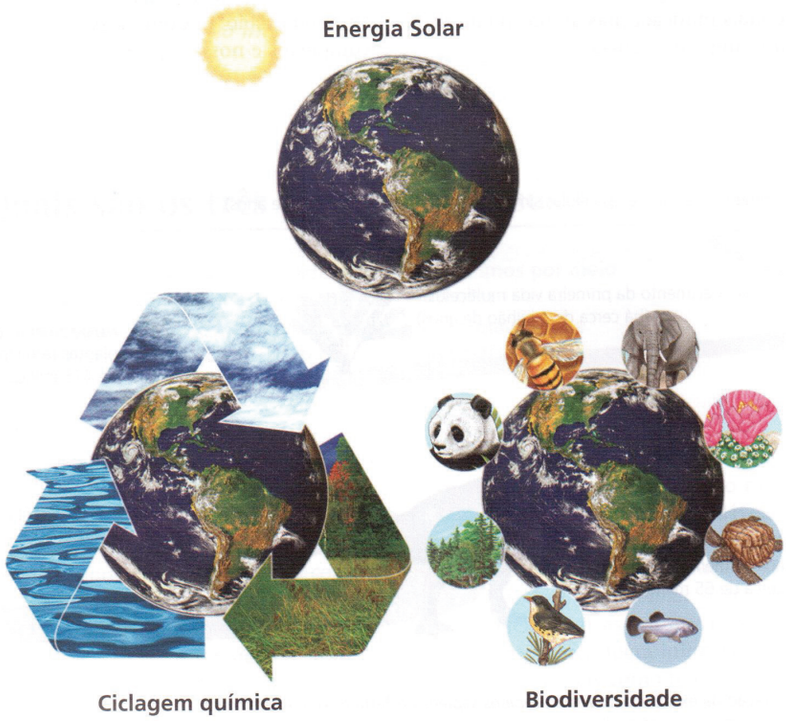


Figura 09: Os pilares da sustentabilidade. Fonte: Tyler Miller e Spoolman (2012).

Para Tyler Miller e Spoolman (2012), ecossistemas sustentáveis são aqueles que tem a energia solar como fonte principal de energia, promovendo a fotossíntese, que gera nutrientes e substâncias químicas que a maioria dos organismos necessita para sobreviver e reproduzir.

O outro pilar da sustentabilidade é o da ciclagem química de nutrientes, que por intermédio dos organismos ocorre a circulação de elementos e compostos necessários à vida. Para a vida se sustentar, esses nutrientes devem ser reciclados indefinidamente. Sem a ciclagem não haveria ar, água, solo, comida ou vida.

E, por fim, eles enfatizam a biodiversidade como pilar fundamental da sustentabilidade. É pela variedade de organismos e de sistemas naturais que ocorre a renovação do solo, o controle de pragas, a purificação da água e do ar, e a autorregulação do planeta.

E, assim como nós somos influenciados pelo ecossistema, os ecossistemas também são afetados pelas mudanças no nosso bem-estar! As relações são bidirecionais.

Percebemos que independente do nosso modo e/ou objetivo de vida, o solo tem relação com qualquer dos nossos interesses, ou melhor, dos nossos valores!

A Teoria de Gaia, proposta por James Lovelock e Lynn Margulis (LOVELOCK, 2006) representa essa percepção.

saiba mais

Porque a Teoria de Gaia tem esse nome? *Porque Gaia é a deusa grega da Terra.* Lovelock (2006) diz que *"Gaia é ao mesmo tempo gentil, feminina e nutriz, mas também é impiedosamente cruel com quem não viver em harmonia com o planeta."*

A Teoria de Gaia diz que a Terra se autorregula em função de que os seres vivos e os não-vivos interagem e coevoluem. Os autores dizem ainda que *"a evolução dos organismos está intimamente articulada com a evolução do ambiente físico e químico em um único processo evolutivo, que é autorregulador"* (LOVELOCK, 2006). Ou seja, o planeta é resultado da relação dos organismos vivos e da luz solar, da temperatura, dos minerais, da atmosfera, da água. A Terra só existe por causa dessa relação. Então, a Terra responde a como a gente age para com ela.

E aí vem a pergunta: Como ocorre a nossa relação com o planeta?

Para responder no sentido global é preciso pensar primeiro localmente, onde a gente atua, onde a gente vive. Esse espaço é o denominado "ecossistema", como vimos acima.

Nós vivemos em um ecossistema urbano. O nosso comportamento frente a questões ambientais, como depositar lixo em local não adequado, onde produtos da decomposição desse lixo possam chegar até os mananciais de água pelo escoamento da água que ocorre pelas ruas das cidades pode comprometer a qualidade da água utilizada nos ecossistemas agrícolas ou urbanos, ao longo do curso deste rio. Se for assim, os alimentos produzidos no meio rural, utilizando esta água para irrigação, e que nos abastecem, serão de má qualidade, contaminados.

Da mesma forma, o agricultor que não cuida do seu ecossistema, pode estar perdendo solo, adubos e agrotóxicos para as águas dos rios e lagos, que servem para abastecer as cidades. Assim, estaremos tomando água contaminada, causando problemas de saúde.

A relação dos ecossistemas urbanos e rurais é direta. A falta de cuidado ambiental na cidade, como lixo em local inapropriado, irá comprometer a qualidade do solo, da água e do ar nos ecossistemas rurais, prejudicando o ambiente de trabalho e de vida dos agricultores que produzem os nossos alimentos. Portanto, nós mesmos, nas cidades, sofreremos as consequências das nossas atitudes. E se o uso do solo e dos recursos naturais nos ecossistemas rurais for

inapropriado, como por exemplo, uso de agrotóxicos, perda de solo por escoamento superficial, sofreremos também as consequências. Mais do que isso, todos os benefícios que obtemos do solo deixam de existir.

6. PEGADA ECOLÓGICA

O planeta não se sustenta, nem nós! O Comitê de Avaliação Ecossistêmica do Milênio informa que as atividades humanas tem degradado aproximadamente 60% dos recursos do planeta. É a nossa **pegada ecológica!**

Figura 10: Representação da pegada ecológica sobre o planeta. Fonte: Footprint-Grafik MIT Weltkarte Von Gregor Sieböck. Disponível em: http://www.flickr.com/photos/dekade/2191566819/

você sabia?

Você sabe o que é **pegada ecológica**?

É a quantidade de terra biologicamente produtiva e água necessária para prover as pessoas de um determinado país ou região com uma oferta ilimitada de recursos renováveis, e absorver e reciclar os resíduos e a poluição produzida pela utilização de tais recursos (TYLER MILLER e SPOOLMAN, 2012).

saiba mais

Saiba mais sobre pegada ecológica em:

http://www.wwf.org.br/natureza_brasileira/especiais/pegada_ecologica/

Calcule a sua pegada ecológica no site da Global Footprint Network – GFN (http://www.footprintnetwork.org/en/index.php/GFN/page/calculators/) Escolha o Brasil como seu país para fazer o teste em português.

Hoje, essa consciência de que conforme nossas pegadas ecológicas, estamos destruindo e degradando os nossos recursos naturais está crescendo por parte dos governos, cientistas e técnicos. Propostas e processos para pagamentos aos agricultores, um dos principais atores no manejo com o solo, por prestação de serviços ecossistêmicos estão sendo desenvolvidos e implantados de forma que eles recebam recursos financeiros por prestarem esses serviços para a sociedade.

Mas, não é só o agricultor que precisa cuidar do planeta. É um papel de todos nós! Pensar no que comemos, como usamos os parques, onde colocamos o lixo, se evitamos impermeabilizar ou compactar o solo nas cidades, são pequenas atitudes que podem fazer a diferença na qualidade de vida de todos nós, e para a qualidade do próprio planeta.

Por isso, façamos a nossa parte: cuidemos da parte do ambiente que compete a nós!

reflexão

Com a forma de vida que você leva, qual a sua pegada ecológica?

Figura 11: Representação da responsabilidade de todos nós para com o planeta. Fonte: Imagem de domínio público. Disponível em: http://pixabay.com/pt/planeta-m%C3%A3os-internacional-globo-16673/

dois

unidade

COMPOSIÇÃO E CONTAMINAÇÃO DO SOLO

Elen Alvarenga Silva[2]

1. COMPOSIÇÃO DO SOLO

O que precisamos saber sobre o solo?

Você sabia que o solo é constituído por três fases diferentes? Isso mesmo, três fases, o solo é constituído pelas fases líquida, gasosa e sólida. Um solo hipotético é constituído por 25% de água, 25% de gases, 45% de material mineral e 5% de material orgânico (Figura 1).

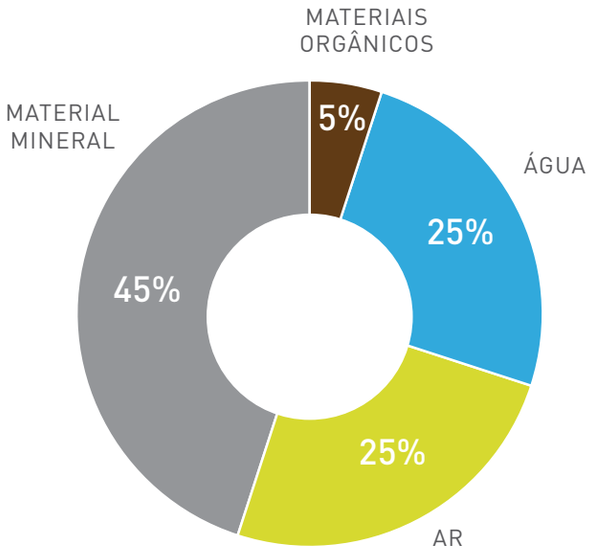


Figura 01: Proporção dos componentes de um solo hipotético. Fonte: adaptado de Lepsch (2011).

2. Química, Doutora em Ciência do Solo. Professora do Departamento de Solos e Engenharia Agrícola da Universidade Federal do Paraná. Rua dos Funcionários, 1540, Cabral, Curitiba, PR. E-mail: elenalvarenga@yahoo.com.br

Porém as proporções entre estas fases podem variar bastante de um solo para outro, de acordo com as condições climáticas e o tipo de material que constitui a fase sólida. Por exemplo, em um lugar onde o período chuvoso seja mais longo, pode ocorrer, por um tempo, uma maior quantidade de água no solo em detrimento da fase gasosa. Em regiões mais frias, o conteúdo de matéria orgânica pode ser maior, enquanto em regiões mais quentes e/ou secas é menor.

Como podemos ter água e ar no solo? Onde eles ficam? No solo as fases líquida (água) e gasosa (ar) ocupam os poros, que são formados pela agregação das partículas sólidas, ou seja, estas se juntam formando estruturas, entre as quais se formam poros pelos quais a água e o ar entram no solo.

glossário

Porosidade do solo é a porcentagem do volume do solo não ocupado por partículas sólidas, incluindo todo espaço poroso ocupado pelo ar e pela água (CURI *et al.*, 1993).

2. POROS DO SOLO: FASES LÍQUIDA E GASOSA

No solo formam-se dois tipos de poros, os macroporos (poros com diâmetro maior que 0,05 mm) e os microporos (poros com diâmetro menor que 0,05 mm) (Figura 2). Normalmente a água ocupa os microporos, e o ar ocupa os macroporos.

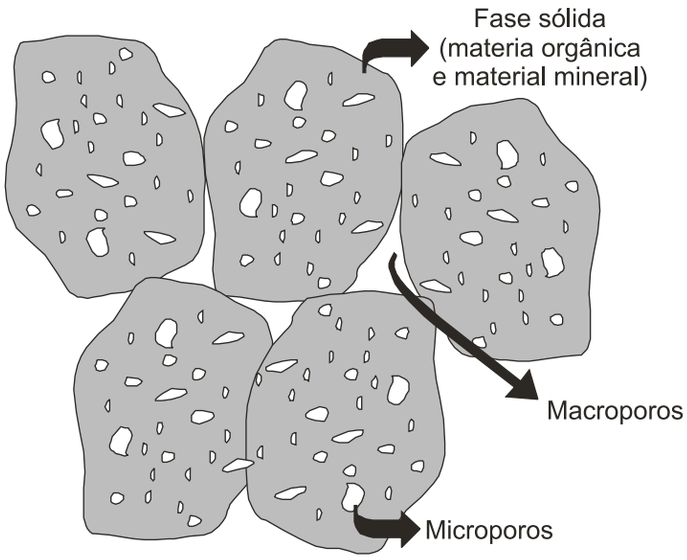


Figura 02: Representação esquemática mostrando a relação entre a fase sólida e os poros (macro e micro) no solo. Fonte: Melo e Lima (2007).

Após uma chuva intensa tanto os macroporos quanto os microporos estarão ocupados por água, e, depois de algumas horas, a água presente nos macroporos será drenada até chegar ao lençol freático. Essa drenagem da água dos macroporos ocorre por simples ação da gravidade que "puxa" a água para baixo. A gravidade, no entanto, não consegue retirar a água presente nos microporos e, desta forma, a água dos microporos fica disponível para as plantas e organismos que vivem no solo.

Mas, com o passar do tempo, a água presente nos microporos será absorvida pelas plantas e organismos, e também pode ocorrer o processo de evaporação à partir da superfície. Devido a isso os microporos vão perdendo água, sendo preenchidos por ar. Assim será necessária uma nova chuva para que os microporos sejam preenchidos novamente com água. A água presente no solo vem principalmente das chuvas, mas a composição da água da chuva é bem diferente da água do solo.

A fase líquida, ou a água do solo na verdade é chamada de solução do solo. Este nome é dado porque no solo a água não é pura. Quando a água infiltra no solo muitos íons se solubilizam (dissolvem) nela, por isso é chamada de solução do solo. A solução do solo é resultante de inúmeras reações que ocorrem com as outras fases que constituem o solo, principalmente a fase sólida. Podemos dizer que a solução do solo é um sistema dinâmico, e que troca matéria com suas vizinhanças. As plantas absorvem a água e nutrientes que elas necessitam da solução do solo.

O **ar do solo** ocupa principalmente os macroporos, a constituição do ar do solo é semelhante ao do ar atmosférico, diferenciando apenas na concentração dos gases que os constituem. Mas porque há essa diferenciação nos teores dos gases?

Em primeiro lugar as raízes e organismos que vivem no solo necessitam respirar, neste processo eles consomem o oxigênio (O_2) e liberam gás carbônico (CO_2), dessa forma aumentam os teores de CO_2 e diminuem os teores de O_2. No solo os teores de CO_2 ficam próximos a 1% enquanto que na atmosfera é de 0,03%. Em segundo lugar a difusão do ar no solo é dificultada porque os poros são tortuosos

Você sabia que os macroporos do solo também ajudam na diminuição da erosão. É isso mesmo, os macroporos melhoram a infiltração de água e com isso diminui a quantidade de água que vai escorrer por cima do solo.

EXPERIMENTE
É bem fácil mostrar para seus alunos a presença de poros no solo. Para isto basta pegar um torrão seco de solo e mergulhá-lo em um copo com água. Quando o torrão entra em contato com a água, os poros que estavam cheios de ar vão ser preenchidos pela água e bolhas de ar vão ser liberadas.
O roteiro completo do experimento "ar do solo" está disponível em: http://www.escola.agrarias.ufpr.br/index_arquivos/experimentoteca.htm

e descontínuos. Quando você está em uma sala fechada e abre a porta e a janela, o ar atmosférico dentro da sala é rapidamente renovado. No solo existe essa difusão e renovação do ar, porém isso não é instantâneo, e ocorre em um tempo maior.

Embora não pareça, a boa aeração do solo é importante para a produção agrícola e o crescimento das plantas em geral, pois sem ar as raízes não conseguem respirar e podem morrer, causando danos e perdas no desenvolvimento vegetal. Um solo que permaneça muito tempo com excesso de água pode causar problemas de aeração para as raízes. Se a aeração for deficiente no solo os organismos vão competir com as raízes o que também pode causar danos a produção agrícola.

3. FASE SÓLIDA DO SOLO: MATÉRIA ORGÂNICA E MINERAL

Bem, até agora sabemos que o solo possui três fases. As fases líquida e gasosa são muito importantes, e ocupam o espaço poroso, que é formado pela agregação das partículas sólidas. A terceira fase, ou fase sólida do solo, pode ser dividida em duas partes: os sólidos orgânicos, ou matéria orgânica, e os sólidos inorgânicos ou matéria mineral.

Para ficar mais fácil o entendimento vamos estudar separadamente as fases orgânicas e inorgânicas. Vamos começar então pela fase sólida orgânica.

3.1 MATÉRIA ORGÂNICA

A matéria orgânica, assim chamada a fase sólida orgânica do solo, é constituída por restos vegetais (folhas, galhos, frutos e raízes) e animais (esqueletos e fezes) em diferentes graus de **decomposição**. Os resíduos vegetais frescos, depositados sobre ou dentro do solo, vão começar a sofrer o processo de decomposição pelos organismos do solo. Essa matéria orgânica vai ser fonte de nutrientes tantos para plantas quanto para organismos. Parte desse material orgânico vai ser **humificado** pelos organismos do solo, formando uma fração conhecida como húmus ou fração húmica, que é constituído de moléculas orgânicas bem grandes e complexas. A fração húmica é muito importante no solo, pois além de ajudar na agregação das partículas sólidas ela também é responsável pela maioria das cargas,

que podem reter nutrientes, presentes nos solos tropicais e subtropicais.

Embora a matéria orgânica seja importante para o solo, ela é encontrada em pequenas quantidades (cerca de 5% do volume de solo ou menos). Ela se concentra nas primeiras camadas, porque é depositada pelos animais e vegetais que estão principalmente sobre ou na superfície do solo. Assim o teor de matéria orgânica no solo diminui conforme aumenta a profundidade do solo.

glossário

Decomposição – quebra das moléculas orgânicas dos resíduos vegetais e animais pelos organismos.

Mineralização – é a transformação de moléculas orgânicas em compostos inorgânicos como CO_2, H_2O e nutrientes.

Humificação – é formação do húmus promovida pelos organismos a partir da matéria orgânica em decomposição.

Os teores de matéria orgânica são bastante variáveis de um solo para outro, pois depende da quantidade de resíduos orgânicos que são depositados no solo e quanto dessa matéria orgânica é mineralizada. Mas o que é mineralizada? A mineralização destrói as moléculas orgânicas transformando-as em inorgânicas (veja no glossário ao lado). Quando isso acontece o solo perde material orgânico. Já quando o resíduo orgânico é decomposto ele vai formando o húmus e aumentando o teor de material orgânico no solo e consequentemente melhorando a agregação e aumentando a quantidade de cargas negativas no solo. Mais à frente veremos a importância das cargas negativas no solo.

As plantas absorvem os nutrientes do solo e incorporam em seus tecidos vegetais, quando essas plantas depositam seus resíduos sobre o solo esses nutrientes voltam para o solo e serão absorvidos novamente pelas novas plantas que crescem no local. Esse processo é conhecido como **ciclagem de nutrientes**.

A ciclagem de nutrientes é um processo muito importante e garante que alguns solos pobres sustentem florestas

exuberantes, ou seja a ciclagem dos nutrientes pelas plantas vai sustentando a floresta. Será que conseguimos pensar em um lugar no Brasil que isto ocorra? Pense um pouco, não é difícil a resposta. Pensou? Isto mesmo a Floresta Amazônica. A maior parte dos solos sob a Floresta Amazônica são solos pobres em nutrientes, mas a ciclagem dos nutrientes pelas plantas faz com que exista uma floresta mesmo sendo o solo pobre em nutrientes.

Você sabia que a matéria orgânica humificada pode dar cor ao solo? As camadas de solo que apresentam maior teor de matéria orgânica apresentam coloração que varia de castanho a preto (Figura 3).

Figura 03: Coloração escura devida à presença de matéria orgânica em um solo situado na Lapa (PR). Foto: Itamar Antonio Bognola.

Bom, vamos então repassar alguns conceitos. A matéria orgânica é formada pelo processo de decomposição e humificação do resíduo vegetal e animal depositado sobre o solo. Se ela melhora a agregação do solo, também aumenta a porosidade do solo e consequentemente melhora a infiltração de água. A quantidade de matéria orgânica que vai acumular no solo depende do clima, do tipo de vegetação,

da textura do solo, da umidade, e do tipo de uso que é dado ao solo.

3.2. MATÉRIA MINERAL

3.2.1. As partículas que compõe o solo

A parte mineral é constituída por fragmentos de rochas e minerais, com formas e tamanho variados. No solo a matéria mineral ou simplesmente minerais do solo sofrem uma divisão por tamanho de partícula. Partículas maiores que 2 mm são chamadas de esqueleto do solo e são constituídas por cascalhos (2 mm a 2 cm), calhaus (2 a 20 cm) e matacão (> 20 cm). O **esqueleto do solo** vai constituir a pedregosidade ou rochosidade do solo, e ao contrário do que você pode pensar é pouco comum encontrar partículas maiores que 2 mm nos solos brasileiros.

Já a fração mais importante do solo é chamada de **terra fina** e é composta por partículas menores que 2 mm. É dividida da seguinte maneira: areia (2 a 0,05 mm), silte (0,05 a 0,002 mm) e argila (< 0,002 mm). Reparem que esta divisão está relacionada exclusivamente ao tamanho da partícula e não com o tipo de mineral que compõe a partícula (Figura 4). Então, quando dizemos que um solo é argiloso estamos dizendo apenas que neste solo existe um predomínio de minerais do tamanho de argila.

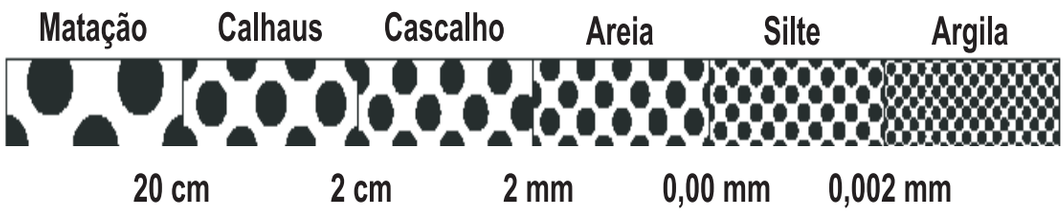


Figura 04: Escala de tamanho da fração mineral do solo. Fonte: Melo e Lima (2007).

Quando você segura um torrão de solo em suas mãos, você não está segurando apenas um grão de areia ou silte ou argila. Na verdade você está segurando bilhões de partículas de areia, silte e argila. Todo solo tem as três frações que compõem a terra fina. Lógico que em alguns solos uma fração vai ter maior porcentagem que as outras, mas sempre as três frações estarão presentes.

3.2.2. Os minerais do solo

Mas quais serão os **minerais** que vão compor a fração terra fina? A fração areia e silte é composta principalmente por minerais primários, enquanto que a fração argila é composta por minerais secundários. Mas o que são minerais primários e secundários?

Os **minerais primários** são aqueles provenientes das rochas, que ao sofrerem a ação do clima e dos organismos começam a apodrecer e a dar origem ao solo – este processo de apodrecimento das rochas pela ação de agentes químicos, físicos e biológicos é chamado de **intemperismo** – desta forma os minerais que estão no solo da mesma forma que estavam na rocha, ou seja, sofreram apenas intemperismo físico (diminuição de tamanho) são chamados de minerais primários.

para entender

A **lixiviação** é o processo de percolação da água no solo, só que quando a água é drenada pelo solo, até chegar ao lençol freático, leva consigo todos os elementos que estiverem nela dissolvidos, sejam estes elementos nutrientes ou contaminantes.

Já os minerais secundários são formados no solo pelo intemperismo dos minerais primários. Isto é, os minerais primários que estavam no tamanho de areia ou silte sofrem intemperismo químico, podendo ser totalmente dissolvidos e os elementos químicos liberados podem se recombinar e dar origem aos minerais secundários, ou seja os minerais secundários são aqueles formados no próprio solo e predominam na fração argila. Quando esses elementos dissolvidos não se recombinam eles permanecem na solução do solo, podendo ser absorvido pelas plantas ou simplesmente perdido por lixiviação.

Como foi dito anteriormente, é nas frações areia e silte que

se encontram os minerais primários, estes minerais podem apresentar alguma reserva de nutrientes, ou melhor dizendo, na constituição destes minerais pode-se encontrar alguns nutrientes para as plantas tais como cálcio (Ca), potássio (K) e magnésio (Mg), ferro (Fe), manganês (Mn), cobre (Cu), zinco (Zn), entre outros, que fazem parte da estrutura dos minerais primários que, ao sofrerem o intemperismo, liberam esses nutrientes para a solução do solo.

para entender

As rochas são formadas pela agregação de um ou mais minerais predominantes. Por exemplo, a rocha denominada granito, é formada pela agregação de três minerais predominantes: quartzo, feldspato e mica.

O quartzo (formado apenas por silício – Si e oxigênio – O), embora não tenha nenhuma reserva de nutrientes, é o mineral primário mais comum na fração areia e silte dos solos brasileiros. Por isso nossas areias são de cores claras, pela presença do quartzo, mas em outras regiões podemos encontrar areia de outras cores, se o mineral que compõe esta fração for de outra cor.

3.2.3. As cargas no solo

A fração argila é composta principalmente por minerais secundários e, ao contrário das frações areia e silte, não apresenta nenhuma reserva de nutrientes. Mas, apesar de tão pequena, porque a fração argila é tão importante no solo?

É simples, embora a fração argila não possua reserva de nutrientes ela possui cargas em sua superfície. Estas cargas são responsáveis pela capacidade de troca de cátions (CTC) do solo. As cargas na superfície da argila podem reter os nutrientes por simples atração eletrostática, retirando-os

da solução do solo e evitando que estes nutrientes sejam perdidos do solo por lixiviação.

Mas as plantas e organismos retiram os nutrientes que eles precisam da solução do solo, como eles vão pegar estes nutrientes que estão retidos na superfície da argila? Bom, parece complicado mas não é. A planta faz uma troca com a superfície da argila liberando um H^+ para a superfície e a superfície libera o nutriente para ela, através da solução do solo.

EXPERIMENTE
Você pode demonstrar para seus alunos a presença de cargas no solo. O roteiro completo do experimento "cargas do solo" está disponível em: http://www.escola.agrarias.ufpr.br/index_arquivos/experimentoteca.htm

Vocês lembram que quando falamos da matéria orgânicas dissemos que mais a frente iriamos comentar sobre a importância dessas cargas no solo. A CTC está relacionada com a presença de cargas negativas na superfície da matéria orgânica e da fração argila. A maioria dos nutrientes essenciais para as plantas possuem cargas positivas, dessa forma a retenção deles na superfície tanto da argila quanto da matéria orgânica será maior se estas superfícies apresentarem cargas negativas. Note que importante o nutriente ser retido na superfície dos minerais ou da matéria orgânica, para evitar que seja lixiviado, ou seja, "lavado" do solo.

Os minerais secundários mais encontrados na fração argila são os minerais silicatados (que tem silício em sua estrutura) e os oxihidróxidos de ferro (Fe) e alumínio (Al). A presença de determinado mineral vai depender basicamente do grau de intemperismo do solo.

Solos mais jovens, ou seja, onde o intemperismo atuou pouco, são normalmente solos mais rasos (Figura 5), a fração argila terá o predomínio de minerais como a vermiculita e a esmectita. Esses minerais apresentam alta CTC e características de expansão e contração com a presença e ausência de água. Essa característica de expansão e contração do mineral de acordo com o grau de umidade do solo gera algumas características físicas indesejáveis ao solo, como elevada dureza e pegajosidade e formação de muitas fendas no período seco do ano.

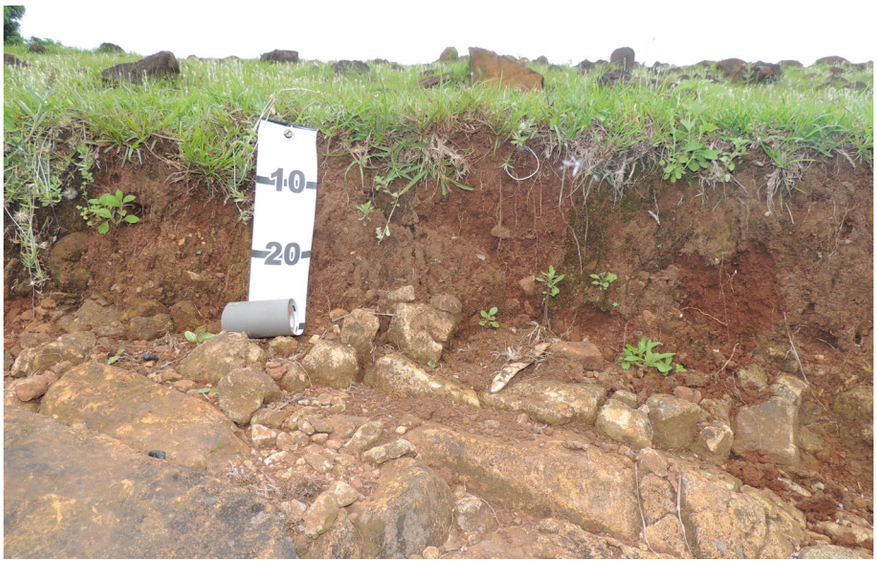


Figura 05: Solo raso e pouco desenvolvido ("jovem") situado em Renascença (PR). Foto: Marcelo Ricardo de Lima

Já em solos muito intemperizados ("velhos"), normalmente são solos profundos (Figura 6), a fração argila será constituída principalmente por minerais como a caulinita que apresenta baixa CTC.

Figura 06: Solo muito profundo e bem desenvolvido ("velho") situado em Terra Boa (PR). Foto: Marcelo Ricardo de Lima.

Também nestes solos mais intemperizados há os óxidos de ferro (como hematita e goethita) e hidróxido de alumínio (como a gibbsita), os quais apresentam em sua superfície maior número de cargas positivas sendo responsáveis pela capacidade de troca de ânions (CTA) dos solos. Esses minerais são os mais comuns da fração argila dos solos brasileiros, que devido ao clima tropical concentra uma maior quantidade de solos mais intemperizados. Veja a retenção de cátions e ânions representados na Figura 7.

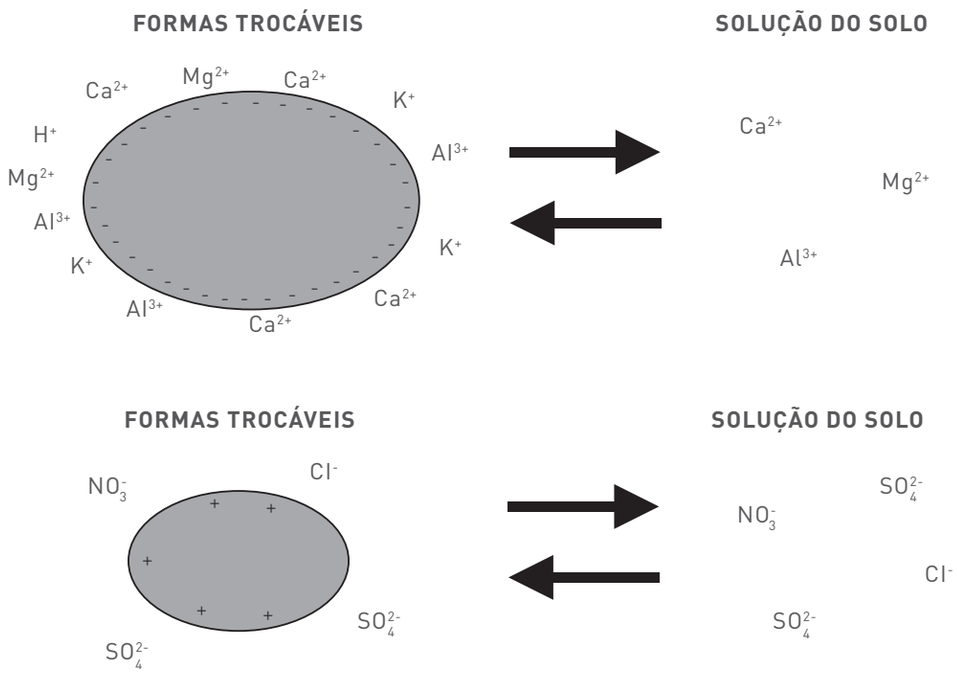


Figura 07: Representação esquemática da troca de íons entre a superfície das partículas sólidas (esquerda) e a solução do solo (direita). Fonte: Fonte: Melo e Lima (2007).

Vejam na Figura 7 que a superfície da argila que tem cargas negativas retém os cátions (íons com carga positiva como o Ca^{+2}) e a superfície que tem cargas positivas retém os ânions (íons com carga negativa como o NO_3-). Cátions e ânions que estão na solução do solo podem ser perdidos por lixiviação antes de serem absorvidos pelas plantas. Já os cátions e ânions retidos nas superfícies dos minerais secundários e da matéria orgânica são nutrientes prontamente disponíveis para as plantas.

saiba mais

Agora que você já sabe do que é constituído o solo sugiro que assistam o vídeo Conhecendo o Solo disponível em https://vimeo.com/54306301. Neste link você pode até mesmo baixar o vídeo e usar em suas aulas.

4. POLUIÇÃO DO SOLO

O solo consegue controlar o transporte de muitos contaminantes e eventuais poluidores para a atmosfera, hidrosfera e biota. Você alguma vez imaginou que o solo consegue evitar que muitos poluentes cheguem até a nossa água ou nosso alimento? Se não, agora você vai entender um pouquinho desta importante função do solo.

Antes de começarmos vamos definir alguns termos importantes e que muitas vezes são utilizados de maneira equivocada. Você sabe a diferença entre os termos contaminação e poluição?

A contaminação está relacionada com um aumento dos teores de determinado contaminante acima dos teores naturais encontrados no solo (COSTA et al., 2012). Mas, como assim, "teores naturais"? Por exemplo, alguns metais pesados são encontrados naturalmente na composição de alguns minerais, e o solo que se forma a partir da rocha que contenha esses minerais vai apresentar um teor natural daquele metal pesado. Já o termo poluição está relacionado com o aumento dos teores dos contaminantes a ponto de comprometer os sistemas bióticos, afetando suas funcionalidades e sustentabilidade (COSTA et al., 2012). Dessa forma existem diversos elementos inorgânicos e orgânicos que podem contaminar e, eventualmente, poluir o solo, as águas e os sedimentos.

saiba mais

SUGESTÃO DE LEITURA: Para mais detalhes veja o capítulo 4 do livro: Solo no Meio Ambiente, que está disponível no link: http://www.escola.agrarias.ufpr.br/arquivospdf/livro.pdf

Como vimos anteriormente, a água que infiltra ou que escorre por cima do solo contém vários tipos de íons e substâncias nela dissolvidas. Assim como podemos ter muitos íons benéficos dissolvidos na água que infiltra no solo, tais como cálcio (Ca), potássio (K), ferro (Fe), magnésio (Mg) e outros nutrientes essenciais para as plantas, podemos ter também muitos íons e compostos orgânicos tóxicos, tais como chumbo (Pb), cádmio (Cd), arsênio (As), agrotóxicos, entre outros. Assim se houver um processo de lixiviação da solução do solo, a qual está contaminada por chumbo (Pb), por exemplo, esse metal pode sair do solo e chegar até o lençol freático, o qual sabemos que é responsável pela manutenção de rios, lagos e mares, ou seja, uma vez que o poluente alcança os cursos d´água a contaminação fica disseminada.

Os contaminantes como dissemos antes, podem ser de origem natural ou produzidos pelo ser humano, este último tem um grande poder de poluir o meio ambiente. O solo e a água podem ser contaminados pela disposição de diversos tipos de resíduos no meio ambiente, tais como: lixo urbano, lodo de esgoto, resíduos industriais, resíduos de mineração, aplicação de agrotóxicos, adubação química e orgânica, entre outros.

Mas como o solo pode ajudar a evitar a contaminação e poluição das águas superficiais de subterrâneas?

Vocês lembram que o solo tem cargas? Pois é, essas cargas vão funcionar como uma barreira ao deslocamento de determinados poluentes, ou seja, assim como os nutrientes ficam retidos nas cargas da argila e da matéria orgânica, os poluentes também podem ficar retidos, evitando que possam ser lixiviados e consequentemente evitando a contaminação de águas subterrâneas. As cargas negativas retêm os poluentes de carga positiva (CTC) e as cargas positivas retêm os poluentes de carga negativa (CTA).

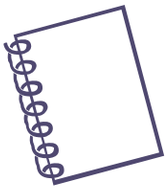
Mas devemos tomar cuidado com a erosão, pois muitas vezes esses poluentes estão retidos nas cargas do solo e inativos até então. Mas, se o solo começar a ser perdido por erosão, essas partículas serão carreadas para dentro dos rios e causando a contaminação dos rios da mesma forma.

SOLUÇÃO DO SOLO → LIXIVIAÇÃO → CONTAMINAÇÃO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS E SUPERFICIAIS

EROSÃO DO SOLO → PERDA DE SOLO → CONTAMINAÇÃO DE ÁGUAS SUPERFICIAIS

Esperamos que, com este capítulo, você tenha entendido um pouco mais sobre a constituição do solo, ele irá ajudá-lo a entender com maior facilidade os próximos módulos.

atividade



a) Pesquise mais sobre o tema composição do solo faça uma tabela resumindo as três frações que compõem o solo e o que compõe cada fração, depois escreva um texto de 15 linhas colocando o que você achava que era constituído o solo antes deste curso e sua visão sobre ele agora.

b) Com base no que você aprendeu elenque algumas atitudes que você como educador pode tomar para evitar a contaminação do solo e da água.

três

unidade

PERFIL E MORFOLOGIA DO SOLO

Marcelo Ricardo de Lima[3]

1. APRESENTAÇÃO

Em geral, a visão do solo nos livros didáticos é simplificada e, muitas vezes, não adequada à realidade dos solos tropicais brasileiros.

O perfil do solo é a unidade básica de estudo do mesmo, onde podemos perceber diversos atributos do mesmo. Já a morfologia do solo é o estudo dos atributos perceptíveis no solo utilizando os sentidos, principalmente o tato e a visão.

Ao longo deste módulo iremos trabalhar estes dois aspectos do solo, procurando identificar aqueles aspectos que são facilmente observáveis no solo, e que permitem inferências sobre o potencial de uso do mesmo.

2. PERFIL DO SOLO

Quando observamos uma paisagem, muitas vezes não percebemos o solo, pois ele está abaixo da superfície do terreno. Para observar o solo precisamos prestar no perfil do solo.

3. Engenheiro Agrônomo, Doutor em Agronomia. Professor do Departamento de Solos e Engenharia Agrícola da Universidade Federal do Paraná. Rua dos Funcionários, 1540, Cabral, Curitiba, PR. E-mail: mrlima@ufpr.br

glossário

O **perfil do solo** é uma seção vertical que inicia na superfície do solo e termina na rocha, podendo ser constituído por um ou mais horizontes (LIMA e MELO, 2007).

Podemos observar o perfil de solo principalmente em barrancos na beira de estradas, em cortes de construções, etc. (Figura 1).

Figura 01: Vista de um barranco de estrada no município de Pinhão (PR), no qual se observa o perfil do solo. Foto: Marcelo Ricardo de Lima.

Podemos observar o perfil de solo em nosso caminho diário até o trabalho, próximo ou até mesmo dentro da escola em alguns casos. Muitas vezes o perfil de solo passa despercebido de nossa vista, mas, a partir de agora, deveremos prestar mais atenção a este "retrato" do solo.

Ao analisar o perfil de solo também devemos observar se o mesmo não foi cortado ou enterrado, principalmente em áreas urbanas. Nestes locais o solo pode ter perdido horizontes que foram cortados por máquinas ou operários durante as construções, ou então terem sido enterrados por outras camadas de solos, entulho de construção ou até mesmo lixo. Por isso, ao escolher um perfil de solo para

observar os horizontes, devemos estar atentos a estas possíveis modificações antrópicas que o solo recebeu.

2.1. HORIZONTES DO SOLO

Conforme descrito acima, o perfil do solo é dividido em horizontes, os quais são denominados por letras maiúsculas (Figura 2), sendo as mais comuns: O, A, B, C, R. Vamos saber um pouco sobre cada um destes horizontes?

saiba mais

Antes de começar a ler sobre os horizontes, veja o vídeo disponível no link abaixo, que vai facilitar muito a leitura deste texto. Se desejar você também pode fazer download do mesmo.

https://vimeo.com/31294007

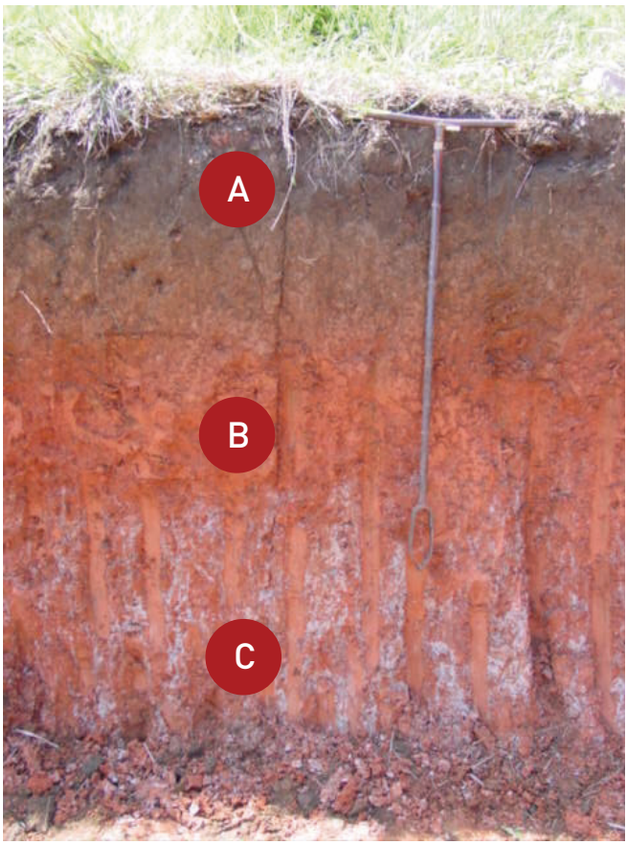


Figura 02: Perfil de solo localizado em Pinhais (PR), no qual se distinguem os horizontes A, B e C. Foto: Marcelo Ricardo de Lima.

- **Horizonte O:** é um horizonte orgânico e superficial, formado por resíduos vegetais e animais decompostos ou em decomposição. Nas condições climáticas brasileiras raramente o horizonte O é espesso, limitando-se normalmente a poucos centímetros, se houver. Em uma floresta podemos observar o horizonte O, também conhecido por "liteira", que é a acumulação de folhas, galhas, frutos e sementes, que ocupam um ou mais centímetros na superfície do solo. Apenas no alto de serras o horizonte O é mais espesso, alcançando dezenas de centímetros, como no alto da Serra do Mar ou da Serra da Mantiqueira. Apesar de fino, o horizonte O é importante para o solo, pois impede o impacto da gota da água na superfície do solo e reduz o escorrimento da água, com isso contribuindo para reduzir a erosão. Além disso, o horizonte O também contribui para reduzir a evaporação da água, mantendo o solo mais úmido. Quando os agricultores utilizam o "plantio direto" (veja o módulo Conservação do Solo), eles não queimam nem destroem o horizonte O, mantendo o mesmo sobre a superfície do solo e reduzindo a erosão.

- **Horizonte A:** é um horizonte mineral e superficial do solo, que apresenta cor mais escura que os demais horizontes minerais do solo (Figura 2), e maior atividade biológica. É muito comum os livros didáticos citarem o horizonte A como sendo orgânico, porém o mesmo tem pouca matéria orgânica em relação à matéria mineral. Apesar de haver pouca matéria orgânica no horizonte A, esta tem grande capacidade de colorir o solo e, por este motivo, o horizonte A pode ser mais escuro. Devido ao frio, na região sul do Paraná, por exemplo, o horizonte A é bem escuro e espesso, mas em outras regiões mais quentes do Paraná ou do Brasil, a cor do horizonte é A mais clara e, às vezes, até difícil de diferenciar do horizonte B ou C.

- **Horizonte B:** é um horizonte mineral e subsuperficial, ou seja, está abaixo do horizonte O ou A. Em geral as cores do horizonte B são homogêneas, variando do amarelo, vermelho, vermelho-amarelado ou marrom (Figura 2). Em solos mais jovens o horizonte B pode estar ausente ou ter poucos centímetros de espessura, enquanto em solos mais velhos (intemperizados) pode alcançar alguns

metros de espessura. Embora tenha matéria orgânica e atividade biológica, esta ocorre em proporção menor do que no horizonte A.

- **Horizonte C:** é um horizonte mineral e subsuperficial, sendo o mais jovem dos horizontes do solo. É muito comum o horizonte C ter cores mescladas (misturadas) (Figura 2), pois há tanto minerais da rocha (minerais primários) como minerais do solo (minerais secundários) neste horizonte. Este horizonte pode ser considerado uma transição entre a rocha (camada R) e o solo propriamente dito (horizontes A e B). É um material que não apresenta resistência forte quando escavado com uma pá, e ainda pode incluir resíduos da rocha intemperizada (alterada).

- **Camada R:** é o substrato rochoso propriamente dito, cuja escavação com a pá é muito difícil ou impossível, e que teve pouca ou nenhuma transformação para virar solo.

Deve ser ressaltado que nenhum horizonte é obrigatório no solo. Por exemplo, um solo pode ter sequência de horizontes O-A-B-C-R, enquanto outro solo pode ter simplesmente uma sequência A-R ou O-R. Na Figura 3 são apresentados alguns exemplos de sequências de horizontes em perfis de solos.

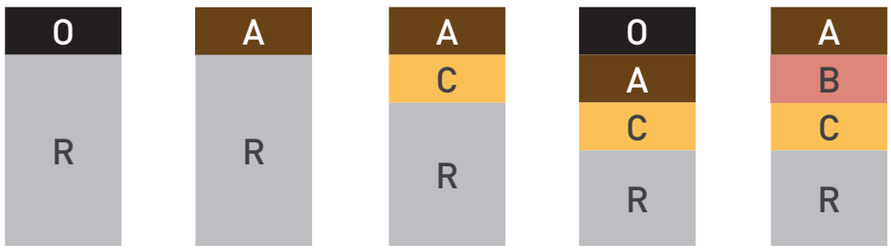
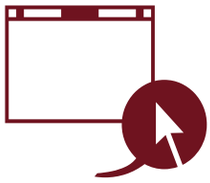


Figura 03: Exemplos de algumas sequências de horizontes em perfis de solos.

saiba mais



Consulte o capítulo 2 do livro "O Solo no Meio Ambiente" (LIMA e MELO, 2007), disponível no link: http://www.escola.agrarias.ufpr.br/index_arquivos/Page905.htm

2.2. REPRESENTAÇÕES DO PERFIL DO SOLO NOS LIVROS DIDÁTICOS

O professor deve prestar atenção para algumas representações (Figura 4), existentes nos livros didáticos, que podem levar o aluno a ter uma compreensão errônea do perfil do solo

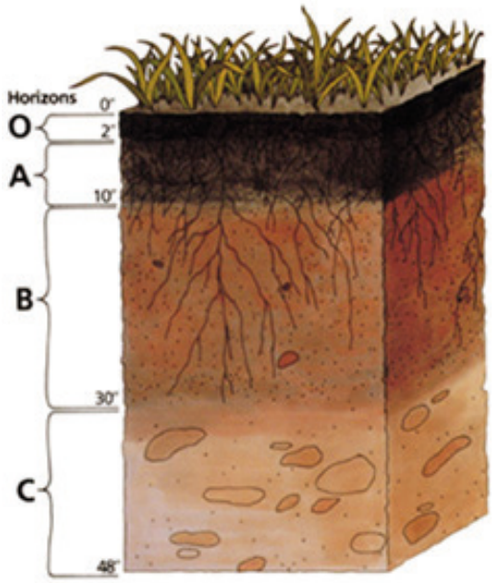


Figura 04: Representação esquemática do perfil de solo, comumente encontrada nos livros didáticos da educação básica. Fonte: http://en.wikipedia.org/wiki/Soil#mediaviewer/File:Soil_profile.png

a) Frequentemente são mostradas pedras no perfil do solo nos livros didáticos, principalmente nos horizontes B e C. Isto pode ocorrer em alguns solos, mas não é a situação mais comum nas condições brasileiras, onde é muito comum horizontes B muito espessos e sem nenhuma pedregosidade;

b) Assim como não obrigatoriedade de existir nenhum horizonte no perfil do solo, também não há nenhuma espessura, mínima ou máxima, para nenhum destes. Por exemplo, há solos que não possuem horizonte B, enquanto outros possuem alguns centímetros e outros com vários metros de espessura.

c) Usualmente os horizontes são

representados com cores e limites muito distintos entre si nos livros didáticos. Porém, na maioria das regiões tropicais e subtropicais brasileiras, as diferenças de cores entre os horizontes são discretas, frequentemente se assemelhando mais a um *dégradé* (Figura 2);

d) O horizonte A é sempre representado com cores muito escuras nos livros didáticos e, até mesmo, erroneamente indicado como sendo orgânico e muito fértil. Contudo, na maior parte do Brasil, o horizonte A é somente um pouco mais claro que o B ou C, e frequentemente tem baixa fertilidade química natural;

e) As representações de perfil de solo nos livros didáticos sempre mostram solos que tem os horizontes O, A, B e C, como se todos estes fosse obrigatórios, o que não é verdadeiro. Somente o horizonte A ou O sobre a rocha já pode caracterizar um perfil de solo;

f) Embora existam mais raízes e atividade biológica no horizonte A, estes não são aspectos exclusivos deste horizonte, podendo ocorrer em menor proporção nos horizontes B e C;

g) Por não compreender as escalas envolvidas, é comum o aluno confundir o perfil pedológico (solo) com o perfil geológico que envolve a crosta terrestre rochosa e as demais camadas do planeta;

2.3. COMO TRABALHAR O PERFIL DO SOLO COM O ALUNO

Antes de iniciar o estudo do perfil do solo, pode-se pedir para os alunos desenharem o solo em uma folha de papel. Esta atividade simples (que pode ser utilizada do ensino fundamental ao superior) permite observar as impressões que os alunos têm sobre o solo, e as eventuais confusões

de conceitos existentes. A realização da mesma atividade ao final do conteúdo permite que o aluno não somente perceba a evolução conceitual dele, mas também que o professor consiga mensurar, de modo qualitativo, a eficiência do processo educativo.

Às vezes podemos contar com um perfil de solo no próprio terreno da escola, ou em uma área bastante próxima, que seja possível ir a pé, desde que a direção da escola autorize e não represente perigo aos alunos.

Outra opção é aproveitar alguma outra aula que necessite ir de ônibus, e visitar algum perfil de solo no caminho ou, pelo menos, discutir o uso e ocupação do solo durante o próprio trajeto. O tempo dentro do ônibus também pode ser útil para mostrar o ambiente urbano, os cursos hídricos, a conservação ou a degradação do solo.

É interessante não somente ver o perfil, mas procurar limpá-lo (usando ferramentas como enxada, martelo de pedreiro, pá de jardinagem, etc.), e coletar amostras para levar para a sala de aula. A limpeza do perfil é relevante, pois ajuda a visualizar melhor os horizontes escondidos pelas plantas que crescem no barranco, ou pela poeira da rua ou estrada.

Por outro lado, ao escolher um perfil de solo para levar os alunos e coletar amostras para a aula é sempre interessante procurar perfis que estejam ainda originais, sem que tenham sido submetidos a cortes ou aterros. Mas se os solos se encontram muito antropizados (alterados pela ação humana), também se pode discutir a respeito da degradação que houve no perfil.

Mas, se nenhuma destas opções é possível, ainda nos resta a possibilidade de encontrar um perfil de solo, coletar amostras de seus horizontes, tirar uma foto do perfil e de seu local de ocorrência e mostrar tudo isso aos alunos. É muito mais fácil entender o perfil de solo quando efetivamente vemos e tocamos as amostras dos horizontes. Uma figura esquemática de perfil de solo no livro didático nunca irá conseguir representar adequadamente a realidade local.

Os alunos podem até pegar as amostras de solos, coletadas por eles ou pelo professor e até montar um "perfil", utilizando

garrafas PET ou colando amostras de solo em uma folha de cartolina, na sequência que as mesmas aparecem no perfil de solo.

3. MORFOLOGIA DO SOLO

Do ponto de vista prático, o aluno poderá observar a morfologia do solo através dos sentidos do tato e da visão. Os sentidos do olfato e audição também poderiam ser utilizados para fins da análise morfológica do solo, embora não seja usual.

glossário

Morfologia do solo significa o estudo e a descrição da sua aparência no meio ambiente natural, segundo as características visíveis a olho nu, ou perceptíveis com o tato. Os principais atributos do solo observados na descrição morfológica são: **cor, consistência, textura, estrutura e porosidade**.

saiba mais

Antes de começar a ler sobre a morfologia do solo, veja o vídeo disponível no link abaixo, que vai facilitar muito a leitura deste texto. Se desejar você também pode fazer download do mesmo.

https://vimeo.com/30960568

3.1. COR DO SOLO

Os solos podem apresentar cores variadas, tais como: preto, vermelho, amarelo, acinzentado, etc. Essa variação irá depender não só do material de origem, mas também de sua posição na paisagem, conteúdo de matéria orgânica e mineralogia, dentre outros fatores.

Quanto mais material orgânico, mais escuro é o solo (Figura 5), o que pode indicar boas condições de fertilidade e grande atividade microbiana. Porém, excessiva quantidade de matéria orgânica pode indicar condições desfavoráveis à decomposição da mesma, como temperatura muito baixa, baixa disponibilidade de nutrientes ou falta de oxigênio. Deve-se evitar o senso comum de que todo solo escuro (popularmente conhecido como "terra preta") é fértil. Muitos

solos escuros apresentam fertilidade natural muito baixa. Também deve ser evitada a ideia de que todo solo escuro é orgânico.

Fgura 05: Perfil de solo, localizado na Lapa (PR), no qual se observa a coloração escura no horizonte superficial devido à presença de matéria orgânica. Foto: Marcelo Ricardo de

As cores mais avermelhadas (Figura 6) ou amareladas dos solos estão frequentemente associadas aos diferentes tipos de óxidos de ferro existentes nos solos. Um exemplo são os solos popularmente conhecidos como "terra roxa" (na verdade seria "rosso", do italiano vermelho).

Figura 06: Solo de coloração avermelhada, situado no município de Francisco Beltrão (PR), devido à presença dos óxidos de ferro (hematita). Estes solos são popularmente conhecidos por "terra roxa". Foto: Marcelo Ricardo de Lima.

Solos com elevada quantidade de quartzo na fração mineral (como ocorre em muitos solos arenosos) são frequentemente claros.

No entanto, nos solos mal drenados (com excesso de água), um ou mais horizontes do solo podem ficar com cor acinzentada (Figura 7). Esta cor indica que o ferro foi perdido, devido às condições de redução (ausência de oxigênio).

Figura 07: Solo localizado em área de banhado em Antonina (PR), cuja cor acinzentada é devida à perda dos óxidos de ferro. Foto: Marcelo Ricardo de Lima.

EXPERIMENTE
Que tal fazer uma coleção de cores de solos com seus alunos. Veja o roteiro completo da experiência "Colorteca de Solos"no link: http://www.escola.agrarias.ufpr.br/index_arquivos/experimentoteca.htm

3.2. CONSISTÊNCIA DO SOLO

A expressão da consistência quando o solo está seco é a **dureza**, que é a resistência à ruptura dos torrões. Para determinar a dureza, se pega um torrão de solo seco, a fim de tentar quebrá-lo com os dedos, ou, se não for possível, com as mãos. Uma amostra de um solo extremamente duro não pode ser quebrada mesmo utilizando ambas as mãos. Em um solo extremamente duro, é difícil a penetração das raízes das plantas, o preparo do solo para o cultivo pelo produtor rural, a escavação de poços ou fundações de casas.

A **plasticidade** é observada quando o material do solo, no estado molhado, ao ser manipulado, pode ser modelado constituindo diferentes formas A plasticidade do solo é uma propriedade muito utilizada pelos professores de artes, mas é útil ao engenheiro civil, ao artesão (Figura 8) e ao agricultor.

Figura 08: A plasticidade é um atributo relevante ao artesão que precisa moldar o solo. Foto: Marcelo Ricardo de Lima.

A **pegajosidade** refere-se à aderência do solo às mãos ou a outros objetos, quando molhado. Este é um atributo muito importante, pois um solo muito pegajoso é difícil de ser trabalhado para diversas finalidades, como construção de um aterro por operários em uma obra, ou o cultivo por um produtor rural.

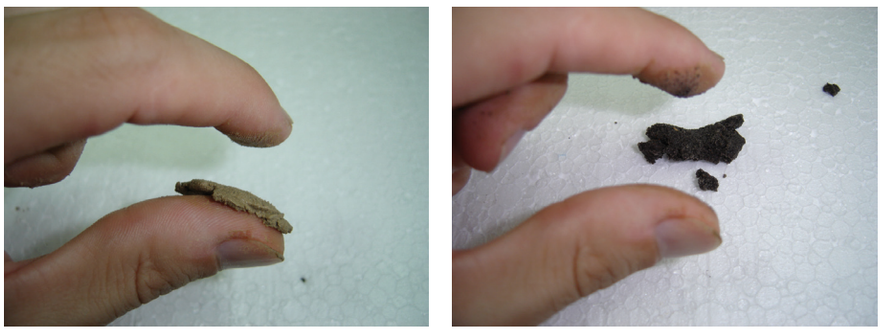


Figura 09: Observação da pegajosidade do solo molhado: ligeiramente pegajoso (esquerda) e não pegajoso (direita). Foto: Marcelo Ricardo de Lima.

3.3. TEXTURA DO SOLO

A textura do solo refere-se à proporção relativa das frações areia, silte, e argila (ver o módulo Composição do Solo) em um solo (Tabela 1). Para determinar a textura, de modo simples, deve-se sentir a sensação ao tato, ao molhar uma amostra de solo e esfregar com força entre o polegar e o indicador (Figura 10).

Figura 10: Determinação da textura do solo: sentir a sensação ao tato ao esfregar a amostra de solo molhada entre o polegar e o indicador. Foto: Marcelo Ricardo de Lima.

TABELA 1. Grupamentos texturais do solo

GRUPAMENTO TEXTURAL	SENSAÇÃO AO TATO (esfregar a amostra de solo úmida entre o polegar e o indicador)	DEFINIÇÃO*
Muito argiloso	Sensação de partículas finas (sem areia) e pegajosa.	Solos com mais de 60% de argila
Argiloso	Sensação de partículas finas (com muito pouca areia) e pegajosa.	Solos com 35 a 60% de argila
Siltoso	Sensação semelhante ao talco (sedosa e macia). É o mais macio e gostoso.	Solos com menos de 35% de argila, mais de 15% de areia, e que não sejam de textura arenosa
Médio	Sensação intermediária entre o argiloso (pegajoso) e o arenoso (áspero).	Solos com menos de 35% de argila, mais de 15% de areia, e que não sejam de textura arenosa
Arenoso	Sensação áspera, com partículas maiores, além de fazer mais barulho.	Solos com areia≥70% e sem argila; ou areia≥75% e argila<5%; ou areia≥80% e argila<10%; ou areia≥85%

* Adaptado de Embrapa (1999)

Um solo muito argiloso, por exemplo, é um solo que apresenta mais de 60% de partículas com tamanho argila (menores que 0,002 mm), mas estes solos também tem areia e silte.

É comum as pessoas associarem a argila somente à massa cerâmica utilizado em modelagem. E, muitas vezes, esta massa cerâmica, sequer é argilosa, podendo ser siltosa.

Solos de textura argilosa ou muito argilosa terão, de modo geral, propriedades como: capacidade de retenção de água elevada; propriedades químicas mais favoráveis que os solos arenosos; maior porosidade total. Os solos argilosos de regiões tropicais e subtropicais (devido a sua composição mineralógica) apresentam, em sua maioria, boa estrutura e, portanto, apresentam boa aeração e facilidade para circulação de água. Os solos arenosos, em geral, tem comportamento oposto ao dos solos argilosos.

3.4. ESTRUTURA DO SOLO

O conjunto de agregados do solo (que popularmente poderia ser chamado de "torrões do solo"), em seu estado natural, forma a **estrutura do solo**. Estes agregados possuem tamanhos e formatos variados, e nada mais são que o agrupamento das partículas primárias, ou seja, areia, silte, argila.

O professor pode fazer uma analogia entre a estrutura do solo e a estrutura de uma casa. A casa é construída com diferentes materiais (tijolos, areia, cimento, etc.) que formam uma estrutura e deixam espaços vazios (quartos, sala, cozinha, etc.). No solo, ocorre um processo semelhante, visto que as partículas do solo (areia, silte, argila) formam uma estrutura (granular, blocos, colunar, laminar) (Figura 11), que permite a existência de espaços vazios (poros do solo), nos quais se encontra a fração líquida do solo (solução do solo) e a fração gasosa do solo (ar do solo) (ver o módulo Composição do Solo). Além disso, quando há estrutura, as partículas individuais (areia, silte, argila) estão unidas, dificultando a perda do solo pela erosão (ver o módulo Conservação do Solo).

Figura 11: Alguns tipos de estrutura encontrados nos solos: granular (esquerda), blocos (centro) e colunar (direita). Fonte: Lima (2007).

3.5. POROSIDADE DO SOLO

Muitas vezes, o aluno pode imaginar que o solo é um meio maciço, como uma rocha, porém é um meio extremamente poroso. Pode ser feita uma analogia entre o solo e uma esponja utilizada na cozinha. Como tem poros, o solo pode absorver água, assim como ocorre na esponja. A porosidade pode ser definida como o volume de solo ocupado pela fase líquida e pela fase gasosa do solo.

A porosidade dos solos é importante para o armazenamento e movimento da solução do solo (fase líquida) e do ar do solo (fase gasosa) e para o desenvolvimento das raízes das plantas. Deve ser claramente indicado aos alunos que as raízes crescem ocupando o espaço poroso do solo, e não "comendo" a fração sólida (minerais e matéria orgânica).

A compactação dos solos apresenta, como efeito direto, a redução da porosidade, diminuindo a infiltração de água e penetração de oxigênio. Um exemplo típico de compactação são as ruas de terra (urbanas ou rurais), as quais apresentam elevada compactação devido o tráfego de pessoas, veículos ou animais, não permitindo a infiltração da água da chuva e favorecendo o escorrimento.

EXPERIMENTE
Você pode facilmente demonstrar para seus alunos que o solo tem poros. Veja o roteiro completo da experiência "Porosidade do Solo" no link: http://www.escola.agrarias.ufpr.br/index_arquivos/experimentoteca.htm

saiba mais

Consulte o capítulo 3 do livro "O Solo no Meio Ambiente" (LIMA, 2007), disponível no link:

http://www.escola.agrarias.ufpr.br/index_arquivos/Page905.htm

atividade

FÓRUM

Neste fórum você deve realizar uma das seguintes opções:

a) Utilizando um scanner ou máquina fotográfica copie uma imagem do perfil do solo esquemático que consta em um

livro didático do ensino fundamental utilizado em sua escola. Poste esta imagem no Fórum e comente criticamente se você considera que a mesma representa adequadamente o perfil do solo, ou se pode induzir o aluno a entender erroneamente este conceito.

b) Utilizando um scanner ou máquina fotográfica copie uma parte do texto e/ou imagens existente em um livro didático do ensino fundamental utilizado em sua escola, no qual discute sobre pelo menos um dos principais atributos morfológicos (cor, textura, estrutura, consistência e porosidade). Poste esta imagem no Fórum e comente criticamente se você considera que este texto e/ou imagem descreve adequadamente o(s) atributo(s) morfológico(s) do solo, ou se pode induzir o aluno a entender erroneamente estes conceitos.

Independente de ter escolhido a opção "a" ou "b", não se esqueça de colocar na postagem qual é a referência bibliográfica do livro didático escolhido, como, por exemplo, MORENO, P.G.; FREITAS, P.L. Conhecendo a terra: um olhar ecológico sobre o planeta. 5o ano. Rio de Janeiro: Pollux, 2009. 88 p.

Além de postar a opção "a" ou "b", você também deverá fazer pelo menos três comentários significativos sobre as fotos dos outros colegas de sua turma. Lembre que fazer um comentário significativo não é simplesmente dizer "gostei", "legal", "concordo". Fazer um comentário significativo é emitir um juízo de valor, comparar com outras situações, indicar algo que o autor(a) não percebeu, ou até mesmo discordar com uma boa argumentação.

quatro

unidade

CONHECENDO OS PRINCIPAIS SOLOS DA REGIÃO METROPOLITANA DE CURITIBA

Marcelo Ricardo de Lima[4]

1. POR QUE CLASSIFICAR OS SOLOS?

Classificar significa agrupar segundo determinados critérios. Por exemplo, os carros podem ser classificados segundo o critério "cor": pretos, cinzas, vermelhos, etc. Classificar é uma forma de organizar o conhecimento existente a respeito de alguma coisa.

É importante que os solos sejam classificados por que: a) permite conhecer quais as qualidades e limitações dos solos de um município, estado ou país; b) possibilita a troca informações técnicas entre as pessoas que usam ou estudam os solos; c) permite predizer o comportamento dos solos; d) permite identificar o uso mais adequado dos solos.

Nos livros didáticos destinados ao ensino fundamental e médio encontram-se, com frequência, expressões como solo calcário, solo humífero, etc. O que seria um solo calcário? Seria um solo derivado de uma rocha calcária ou com carbonato de cálcio em sua composição? No

4. Engenheiro Agrônomo, Doutor em Agronomia. Professor do Departamento de Solos e Engenharia Agrícola da Universidade Federal do Paraná. Rua dos Funcionários, 1540, Cabral, Curitiba, PR. E-mail: mrlima@ufpr.br

Brasil, os solos com essa constituição são pouco frequentes e restritos a regiões semiáridas. No caso do termo humífero, a única coisa que se pode deduzir é tratar-se de solo que contém húmus, também de pouco significado ou valia, já que praticamente todos os solos contêm esse componente em maior ou menor quantidade. Além de causar confusão, a utilização indiscriminada desses termos em nada contribui para o conhecimento do solo.

As denominações, tais como: solos argilosos, solos arenosos, solos rasos, solos vermelhos, solos profundos, solos de mata, solos de campo, solos de basalto, solos de granito, solos jovens, solos velhos, etc., também podem ser consideradas formas simples de classificação, em que se considera apenas um fator ou característica, como a profundidade, granulometria, cor, tipo de vegetação, material de origem, ou idade. Por se fundamentar em uma única característica ou propriedade, essa forma de agrupar solos pouco revela a respeito das suas qualidades ou limitações para qualquer tipo de uso, seja agrícola ou não. É, no entanto, uma maneira aceitável de iniciação ao estudo de solos, principalmente no ensino fundamental. Também é muito comum os solos serem conhecidos por denominações locais, utilizadas na linguagem coloquial, tais como, massapê, terra roxa, chernozém e outras, mas que não deveriam estar divulgadas em livros didáticos nacionais, devido à especificidade local.

saiba mais

Antes de começar a ler sobre a morfologia do solo, veja o vídeo disponível no link abaixo, que vai facilitar muito a leitura deste texto. Se desejar você também pode fazer download do mesmo.

http://www.escola.agrarias.ufpr.br/arquivospdf/Analiseclassificacaosolos.pdf

Contamos atualmente com o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SiBCS) (SANTOS et al., 2013), no qual os solos são agrupados em categorias segundo propriedades em comum e recebem denominações próprias e condizentes com o estágio atual do conhecimento científico. Dessa forma, desaconselha-se a utilização de termos impróprios, superados e errôneos para tratar os solos. No SiBCS, os solos são classificados com base em propriedades que resultam dos processos de gênese do solo, ou seja, do modo como foram formados.

2. ASPECTOS DA REGIÃO METROPOLITANA DE CURITIBA

A Região Metropolitana de Curitiba (RMC) abrange 29 municípios paranaenses, com 3.223.836 habitantes (Censo 2010), e concentrando 31% da população do estado. Também é a segunda maior região metropolitana do país em extensão, com 16.581,21km². Dentro da RMC, os municípios que compõem o Núcleo Urbano Central (NUC) são: Almirante Tamandaré, Araucária, Campina Grande do Sul, Campo Largo, Campo Magro, Colombo, Curitiba, Fazenda Rio Grande, Itaperuçu, Pinhais, Piraquara, Quatro Barras, Rio Branco do Sul e São José dos Pinhais. E os municípios que compõem o Vale da Ribeira são: Adrianópolis, Bocaiúva do Sul, Cerro Azul, Doutor Ulysses, Itaperuçu, Rio Branco do Sul e Tunas do Paraná. Além desses, também compõem a RMC os municípios de Agudos do Sul, Balsa Nova, Campo do Tenente, Contenda, Lapa, Mandirituba, Piên, Quitandinha, Rio Negro, e Tijucas do Sul, localizados na porção sul.

A concentração populacional, principalmente no NUC da RMC faz com que, expressiva parte dos solos desta região paranaense, seja fortemente alterada pela ação antrópica das atividades humanas.

A RMC abrange áreas com grande diversidade de ambientes, desde a região do Vale do Ribeiro, encostas da Serra do Mar e da Serra do Purunã, e áreas no primeiro e segundo planaltos paranaenses.

3. OS PRINCIPAIS SOLOS QUE OCORREM NA REGIÃO METROPOLITANA DE CURITIBA

O sistema de identificação, classificação e mapeamento dos solos do Brasil iniciou-se na década de cinquenta, culminando com o atual Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SANTOS et al., 2013). Este sistema é dividido em 13 ordens, sendo que algumas não são comuns na Região Metropolitana de Curitiba (RMC). As ordens de solos de maior ocorrência na RMC são apresentadas na Tabela 1. Existem nesta região outros solos não relacionados nesta Tabela, mas que apresentam menor representatividade, como os Nitossolos e Chernossolos.

TABELA 1. Principais classes de solos encontradas na região metropolitana de Curitiba, com base em Bhering e Santos (2008).

CLASSE (ORDEM)	TERMOS DE CONOTAÇÃO OU MEMORIZAÇÃO	ORIGEM DO NOME*
Neossolos	Solos jovens em início de formação (sem horizonte B).	Nome derivado do grego *neo* (novo).
Cambissolos	Solos que possuem horizonte B em estágio inicial de formação.	Nome derivado do latim *cambiare* (trocar, mudar), indicando que este solo já é mais desenvolvido que o Neossolo.
Latossolos	Solos velhos (muito alterados em relação à rocha de origem), profundos, com grande desenvolvimento do horizonte B.	O nome deriva do latim *lat* (material muito alterado).
Argissolos	Solos com acumulação de argila no horizonte B.	O nome deriva do latim *argilla* (argila).
Gleissolos	Solos com cores acinzentadas.	Nome derivado do russo *gley* (massa de solo pastosa).
Organossolos	Solos com altos teores de matéria orgânica.	Nome derivado do latim *organicus* que é pertinente a compostos de carbono.

* Adaptado de Santos *et al.* (2013).

3.1. NEOSSOLOS

a) Conceito: são solos rasos em estádio inicial de evolução, apresentando mais comumente apenas horizonte A sobre o horizonte C ou sobre a rocha de origem (camada R) (Figura

1). Estes solos são tão jovens que não tem horizonte B.

b) Ocorrência: são predominantes nas áreas mais declivosas da RMC, principalmente nos municípios do Vale do Ribeira, e nas encostas da Serra do Mar e da Serra do Purunã.

c) Significado agrícola: como principais obstáculos ao uso, podem ser citados o relevo muito declivoso, pouca espessura e eventual presença de pedras. Na RMC estes solos, em geral, são de baixa fertilidade química natural. Por este motivo deveriam ser preferencialmente utilizados para preservação da flora e fauna, embora seja comum seu uso na RMC com pastagens ou reflorestamentos.

d) Significado ambiental e urbano: considerando as características já relatadas, constituem áreas extremamente frágeis. Deveriam ser evitados para ocupação urbana para não intensificar os processos erosivos. Em alguns casos apresentam casos apresentam ocorrência de rochosidade (com presença de enormes matacões) que podem causar grandes danos materiais em caso de deslizamentos em áreas urbanizadas.

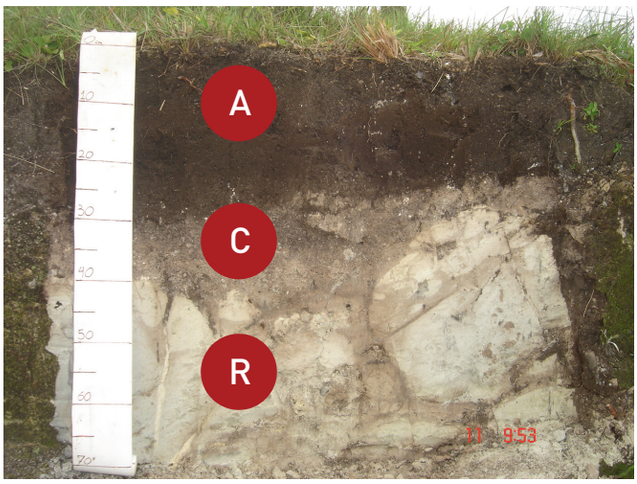


Figura 01: Perfil de Neossolo localizado no município de Piraquara (PR). Foto: Marcelo Ricardo de Lima.

3.2. CAMBISSOLOS

a) Conceito: são solos geralmente pouco espessos e que apresentam horizonte B ainda em estágio inicial de formação (normalmente pouco espesso) (Figura 2). Na Região Metropolitana de Curitiba (RMC) a fertilidade química natural destes solos é geralmente baixa. São solos mais evoluídos que os Neossolos, pois já possuem horizonte B.

b) Ocorrência: é a classe de solo predominante na RMC, ocorrendo em praticamente todos os municípios.

c) Significado agrícola: são solos geralmente pouco profundos, o que pode restringir o desenvolvimento das raízes de espécies arbóreas. A maioria dos Cambissolos na RMC apresentam baixa fertilidade química natural, o que demanda o uso de grandes quantidades de corretivos e fertilizantes pelos agricultores. O relevo é geralmente ondulado, o que também é um aspecto favorável à erosão. Contudo na região da Lapa e Campo do Tenente, por exemplo, é comum a ocorrência de Cambissolos em relevo menos declivoso (Figura 3).

d) Significado ambiental e urbano: Os Cambissolos pouco profundos, e que ocorrem em relevos inclinados, são muito susceptíveis à erosão, o que facilita o assoreamento dos rios. Essa situação é agravada quando, juntamente com o solo, são levados adubos e agrotóxicos, que poderão contaminar rios e lagos. Nas áreas mais declivosas, estes solos deveriam ser destinados à preservação da fauna e flora, mas frequentemente são utilizados com pastagem ou reflorestamento (Figura 4). Ocupações urbanas neste tipo de solo representam problemas sanitários e de deslizamento, em decorrência do relevo e/ou reduzida profundidade do solo.

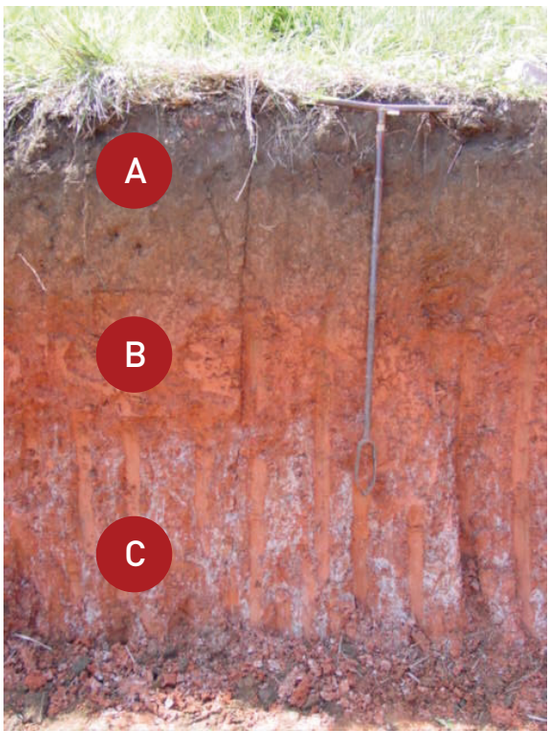


Figura 02: Perfil de Cambissolo localizado no município de Pinhais (PR). Foto: Marcelo Ricardo de Lima.de Lima.

Figura 03: Área de ocorrência de Cambissolos, localizada no município de Lapa (PR), onde se observa a ocorrência deste solo em relevo menos declivoso. Foto: Marcelo Ricardo de Lima.

Figura 04: Área de ocorrência de Neossolos e Cambissolos, localizada no município de Rio Branco do Sul (PR), onde se observa a ocorrência destes solos em relevo mais declivoso utilizado com reflorestamentos de Pinus sp. Foto: Marcelo Ricardo de Lima.

3.3. LATOSSOLOS

a) Conceito: são solos profundos (1 a 2 m) ou muito profundos (mais de 2 m) (Figura 5), bastante intemperizados (velhos e alterados em relação à rocha) e geralmente de baixa fertilidade. Ocupam, normalmente, relevos mais planos (Figura 6). De maneira geral, são muito porosos, permeáveis, com boa drenagem (não tem problemas de excesso de água).

b) Ocorrência: é a uma classe de solo muito encontrada nas áreas mais planas e altas da Região Metropolitana de Curitiba, principalmente na porção central e sul. Nas áreas mais declivosas da RMC, especialmente no Vale do Ribeira, é rara a ocorrência dessa classe de solo.

c) Significado agrícola: suas características, tais como boa profundidade, relevo quase plano, ausência de pedras, grande porosidade, boa drenagem e permeabilidade fazem com que sejam os mais utilizados na produção rural. Embora geralmente sejam de baixa fertilidade, as práticas de adubação e correção do solo, realizadas pelos produtores rurais, os tornam mais produtivos.

d) Significado ambiental e urbano: o relevo plano e as características físicas adequadas já destacadas anteriormente determinam que os Latossolos apresentem alta estabilidade, baixo risco de erosão e grande capacidade para suportar estradas, construções, além de ser local favorável para instalação de áreas industriais e aterros sanitários. Por este motivo muitas áreas de Latossolos, previamente existentes nas proximidades de São José dos Pinhais, Campo Largo, Fazenda Rio Grande, Mandirituba, Pinhais, etc., foram e estão sendo incorporadas à malha urbana e/ou áreas industriais destes municípios.

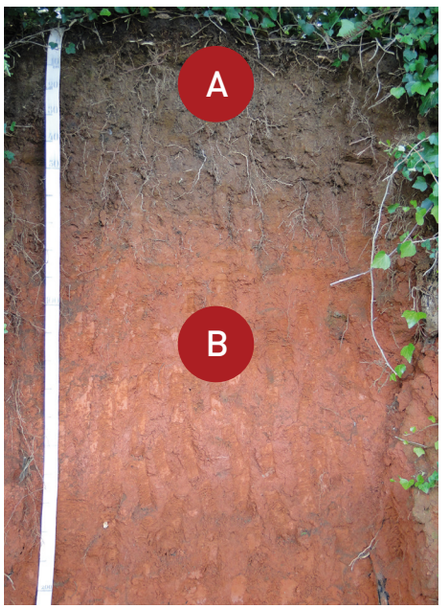


Figura 05: Perfil de Latossolo localizado no município de Araucária (PR). Foto: Itamar Antonio Bognola.

Figura 06: Paisagem de ocorrência de Latossolos, localizada no município de Araucária (PR) na localidade de Guajuvira de Cima, às margens da rodovia BR 476. Foto: Itamar Antonio Bognola.

3.4. ARGISSOLOS

a) Conceito: apresentam acúmulo de argila no horizonte B, ou seja, o horizonte mais superficial do solo (horizonte A) possui mais areia que o horizonte subsuperficial (horizonte B) (Figura 7).

b) Ocorrência: Normalmente ocupam relevos moderadamente declivosos.

c) Significado agrícola: normalmente apresentam reduzida capacidade de reter nutrientes para as plantas, e maior risco de erosão, devido ao menor teor de argila no horizonte A.

d) Significado ambiental: são solos bastante susceptíveis à erosão (Figura 8), principalmente em relevos mais declivosos.

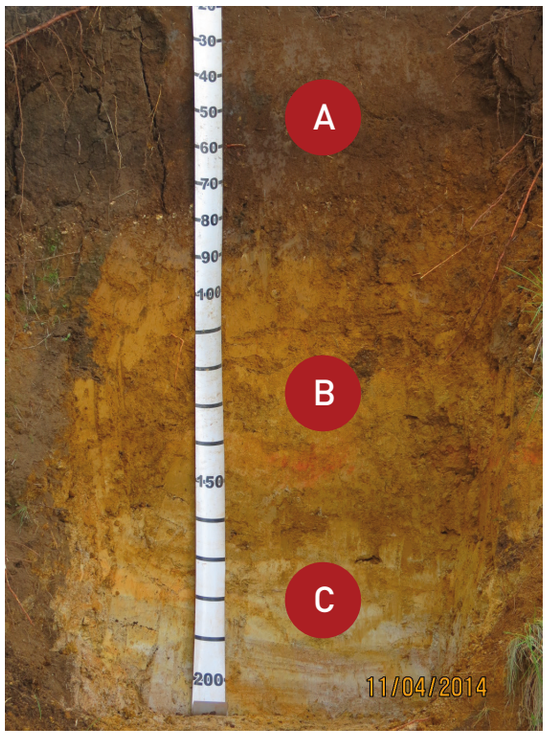


Figura 07: Perfil de Argissolo localizado no município de Pinhais (PR). Foto: Cristhian Hernandez Gamboa.

Figura 08: Ocorrência de erosão em solo com horizonte A mais arenoso e acúmulo de argila no horizonte B, em Piraquara (PR). Foto: Marcelo Ricardo de Lima.

3.5. GLEISSOLOS

a) Conceito: são solos que apresentam horizonte de subsuperfície (B ou C) de cor acinzentada, denominado horizonte glei (Figura 9).

b) Ocorrência: são predominantes em regiões planas e abaciadas (várzeas e banhados dos rios) (Figura 10), nas quais há excesso de água.

c) Significado agrícola: uma vez drenados (retirada do excesso de água por meio de valetas ou canais), podem ser utilizados com agricultura. Geralmente são solos de baixa fertilidade, o que implica na obrigatoriedade de emprego de adubos e corretivos.

d) Significado ambiental e urbano: se localizam próximos aos rios e lagos e em razão disso geralmente apresentam-se saturados por água, o que facilita a contaminação da água subterrânea com produtos químicos e adubos utilizados na agricultura. Devido a essa fragilidade ambiental, as leis ambientais vigentes passaram a proteger grande parte desses solos, transformando-os em áreas de preservação ambiental.

A ocupação urbana destes solos é desaconselhada, por apresentarem excesso de água e serem sujeitos à inundação. Contudo é muito comum a ocorrência de loteamentos (regulares ou não) nestas áreas na Região Metropolitana de Curitiba. Estas áreas apresentam riscos de inundação.

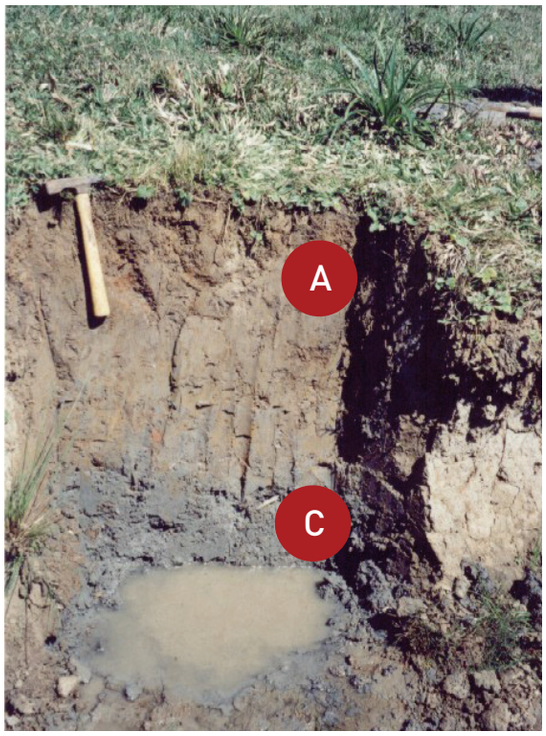


Figura 09: Perfil de Gleissolo (com destaque para o horizonte C de cor acinzentada na base do perfil) localizado em área de várzea no município de Colombo (PR). Foto: Marcelo Ricardo de Lima.

Figura 10: Paisagem de ocorrência de Gleissolo, em área de várzea próxima ao rio Canguiri, no município de Colombo (PR), atualmente ocupada com pastagem. Foto: Marcelo Ricardo de Lima.

3.6. ORGANOSSOLOS

a) Conceito: apresentam elevados conteúdos de material orgânico e cor muito escura na superfície do solo (Figura 11). A grande quantidade de matéria orgânica é favorecida pelo acúmulo de restos vegetais em ambientes saturados por água (banhados). Em razão da falta de oxigênio, a decomposição é lenta e a matéria orgânica se acumula ao longo dos anos.

b) Ocorrência: são predominantes em situação que permite saturação por água, tais como, várzeas e banhados que são permanentemente alagados. Nas várzeas do alto rio Iguaçu boa parte destes solos já foi destruída pela exploração de areia ou construção de represas para abastecimento de água. Na região de Tijucas do Sul também há ocorrência destes solos na RMC.

c) Significado agrícola: São solos de baixa fertilidade natural e muito ácidos. Como são solos de banhados, para uma possível utilização agrícola há a necessidade de abertura de drenos ("valetas") para a saída do excesso de água (drenagem). Na região de Tijucas do Sul a maior parte destes solos foram drenados, e corrigida a baixa fertilidade química, para poderem ser incorporados à agricultura ou pastoreio. Contudo a atual legislação ambiental restringe o uso destes solos.

d) Significado ambiental e urbano: Quando estes solos são drenados, o maior arejamento acelera a decomposição da matéria orgânica. Esse solo tem grande importância no meio ambiente por abrigarem fauna e flora específicas e funcionarem como verdadeiras esponjas na retenção de água proveniente das chuvas, ajudando na manutenção dos rios e na recarga dos aquíferos. A proximidade com os cursos de água (rios, córregos, nascentes), e a elevada saturação por água, tornam essas áreas facilmente contamináveis por agrotóxicos, adubos e outros produtos químicos, assim como por qualquer tipo de lixo doméstico ou industrial. Deveriam ser preservados, não sendo recomendável sua utilização, seja para atividades agrícolas ou para construção de moradias. Do ponto de vista da construção civil não são solos adequados, pois não são estáveis. Contudo, é observado que ocupação destes solos por áreas urbanas na RMC, e se constituem em áreas de elevado risco ambiental, inclusive de enchentes.

Figura 11: Perfil de Organossolo (horizonte orgânico superficial bastante escuro) localizado no município de Pinhais (PR). Foto: Marcelo Ricardo de Lima.

4. SUGESTÕES PARA O PROFESSOR ABORDAR ESTE TEMA

Conforme discutido no capítulo inicial deste módulo, os termos utilizados para "classificar" solos, existentes nos livros didáticos de ensino fundamental ou médio, apresentam terminologias que levam à simplificações inadequadas ou até mesmo incorretas.

A divulgação da terminologia de classificação de solos utilizada no Brasil contribui para minimizar este equívoco, permitindo que os alunos possam visualizar, com maior clareza, os solos que ocorrem em sua região, tendo em vista a existência de mapas de solos do estado.

Sugere-se ao professor que consulte, juntamente com seus alunos, o mapa simplificado de solos do estado do Paraná e procure identificar quais solos são predominantes na região. Procurem na Internet ou outras fontes, mais informações sobre este(s) solo(s) e fotos do(s) mesmo(s).

Contudo, deve ser ressalvado que nem sempre a escola, ou seu entorno, está inserida no contexto do solo mais comum de sua região. Um mapa de solos apenas delimita locais nos quais a ocorrência de determinado solo é mais comum, mas outros solos podem ocorrer nesta área.

MAPA
Consulte o mapa simplificado de solos do estado do Paraná no link: http://www.escola.agrarias.ufpr.br/arquivospdf/mapa_solos_pr.pdf

saiba mais

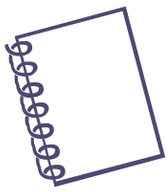
Consulte o capítulo 7 do livro "**O Solo no Meio Ambiente"** (LIMA *et al.*, 2007) que está disponível no link:

http://www.escola.agrarias.ufpr.br/index_arquivos/Page905.htm

Veja a cartilha **"Conhecendo os Principais Solos do Paraná"** (LIMA *et al.*, 2012) que está disponível no link:

http://www.escola.agrarias.ufpr.br/arquivospdf/cartilha_solos_pr.pdf

atividade



FÓRUM

Utilizando um scanner ou máquina fotográfica copie textos/imagens que constam em um livro didático do ensino fundamental utilizado em sua escola, no qual se discuta a CLASSIFICAÇÃO DO SOLO. Poste esta imagem no Fórum e comente criticamente se você considera que a mesma representa adequadamente este tema, ou se pode induzir o aluno a entendê-lo erroneamente. Para ajudar a discussão leia o texto disponível em: http://www.escola.agrarias.ufpr.br/arquivospdf/Analiseclassificacaosolos.pdf

Não se esqueça de colocar na postagem qual é a referência bibliográfica do livro didático escolhido, como, por exemplo, MORENO, P.G.; FREITAS, P.L. **Conhecendo a terra:** um olhar ecológico sobre o planeta. 5o ano. Rio de Janeiro: Pollux, 2009. 88 p.

Além de fazer a sua postagem, você também deverá fazer pelo menos três comentários significativos sobre as fotos dos outros colegas de sua turma. Lembre que fazer um comentário significativo não é simplesmente dizer "gostei", "legal", "concordo". Fazer um comentário significativo é emitir um juízo de valor, comparar com outras situações, indicar algo que o autor(a) não percebeu, ou até mesmo discordar com uma boa argumentação.

cinco

unidade

FERTILIDADE DO SOLO E CICLO DOS NUTRIENTES

Antônio Carlos Vargas Motta[5]
Milena Barcellos[6]

1. INTRODUÇÃO

A **fertilidade do solo** estuda a capacidade do solo em suprir os nutrientes necessários ao desenvolvimento das plantas. Na natureza, os nutrientes fazem parte de ciclos, ou seja, são reutilizados na cadeia alimentar dos seres vivos. O solo fornece os nutrientes para as plantas que são utilizadas como alimento pelos animais e seres humanos. Assim, o nutriente que estava no solo, passa a fazer parte do crescimento e desenvolvimento de todos os seres vivos. Por exemplo, o cálcio que está no solo é absorvido pelos vegetais, onde vai fazer parte das células da folha, caule, etc. Quando nos alimentamos de uma saborosa salada, estamos reutilizando o cálcio que a planta absorveu do solo. Em nosso organismo, este cálcio vai fazer parte de diversos metabolismos, como

5. Engenheiro Agrônomo, Ph.D., Professor do Departamento de Solos e Engenharia Agrícola da UFPR. Rua dos Funcionários, 1540, CEP 80035-050, Curitiba (PR), mottaacv@ufpr.br

6. Engenheira Agrônoma, Mestre em Ciências do Solo pela UFPR. Professora do Curso Técnico em Agropecuária na Secretaria Estadual de Educação do Paraná.

por exemplo, a formação dos ossos.

Na produção rural, os agricultores podem modificar os teores de nutrientes do solo para aumentar a produtividade das culturas. Para isso, eles utilizam calcários, adubos químicos e orgânicos. Assim, os vegetais podem se desenvolver adequadamente, sem que no solo exista "falta" ou deficiência dos nutrientes. Neste caso, algumas pessoas dizem que o solo está "fértil". Mas, o que vem a ser um solo fértil?

SOLO FÉRTIL

O solo fértil sempre apresenta algumas características, como:

a) Grande reserva de nutrientes que garanta o adequado crescimento das plantas durante um longo período de tempo (vários anos, por exemplo);

b) Não possuir elementos tóxicos para as plantas em quantidades que diminuam o crescimento das plantas. Um exemplo de elemento tóxico é o alumínio, que quando existe no solo em altas quantidades, prejudica o desenvolvimento das raízes das plantas.

c) Ter quantidade equilibrada entre nutrientes de modo a evitar desbalanço nutricional nas plantas.

2. NUTRIENTES ESSENCIAIS PARA AS PLANTAS

Dos elementos químicos que a planta absorve, **17 são essenciais**, isto é, a falta de um ou mais destes elementos interfere no desenvolvimento da planta, que não cresce saudável e não se multiplica.

NUTRIENTES ESSENCIAIS PARA AS PLANTAS

São eles: carbono (C), oxigênio (O), hidrogênio (H), nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), enxofre (S), boro (B), cloro (Cl), cobre (Cu), ferro (Fe), manganês (Mn), molibdênio (Mo), níquel (Ni) e zinco (Zn).

Existe ainda o sódio (Na), mas ele é considerado essencial apenas para algumas plantas adaptadas a ambientes salinos, onde existe muito sal (NaCl), como por exemplo, próximo ao mar em áreas de manguezais. Assim como Na, outros elementos tais como selênio (Se), silício (Si) e cobalto (Co) podem melhor crescimento das plantas em algumas situações de solo.

Os nutrientes mais abundantes nas plantas são **N, P, K, Ca, Mg e S** e, por isso, são frequentemente aplicados na agricultura como adubos e calcários. Essas informações são muito específicas para serem transmitidas aos estudantes do ensino fundamental, mas devemos chamar a atenção para fatos do cotidiano que relacionam os nutrientes do solo e a saúde de animais e seres humanos. Como exemplo, temos o N como elemento constituinte de todas as proteínas e aminoácidos encontrados nos alimentos (carne, soja, feijão, etc.), o Ca na formação dos ossos (dentes), Fe no controle da anemia, e P na formação dos ossos, etc.

O carbono (C), oxigênio (O) e hidrogênio (H) são fornecidos às plantas através do ar [gás carbônico (CO_2) e oxigênio (O_2)] e da água (H_2O). Dessa forma, o ser humano praticamente não tem controle sobre o fornecimento de C, H e O. Mas isso não significa que esses três nutrientes não são importantes, pois eles formam aproximadamente 94 % de toda a matéria vegetal. Apenas o restante (6%) é formado pelos demais elementos minerais (Figura 1).

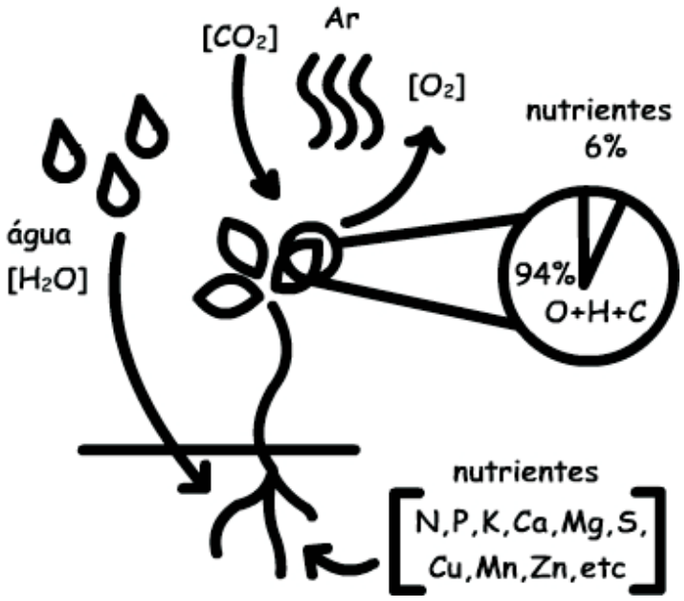


Figura 01: Principais constituintes da planta e fontes dos elementos absorvidos. Fonte: Motta e Barcelos (2007).

3. CICLO DO CARBONO

Sabemos que a atmosfera terrestre é formada por diversos gases. Os dois mais conhecidos por nós são o gás carbônico (CO_2) e o oxigênio (O_2), que fazem parte de importantes processos como a fotossíntese dos vegetais e a respiração dos seres vivos.

Atualmente, existe uma grande preocupação com o chamado "efeito estufa". Esse efeito está relacionado com o aumento dos níveis de CO_2 na atmosfera do planeta. Qualquer atividade que emita (libere) CO_2 para a atmosfera pode estar contribuindo para o efeito estufa. No mundo a principal responsável por essa emissão é a queima de combustíveis fósseis que libera grandes quantidades de CO_2, aumentando em muito os seus teores na atmosfera. No Brasil, a maior responsável por esses aumentos são as queimadas de pastagens e florestas.

Quando a luz chega a uma superfície, parte dela é absorvida e parte é refletida. Os raios solares que chegam ao nosso planeta são absorvidos para o aquecimento da terra, para a fotossíntese dos vegetais, e também para a regulação do ciclo das águas, através da evaporação.

Entretanto, uma parte desses raios é refletida pela terra,

e devem voltar para o "espaço". Quando os níveis de CO_2 de nossa atmosfera estão muito elevados, esses raios que deveriam voltar para o espaço, "batem" nas moléculas de CO_2, e novamente são refletidos para a terra. O que acontece é um efeito acumulativo, porque o Sol não para de emitir raios solares que são incididos constantemente à Terra. E os raios que deveriam sair da atmosfera terrestre, não conseguem, e são novamente refletidos (Figura 2). As consequências ambientais são sentidas principalmente sobre o clima, pois o efeito estufa ocasiona o aquecimento do planeta.

Contudo, o CO_2 atmosférico não causa apenas efeitos prejudiciais, pois sua presença é necessária para que as plantas realizem a fotossíntese (Figura 3). Então, será que os vegetais podem ajudar o ser humano a diminuir o teor de CO_2 na atmosfera? Sim, e atualmente chamamos esse processo de **"sequestro de carbono"**, isso porque o carbono (C), além de fazer parte da molécula de CO_2, representa a maior parte do tecido vegetal. As florestas, pastagens e cultivos podem retirar o C do ar, através da absorção de CO_2 no processo de fotossíntese, possivelmente diminuindo assim o efeito estufa.

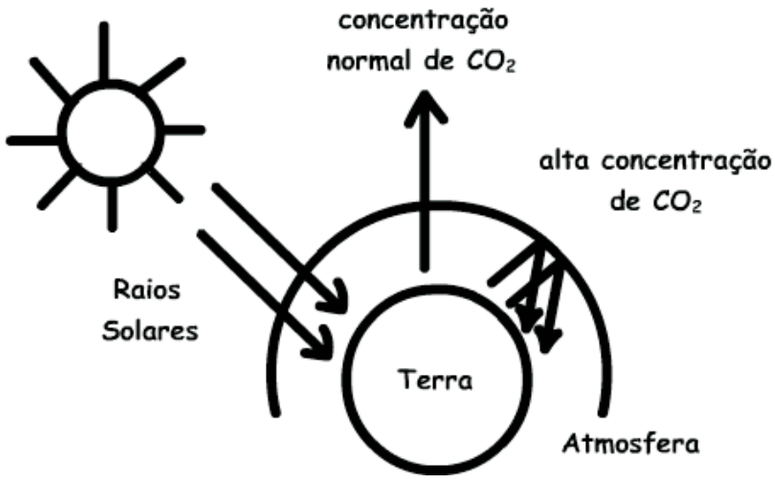


Figura 02: Representação esquemática do efeito estufa. Fonte: Motta e Barcellos (2007).

Neste caso, o efeito nocivo da queima de combustíveis e das queimadas de pastagens e florestas pode ser revertido quando a mesma quantidade de CO_2 liberado na atmosfera for fixada através das plantas.

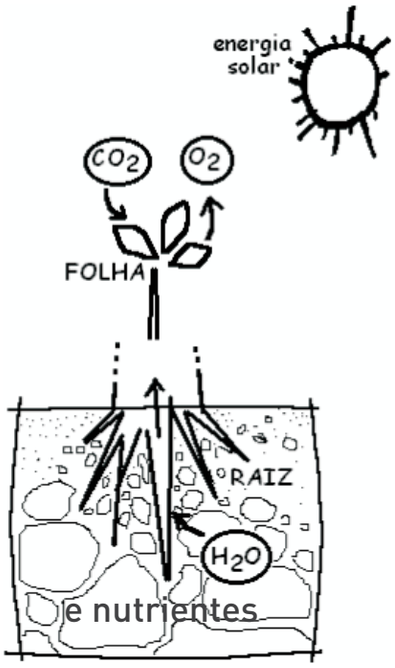


Figura 03: Representação esquemática do processo da fotossíntese. Fonte: Motta e Barcelos (2007).

Todo esse processo pode ser estudado do ponto de vista de energia, através de um ciclo. As plantas e outros organismos vivos que fazem a fotossíntese (Figura 3) absorvem a energia do sol. Essa energia transforma a água absorvida do solo pelas raízes, e o CO_2 absorvido da atmosfera pelas folhas, em carboidratos, proteínas, óleos e muitos outros compostos, que serão armazenados no tecido vegetal. Então quando nos alimentamos dos vegetais, estamos consumindo diretamente a energia que estes armazenaram. Ou, quando nos alimentamos de outros seres vivos que consumiram os vegetais, estamos consumindo indiretamente a energia armazenada na fotossíntese.

Essa energia, primeiramente é utilizada no metabolismo de vegetais e organismos autótrofos (que produzem seu próprio alimento através da fotossíntese). Posteriormente, se torna fonte de energia para os demais organismos da terra que se alimentam desses seres vivos.

Outra forma do ser humano utilizar a energia acumulada pelas plantas é através da queima de lenha e carvão vegetal, para assar um churrasco ou pão, por exemplo. Essa energia acumulada é chamada de biomassa, e por se tratar de uma queima, também libera CO_2 para a atmosfera. Ou seja, qualquer queima representa o processo inverso do sequestro de C.

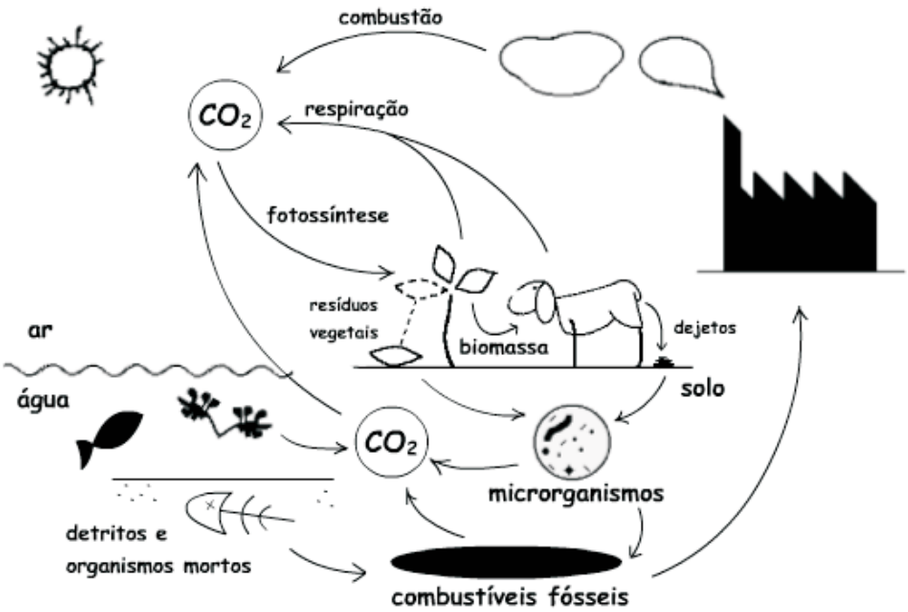


Figura 04: Representação esquemática do ciclo do carbono. Fonte: Motta e Barcelos (2007).

O professor deve estar ciente da importância de informar aos alunos que somos parte da cadeia do carbono (Figura 4), e que estamos sempre intervindo no ciclo do mesmo. Conhecendo esse ciclo, o aluno terá condições de entender os problemas de poluição (efeito estufa), a importância ambiental das florestas e de sua preservação, o sol como fonte primária de energia ao planeta, e a planta como transformador de luz e minerais em alimento para todos os seres vivos (fotossíntese). A decomposição possibilita a reutilização dos nutrientes, e no caso específico do CO_2, significa a renovação do ciclo do carbono através da sua reutilização no processo de fotossíntese.

4. NUTRIENTES NO SOLO

Vamos recordar um pouco das aulas de química? Você deve estar lembrado que quando adicionamos sal de cozinha (NaCl) na água, o sódio (Na) e o cloro (Cl) se separam no íons Na^+ e Cl^-, isto é, se dissociam em elementos com carga positiva (Na+) chamados de "cátions", e elementos com carga negativa (Cl^-), chamados de "ânions".

Também é interessante lembrar-se da famosa frase "cargas opostas se atraem", como no exemplo do sal de cozinha, onde o Na^+ (positivo) e o Cl^- (negativo) se ligam para formar a molécula do sal (NaCl).

Outro exemplo é dos experimentos com eletricidade nas aulas de química, onde um fio ligado a um polo positivo e outro em um polo negativo de uma bateria, quando colocados em água contendo Na^+ e Cl^-, o polo positivo atrai o Cl^-, e o negativo, o Na^+, ou seja, novamente, cargas opostas se atraem.

Reação similar ocorre com a maioria dos adubos adicionados no solo. O solo contém água que é chamada de "solução do solo". Quando um adubo entra em contato com a solução do solo (água), se dissolve formando cátions (íons com cargas positivas) e ânions (íons com cargas negativas). Uma parte desses cátions e ânions do adubo fica na solução do solo, da mesma forma que o sal de cozinha fica dissolvido num copo com água.

Conforme visto no módulo "Composição do Solo", as partículas minerais e orgânicas do solo apresentam cargas negativas e positivas, que retém em sua superfície os nutrientes que foram adicionados no solo, com o adubo.

Mas esses nutrientes não ficam retidos para sempre. Normalmente as plantas absorvem os nutrientes que estão dissolvidos na solução do solo, de forma que, com o passar do tempo, os nutrientes da solução vão se acabando. Então os nutrientes retidos pelos minerais e matéria orgânica vão sendo liberados aos poucos para a solução do solo, tornando-se disponíveis para as plantas (Figura 5).

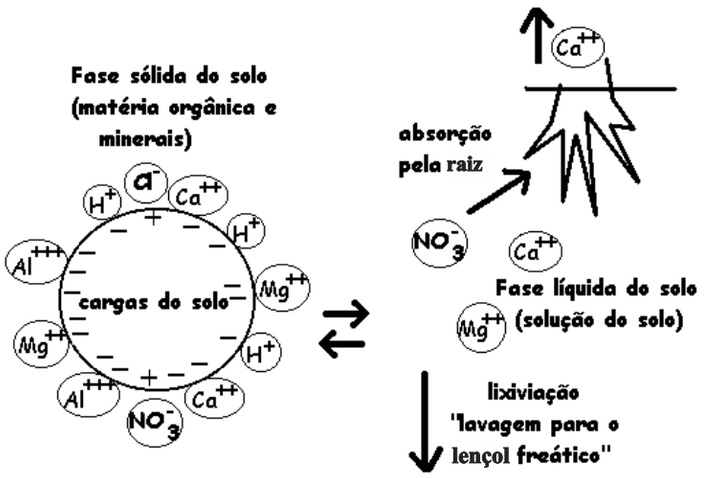


Figura 05: Representação esquemática dos movimentos dos nutrientes no solo e sua absorção pelas raízes. Fonte: Motta e Barcelos (2007).

A quantidade de cargas varia de solo para solo. Solos que possuem alta quantidade de cargas retêm maior quantidade de nutrientes, que servirão de reserva para as plantas. Dessa forma, quanto mais cargas o solo possui, maior será a sua capacidade de reter os nutrientes aplicados como fertilizantes. Além disso, quanto mais o solo reter, menores serão as perdas de nutrientes através da lixiviação, que é a lavagem (perda) dos nutrientes do solo através da água, que infiltra até alcançar o lenço freático (Figura 5).

5. ACIDIFICAÇÃO E PERDA DE NUTRIENTES DO SOLO

Quando falamos sobre acidez devemos lembrar de pH. A acidez é representada pela concentração de íons hidrogênio (H^+) existente em uma solução, ou seja, seu pH. Quando um solo é ácido, significa que seu pH é menor que 7, e quando é alcalino, seu pH é maior que 7. Solos muito ácidos podem conter poucos nutrientes e grande quantidade de elementos tóxicos às plantas, sendo o alumínio (Al^{+3}) o mais frequente, prejudicando o crescimento das plantas.

Uma forma de adicionar íons H^+ no solo é através da água da chuva. Lembre-se que a molécula de água (H_2O) contém 2 H^+. No item 4 deste módulo, falamos sobre as cargas do solo, e também sobre a lixiviação (perda) dos nutrientes. Quando a água (H_2O) da chuva infiltra, está havendo adição de íons H+ no solo, uma vez que o pH da água da chuva normalmente é inferior a 7,0. Esses íons H^+ podem "retirar" os nutrientes que estão retidos nas cargas do solo (existentes nos minerais e matéria orgânica), "trocando" de lugar com eles. Assim, os nutrientes são deslocados para a solução do solo. Quando os nutrientes da solução do solo não são absorvidos pelas plantas, e como eles não estão retidos por nenhuma carga (estão "livres"), eles podem ser perdidos através da lixiviação ("lavagem").

A lixiviação é simplesmente a perda dos nutrientes junto com água que infiltra no solo. Até onde essa água vai? Até os lençóis freáticos, que irão formar lagos e rios, que chegarão até o oceano. Então, os nutrientes perdidos são levados pela água da chuva, podendo se acumular em mares e lagos.

Uma prova de que os nutrientes são lavados é a composição química da água mineral, que contém os nutrientes lavados do solo. Cada água mineral tem composição variada dependendo

do solo da região. Deve-se também considerar que a água que passa pelo solo entra em contato com as rochas e sedimentos do subsolo e estes podem contribuem com disponibilização de elementos químicos para água. Logo, a composição da água mineral sofre influencia do solo e subsolo.

A maioria das plantas cultivadas cresce melhor em solos levemente ácidos, com pH entre 5,5 a 6,5. Quando o solo é ácido, com pH inferior a 5,5, a produtividade das culturas cai acentuadamente.

Para corrigir a acidez excessiva, aplicamos corretivos como o calcário. Assim, conseguimos atingir o pH ideal para o crescimento das plantas (Figura 6) e também eliminamos o alumínio para não causar toxidez às mesmas.

Nas áreas urbanas, os restos de construção, que possuem resíduos de cimento e cal, também podem contribuir para reduzir a acidez do solo. Assim, pode-se encontrar solos cuja fertilidade química foi melhorada na área urbana, embora as condições físicas estejam piores devido à compactação de máquinas e operários da construção civil.

Figura 06: Efeito da correção da acidez através da aplicação de um corretivo (calcário) sobre o crescimento do milho. Fonte: Motta e Barcelos (2007).

A Tabela 1 mostra alguns dados de uma análise química de um solo muito "lavado" e acidificado (solo velho) e de um solo menos "lavado" (solo jovem), vindo de uma mesma rocha (basalto). Podemos observar que o Ca^{++}, Mg^{++} e o K^{+} são bem menores no solo velho (muito intemperizado) do que no solo jovem (pouco intemperizado). Ao contrário, o pH e os teores de Al^{+3} são maiores no solo velho (muito intemperizado), do que no solo jovem (pouco intemperizado). **Isso ocorre**

justamente porque o solo velho passou durante um tempo maior pelo processo de intemperismo, ou seja, pelo seu "envelhecimento". Isso significa que existe um tempo maior de acidificação e perda de nutrientes. No solo jovem, como esse tempo de envelhecimento (intemperismo) é menor, ainda existem nutrientes, e sua acidificação é menor.

TABELA 1. Fertilidade de dois solos do sudeste do Paraná em função do intemperismo

AMOSTRA	PARÂMENTROS QUÍMICOS DO SOLO					
	pH	Al^{+3}	H^{+}	Ca^{++}	Mg^{++}	K^{+}
		cmol$_c$/kg				
Solo pouco intemperizado ("jovem")	7,1	0,0	1,2	22,1	5,5	1,00
Solo muito intemperizado ("antigo")	4,3	5,3	16,6	1,2	0,2	0,03

Fonte: Lima et al. (1984)

E o que ocorre com Ca^{++} e Mg^{++}? Estes elementos formam compostos que são pouco solúveis em água e, quando chegam aos oceanos, se acumulam no fundo (depositam), ou são absorvidos pelos organismos formando conchas e corais. Um bom exemplo destes compostos são os carbonatos de Ca e Mg ($CaCO_3$, $MgCO_3$), parentes dos bicarbonatos de Na ($NaHCO_3$), usados contra a acidez do estômago. Esses compostos se acumularam no decorrer de milhões de anos no fundo de mares e lagos, formando os depósitos de calcários e mármores. Essas rochas, após moídas, são novamente utilizadas no solo para a correção da acidez.

É possível então, verificarmos que na natureza os elementos fazem parte de ciclos, onde são perdidos e retornam ao solo. O Ca^{++} perdido do solo há milhares de anos, retorna na forma de corretivo da acidez. Esse Ca^{++} será absorvido pela planta, onde irá fazer parte de seus tecidos. Quando nos alimentarmos da planta, o Ca^{++} passará a fazer parte de metabolismos do nosso organismo, como, por exemplo, na formação dos ossos. Assim, na natureza nada é perdido, e todos os elementos são reaproveitados.

6. ORIGEM DOS ADUBOS

Ao contrário do que muitos pensam, os solos do Brasil têm, em geral, uma baixa fertilidade. Baixa fertilidade? Sim!

Os solos brasileiros são solos muito intemperizados, ou seja, solos velhos, que sofreram lixiviação de nutrientes e acúmulo de elementos tóxicos.

Contudo, temos boas condições de clima na maior parte de nosso território, onde podemos cultivar mais de uma cultura por ano a céu aberto, fato impossível em clima temperado, onde o intenso frio mata as plantas ou inibe o crescimento.

Todavia, existe em nosso país regiões com solos de média a alta fertilidade natural, como em parte do centro-sul do Brasil com solos originados de basalto, e interior da região Nordeste, onde o clima seco com poucas chuvas resultou em menor lixiviação de nutrientes (perda) e pouca acidificação.

Para produzir mais, temos que melhorar a fertilidade do solo, via adição de adubos e calcários. Mas, muitas pessoas acham que não é conveniente utilizar fertilizantes (adubos químicos), por se tratarem de compostos não naturais, que diminuem a qualidade dos alimentos e poluem a natureza. Assim, vamos aqui discutir um pouco sobre os adubos e os possíveis problemas decorrentes do uso dos mesmos.

Mas o que acontece com o Na^+, K^+, Ca^{++} e Mg^{++} perdidos através da lixiviação? Bem, certamente que a alta concentração de sódio (Na^+) nos mares e oceanos tem haver com essas perdas. O Na^+ hoje existente nos oceanos e mares veio em sua maior parte do solo. Sabemos também que K^+ e Na^+ precipitam com o Cl^- quando ocorre a secagem de lagos e mares, formando depósitos de KCl e NaCl, atualmente explorados na fabricação do adubo cloreto de potássio (KCl), que é um dos mais usados na agricultura em todo o mundo.

Os adubos contendo fósforo também são em sua maioria originados de deposição desse elemento em sedimentos, lagos e mares, assim como ocorre com o calcário. Atualmente existem, no mercado de adubos, rochas sedimentares apenas moídas

chamadas de fosfatos naturais [$Ca_3(PO_4)_2$], que vem sendo muito empregados na agricultura orgânica e convencional.

Desta forma é possível concluir que a maioria dos adubos (K e P), e dos corretivos da acidez (que também são fonte de Ca e Mg), têm origem em rochas sedimentares, ou seja, fontes naturais.

Estas rochas são simplesmente moídas ou tratadas quimicamente para a produção dos adubos.

Os adubos nitrogenados (N) são produzidos de maneira diferente, sendo em sua maioria, sintetizados a partir do N_2 (do ar), H_2 (do gás natural ou carvão) e CO_2 (subproduto da indústria do petróleo).

A ureia sintetizada é o adubo mais comum de N utilizado pelos agricultores. Contudo, a ureia também é uma das formas de excreção do N pelos animais, sendo encontrada em abundância nos resíduos orgânicos, reforçando mais uma vez que grande parte dos adubos utilizados na agricultura são compostos encontrados na natureza ou semelhantes.

Mas na natureza, não apenas a aplicação de adubos fornece nutrientes às plantas. Existem também alguns organismos "auxiliares" na captação e absorção de nutrientes, do ar ou mesmo das rochas que formam o solo (ver detalhes no módulo Biologia do Solo).

Esse fato é bom tanto para as plantas quanto para as bactérias, pois ao mesmo tempo em que as plantas recebem o nitrogênio que as bactérias retiram do ar, as bactérias recebem compostos orgânicos que as plantas produzem. É uma troca de nutrientes, onde ambos os organismos se beneficiam. Esse processo é chamado de "fixação biológica do N".

A simbiose com bactérias fixadoras de N é tão importante para algumas plantas, que no caso da soja, por exemplo, não se faz mais adubações nitrogenadas (adubos com N), de forma que todo o N que a cultura necessita é fornecido pelas bactérias. Mas é necessário, que antes de se plantar a cultura da soja, as bactérias (conhecidas por Rhizobium), sejam inoculadas na semente, através de um produto chamado inoculante.

Atualmente, o agricultor aproveita essa fixação de N, pensando também na próxima cultura. Assim, existem algumas plantas leguminosas de inverno (como o trevo, a ervilhaca, etc.), que

também fixam N através de simbiose com bactérias. Essas plantas são cultivadas no inverno, e em seu resíduo de cultura (palha, raízes, restos vegetais), fica parte do N que as bactérias fixaram. **Esse N que fica no resíduo da cultura será liberado aos poucos para o solo, podendo ser aproveitado pela próxima cultura, a que será plantada no verão, como por exemplo, o milho, que não faz simbiose com bactérias fixadoras de N. Esse processo é chamado de "adubação verde", pois estamos aproveitando os nutrientes ("adubação") que ficam nos resíduos de uma cultura ("verde").**

7. ADUBAÇÃO E PROBLEMAS AMBIENTAIS

Os adubos são a principal fonte de nutrientes para que as plantas cresçam adequadamente. Mas isso não quer dizer que não existam limites para a aplicação de adubos, sejam orgânicos ou minerais, ou que, quanto mais se aplicar adubos mais fértil será o solo, e teremos maiores produtividades. **Um dos maiores problemas do uso excessivo de adubos está no descontrole do crescimento das plantas, devido principalmente ao uso de N. Com muito N as plantas crescem demais, ficando mais tenras (tecido mais "mole") e menos resistentes ao ataque de pragas e doenças, obrigando os produtores a intervirem frequentemente com o uso de agrotóxicos.**

Outro efeito negativo do uso excessivo de fertilizantes está relacionado com a qualidade da água. Quando são utilizadas altas doses de adubos, o N e P podem ser perdidos do solo, por exemplo por erosão, se acumulando em rios, lagos, baías e mares. **Esse acúmulo gera um excesso de nutrientes em ambientes aquáticos, favorecendo o crescimento de algas, no processo conhecido como eutrofização.** Como a população de algas aumenta muito, sua morte ocasiona consumo do oxigênio da água através da decomposição por microrganismos. Assim, animais aquáticos como os peixes, não sobrevivem devido a essa falta de oxigênio na água. Além disso, a proliferação dessas algas pode interferir na qualidade da água, com cheiro e sabor desagradáveis, ou até mesmo a formação de compostos tóxicos em alguns casos.

O uso de adubos orgânicos em altas quantidades também provoca contaminação nas águas. Atualmente, muitos países europeus têm grandes problemas com a produção em larga escala de suínos, bovinos e aves, sendo impostas por lei, limitações ao uso de resíduos aplicados ao solo. Problemas com resíduos orgânicos também têm sido constatados com maior frequência nos estados brasileiros onde a produção de suínos é grande e, em muitos

casos, o resíduo é despejado diretamente nos rios.

Diante de possíveis problemas ambientais causados pelo uso de adubos químicos e orgânicos, surge uma pergunta: **Seria possível cultivar os solos sem aplicação de adubos?** Muitos índios da região amazônica têm por hábito mudar a aldeia de local frequentemente. Mas, voltam a se instalar no mesmo local após alguns anos, formando um solo escuro (rico em matéria orgânica) e muito fértil, sendo conhecido na região como **"terra preta de índio"**. Descobriu-se que a adição sucessiva de nutrientes vindos com as frutas, animais, palha, madeira da construção das ocas, e outros, foram os responsáveis pelo aumento da fertilidade do solo nestas áreas.

A população urbana continua fazendo a mesma coisa que os índios, porém em larga escala e de forma contínua. Assim, por meio do consumo de alimentos, os nutrientes se acumulam e são descartados como resíduos humanos, não voltando para o solo de origem, enriquecendo os ambientes próximos às grandes cidades (rios e aterros sanitários) e empobrecendo as áreas agrícolas (Figura 7).

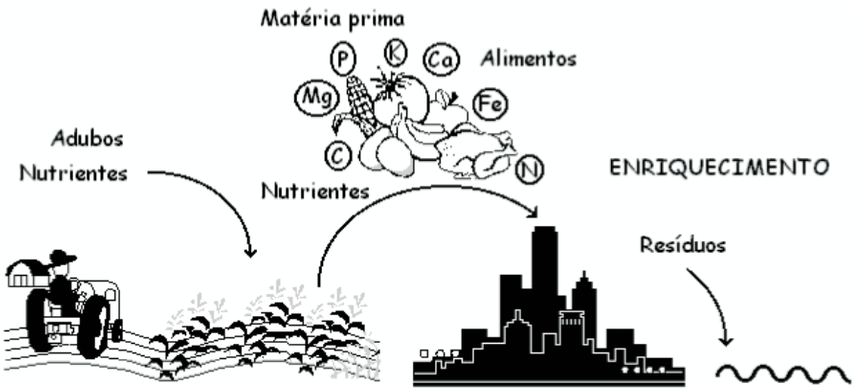


Figura 07: Representação esquemática do empobrecimento das áreas agrícolas, e enriquecimento das áreas urbanas com os nutrientes. Fonte: Motta e Barcelos (2007). pelas raízes. Fonte: Motta e Barcelos (2007).

O lógico seria retornar os nutrientes ao local de origem, fazendo com que não ocorra empobrecimento dos solos agrícolas e enriquecimento dos centros urbanos em nutrientes. Como fazer isso? Bastaria pegar os resíduos de esgoto tratado (onde são eliminados os agentes patogênicos aos seres humanos e animais), chamado de biossólido, e retorná-lo às áreas agrícolas de onde veio o alimento. O mesmo teria que ser feito com o resíduo orgânico contido no lixo urbano, através da compostagem desses resíduos.

No entanto há dificuldade (custo e logística) de retornar os nutrientes exatamente ao mesmo local de onde foram retirados.

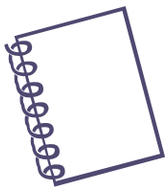
Os mesmos princípios devem ser considerados na criação de animais, sendo necessário o retorno do esterco ao local de produção dos grãos que alimentaram estes. Além disso, uma parcela de nutrientes sai da propriedade indo para os centros urbanos, na forma de leite, ovos, carne e derivados. Usualmente, os pecuaristas também importam alimentos de outras regiões para a criação de animais. Esses animais são criados confinados, isto é, em pequenos espaços cercados, fazendo com que exista um excedente de esterco e nutrientes. Quando a área para aplicação dos dejetos é muito pequena na propriedade, ou mesmo quando a região tem um grande número de propriedades que fazem a mesma atividade, não é possível que os dejetos sejam utilizados em áreas vizinhas, o que também gera acumulação de nutrientes.

Já existem leis, e outras estão sendo adotadas, a fim de regulamentar o uso de dejetos de animais na agricultura e também para restringir a implantação de novas criações, proibindo uma concentração maior da atividade do que a capacidade de uso de dejetos na propriedade ou região. Em muitas partes do mundo, criadores de animais confinados vêm sendo obrigados a encerrar suas atividades, pois não existem mais locais onde possam ser aplicados os resíduos gerados.

Em outras palavras, o ser humano quebra o ciclo natural dos nutrientes. Esse ciclo natural é tão importante, que é capaz de manter, por exemplo, as florestas Amazônica ou Atlântica em solos extremamente pobres. Muitos desses ambientes então praticamente em equilíbrio quanto aos

As altas produtividades obtidas na agricultura, com o uso de adubos, permitem que o agricultor sustente um maior número de pessoas na cidade. Logo, a sociedade atual depende desta alta produtividade agrícola para viver em cidades cada vez maiores. Por exemplo, um hectare (10.000 m2 de área) pode produzir hoje 9.000 kg de grãos, ou equivalente para alimentar mais de 180 pessoas com arroz durante um ano.

atividade



TAREFA

Sociedade na atualidade e uso de adubos e corretivos da acidez.

As atividades humanas necessárias para manter nossa vida em sociedade causa impacto ambiental, de modo direto ou indireto, em diferentes graus de intensidade. Com desenvolvimento cientifico foi possível verificar o efeito das mesmas e percebeu-se que algumas dessas atividades causam impacto tão elevada que foram abandonadas ou modificadas para atender aos padrões impostos estabelecidos por nos mesmos. Contudo, em muitos casos não temos condições de modificar em curto ou médio prazo algumas de nossas atividades poluidoras, como por exemplo, o uso de combustíveis fósseis.

Na agricultura não é diferente, temos que utilizar de técnicas que permitam que menos que 20% da população produza alimento e outros produtos agrícolas, animais e florestais para si próprio e também os mais de 80% que vivem em centros urbanos. Ainda, sabemos que não podemos simplesmente utilizar toda a área que possuímos para agricultura, pois deste modo estaríamos

destruindo os ambientes terrestres, e certamente a nós mesmo a médio e longo prazo. Cresce assim a pressão para aumento da produtividade por área e por agricultor.

Entre as técnicas utilizadas de longa data esta o uso de adubos ou fertilizantes. No passado o uso dos mesmos estava restrito ao uso dos resíduos de animais e planta. Ou simplesmente, o uso de agricultura itinerante, com a queima da floresta e uso até início de esgotamento e repouso prolongado para recomposição da floresta e queima novamente. Foi então que no século passado cientistas sintetizaram uma molécula comum na natureza, a ureia, o que permitiu utilizá-la com fonte de nitrogênio (N) as plantas. Iniciou-se também a seleção de rocha com alta concentração de nutrientes como fósforo e potássio, para poderem ser utilizadas na agricultura. Outras rochas como calcário também foram exploradas para reduzir a acidez do solo.

Contrariando o seu amplo uso (adubos e corretivos) existe a percepção na população em geral que os mesmos pioram a qualidade dos alimentos, aumentam a suscetibilidade das plantas a doenças e pragas e poluem o ambiente (solo, rio, mares e atmosfera). Ou seja, seria melhor não aplicar adubos e corretivos na agricultura.

Como educadores não podemos simplesmente absorver o senso comum da população e passar a transmitir aos estudantes, sem que recorramos em graves erros quanto aos aspectos científicos e técnicos.

Não devemos propagar pensamentos de grupos ideológicos que são contrários a tudo e todos, e vivem e usufruem da vida nas cidades do século XXI, mas querem impor ao agricultor técnicas de uma agricultura do período medieval.

Por outro lado, também devemos evitar ideias de grupos que acham que o homem é um ser maior que o próprio planeta "Terra" e em nome da sobrevivência de nossa sociedade atual podemos tudo. Em outras palavras, temos direito e dever de utilizar as ferramentas que se encontram a disposição ao máximo (adubos e corretivos), sem se importar com consequências futuras. Ou seja, alguém no futuro vai resolver os problemas associados ao uso inconsequente e indiscriminado (adubos e corretivos) da sociedade atual.

Assim, gostaria que, como educador, você encontre e discuta os prós e contras do uso de adubos e corretivos de modo claro e, sempre que possível, baseando no conhecimento científico.

Favor apresentar material escrito de mínimo uma página e de no máximo duas páginas de texto, discutindo os prós e contras da adubação. Não se esqueça de incluir as citações e referências das informações utilizadas em seu texto. Utilize fonte Arial, tamanho 11, espaçamento 1,0. Coloque seu nome e de seu tutor no cabeçalho. Observe a data máxima de postagem no Ambiente Virtual de Aprendizagem. Não deixe para a última hora. **Atenção: cópia parcial ou integral de parte de texto de livro, material de Internet e outras fontes sem citação será considerado plágio e não será considerado com tarefa entregue.**

seis

unidade

BIOLOGIA DO SOLO

Jair Alves Dionísio[7]

Jorge Ferreira Kusdra[8]

Eliane de Souza Kusdra[9]

1. INTRODUÇÃO

Para chegar ao entendimento da biologia do solo é fundamental que você relembre os conceitos de biologia e solo.

Biologia: Ciência que estuda os seres vivos e as leis que os regem, sua evolução, bem como suas relações com o ambiente.

7. Engenheiro Agrônomo, Doutor em Engenharia Florestal. Professor do Departamento de Solos e Engenharia Agrícola da Universidade Federal do Paraná. Rua dos Funcionários, 1540, Cabral, Curitiba, PR. E-mail: jair@ufpr.br

8. Professor do Departamento de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Acre. Rodovia BR 364, km 04, Distrito Industrial. CEP 69915-900, Rio Branco (AC). E-mail: j.f.k@terra.com.br

9 Professora de biologia do ensino médio e Especialista em Magistério Superior. Escola de Ensino Médio Glória Perez. Avenida Brasil, 85, Rio Branco (AC). E-mail: elianakusdra@globo.com

Solo: É o resultado da ação simultânea e integrada do clima e organismos que atuam sobre um material de origem (geralmente rocha), condicionado pelo relevo durante determinado período de tempo.

A partir dessas definições é possível entender os fundamentos da biologia do solo.

Biologia do solo: Ciência que trata das populações de organismos do solo, suas funções, efeitos e/ou atividades e sua importância para a nutrição vegetal e produção agrícola.

2. OBJETIVOS DESTE MÓDULO

- Conhecer os principais grupos de organismos que habitam os solos;

- Compreender as funções e/ou atividades que os organismos desempenham dentro dos solos;

- Conhecer os benefícios para o ambiente e a agricultura da população de organismos dos solos;

- Associar a participação dos organismos do solo com a manutenção da vida no planeta.

3. OCORRÊNCIA DE ORGANISMOS NOS AMBIENTES URBANO E RURAL

Quando você observar uma paisagem no ambiente rural, lembre que é visível a presença do solo, destacado pelas diversas tonalidades que apresenta muitas vezes evidenciado pelos cortes das estradas, especialmente nas posições mais elevadas do relevo.

No ambiente urbano, caracterizado pela ação antropogênica, ou seja, pela ação do ser humano, parte do solo é coberta por casas, edifícios, hospitais, escolas, calçadas, asfalto e calçamento. Dentro deste contexto, a presença do solo é praticamente imperceptível, restrita aos espaços remanescentes (quintais, jardins, terrenos baldios, parques) e áreas ainda não utilizadas em construções civis ou obras

públicas.

Como você viu anteriormente, no solo há vida, como fica evidente na sua definição, e esta é extremamente diversificada, quando comparada entre os ambientes rurais e urbanos. Porém, a interferência do ser humano muitas vezes pode resultar na sua redução. Assim, quando se compara o solo que está em área de cultivo agrícola ou florestal com o solo do ambiente urbano, sob uma construção, é de se esperar que a vida neste último esteja drasticamente reduzida devido à deficiência nas condições básicas.

Condições básicas para sobrevivência e crescimento da maioria dos organismos do solo são: oxigênio (O_2), água e matéria orgânica.

Dentre os organismos do solo (macroorganismos e microorganismos), destacam-se numericamente aqueles que são, provavelmente, os mais antigos do planeta, ou seja, as bactérias, que podem atingir até um bilhão de células por grama de solo.

As bactérias tem a origem estimada há aproximadamente 3 a 4 bilhões de anos, e antecedem em muito a ocorrência dos dinossauros. São considerados os mais antigos habitantes do planeta Terra.

Bactérias: São geralmente microscópicas ou submicroscópicas (detectáveis apenas com uso de microscópio eletrônico). Suas dimensões geralmente não excedem poucos micrômetros, podendo variar entre cerca de 0,2 µm, nos micoplasmas, até 30 µm, em algumas espiroquetas.

glossário

Micrômetro é definido como 1 milionésimo do metro (1 x10-6 m), equivale a milésima parte do milímetro e sua abreviatura é µm.

Os organismos do solo, na totalidade dos macroorganismos e a maior parte dos microorganismos, são seres heterotróficos, ou seja, incapazes de sintetizar seu próprio alimento.

A maior parte dos microorganismos do solo age como decompositores de resíduos orgânicos (restos vegetais e animais) desdobrando-os em seus componentes básicos: água, CO_2 e nutrientes inorgânicos (Figura 1).

Para atender a necessidades nutricionais, precisam de vários elementos, especialmente de carbono (para formar novas células e tecidos) e de nitrogênio (para formar proteínas).

AÇÃO DOS MICROORGANISMOS

RESULTADO

Água, CO_2 e nutrientes inorgânicos (N, P, K, Ca, Mg, etc.), que podem ser utilizados pelas plantas.

Figura 1: Representação esquemática da decomposição dos resíduos orgânicos por ação dos microorganismos do solo. Fonte:http://pixabay.com/en/dung-compost-heap-rallying-point-406217/

Agora que você já sabe da existência dos organismos do solo, também denominados biota do solo. Para efeito didático esses seres são divididos em grupos, de acordo com o tamanho do corpo, e assim, classificados em dois grupos distintos: **macroorganismos** ou macrobiota do solo que incluem organismos pertencentes ao reino animal e **microorganismos** ou microbiota do solo.

glossário

Biota do solo: conjunto de seres vivos (macro e microorganismos) que habitam o solo de forma permamente, temporária ou acidental.

4. ORGANISMOS DO SOLO

Para facilitar o nosso entendimento sobre o tema Biologia do Solo, os organismos que habitam o solo serão apresentados de forma separada, de acordo com o tamanho do seu corpo. Você não pode esquecer que dentro do solo eles estão integrados, atuando simultaneamente.

4.1 A FAUNA DO SOLO OU INVERTEBRADOS DO SOLO

A fauna do solo é representada por animais invertebrados (Figura 2), separados de acordo com o tamanho em: a) megafauna (diâmetro > 20 mm); b) macrofauna (2 a 20 mm); mesofauna (0,2 a 2 mm) e microfauna (< 0,2 mm) (HOLE, 1981).

Grande parte dos invertebrados do solo se alimenta de uma mistura de partículas minerais e de resíduos orgânicos presentes no solo. Outros sobrevivem como parasitas de plantas ou predadores de outros animais.

Qual a importância da fauna do solo?

A importância está relacionada com sua capacidade de fragmentação de materiais orgânicos, principalmente de vegetais, e ingeri-los, sendo estes, posteriormente, digeridos, os nutrientes absorvidos e a fração não aproveitada excretada dentro ou na superfície do solo.

Os estudos qualitativos da fauna solo demonstram que são populações muito variadas; todavia a ocorrência relativa decresce na seguinte ordem: nematoides > ácaros > colêmbolas > enquitreídeos > moluscos > minhocas > centopeias > larvas de dípteros > cupins = formigas = aranhas (SIQUEIRA e FRANCO, 1993).

Ácaro do solo
Autora: Cleusa Maria Correia Lopes

Fauna do solo
Autor: Sacha Lubow

Formigas do solo
Autor: Sacha Lubow

Térmitas do solo
Autor: Sacha Lubow

Minhoca brava (*Amynthas* spp.)
Autor: Sacha Lubow

Colêmbolas no solo.
Autor: Sacha Lubow

Os animais do solo podem ser habitantes permanentes (minhocas), temporários (formas jovens de cupins, larvas e pupas de alguns besouros) ou acidentais (vermes intestinais de animais de sangue quente: cachorro, gato, porco, etc.).

Os animais do solo estão adaptados às mais diversas condições de sobrevivência, que para tal constroem aberturas no solo

que servem de abrigo contra predadores, proteção contra a luz solar, variações de temperatura, asseguram a movimentação, ou funcionam como estratégia alimentar ou assegura a reprodução.

Dentre os exemplos mais comuns da ação da fauna do solo, destaca-se o papel das minhocas (Figura 3) cujos dejetos (coprólitos) contribuem para a melhoria da fertilidade e da estrutura do solo. Os seus túneis ou galerias permitem maior aeração do solo e penetração das raízes das plantas, além de aumentarem a drenagem.

Figura 03: Galeria vertical da minhoca *Lumbricus terrestris*.
Fonte: http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Earthworm_-_L._terrestris_permanent_vertical_burrow.jpg

Na construção das galerias, o animal movimenta partículas do solo, especialmente aquelas que constituem a fração mineral fina (areia, silte e argila) e dos resíduos orgânicos. Estas aberturas, também denominadas de macroporos, passam a ter significado expressivo, quando estão habitadas, pelo abandono, pelo surgimento de condições impróprias ou pela desocupação pela morte dos animais.

Os macroporos aumentam a infiltração de água e a taxa de oxigenação e facilitam a penetração das raízes. Dessa forma propiciam a melhoria do solo, nos aspectos físicos, químicos e biológicos, que se refletem no crescimento das plantas e na produção das culturas.

As respostas da fauna do solo às perturbações ambientais, promovidas pelo cultivo, são muito variáveis.

Quando o agricultor utiliza fertilizantes minerais e/ou orgânicos ou também realiza a prática da consorciação (cultivo simultâneo de duas ou mais culturas, ex: milho e feijão), geralmente promove o favorecimento da fauna do solo, especialmente os microartrópodes: ácaros e colêmbolas, cuja população no solo pode atingir 250.000 animais por m^2 (CROSSLEY *et al.*, 1992).

glossário

Os **artrópodes** (*Arthropoda*, do grego *arthros* = articulado e *podos* = pés) são um filo de animais invertebrados, que possuem exoesqueleto rígido e vários pares de apêndices articulados, cujo número varia de acordo com a classe.

Porém, o uso de agrotóxicos, o cultivo intensivo do solo, a monocultura prolongada (ex: cana-de-açúcar) e as queimadas, geralmente reduzem a diversidade e a densidade populacional dos organismos no solo.

Como integrante da fauna do solo tem-se ainda os animais microscópicos (microfauna) representados principalmente pelos nematoides pequenos e rotíferos, são muito abundantes, e exercem grande importância na cadeia alimentar e no equilíbrio biológico no solo. As interações biológicas entre os diferentes grupos de organismos são influenciadas basicamente pelo clima e pelo manejo do sistema solo-planta.

glossário

Os **Rotífera** ou **rotíferos** (do latim *rota*, roda + *fera*, aqueles que possuem) são um filo de animais aquáticos e microscópicos. O seu nome deriva do latim para "roda", com referência à coroa de cílios que rodeiam a boca destes animais e que se movem rapidamente, para captar as partículas de alimento, parecendo uma roda a girar.

4.2. OS MICROORGANISMOS DO SOLO: "OS INVISÍVEIS"

Após a apresentação dos macroorganismos do solo, vamos agora conhecer um pouco sobre os microorganismos que habitam o solo. Você não pode esquecer que esses dois grupos estão juntos nos solos e que apenas para efeito didático são apresentados separadamente.

Os microorganismos estão distribuídos em três dos cinco reinos dos seres vivos. As bactérias típicas (Figura 4) e outros dois tipos especiais de bactérias, cianobactérias (bactérias fotossintéticas) e actinobactérias pertencem ao reino **Monera**.

O reino **Monera** é constituído por todos os seres procariontes (que não apresentam membrana nuclear ou carioteca ou ainda que não apresentam núcleo individualizado, organizado ou diferenciado).

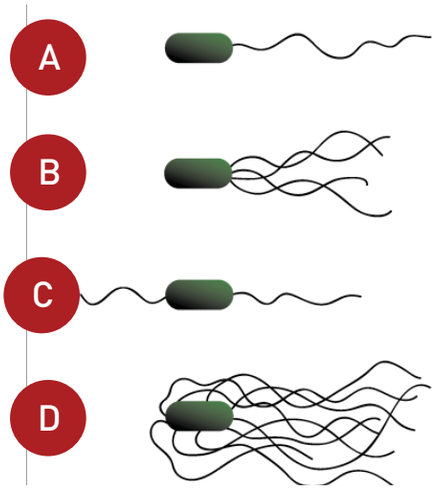


Figura 4a: Bactéria contendo flagelo | Fonte: http://pt.wikipedia.org/wiki/Bact%C3%A9ria#mediaviewer/File:Flagella.png

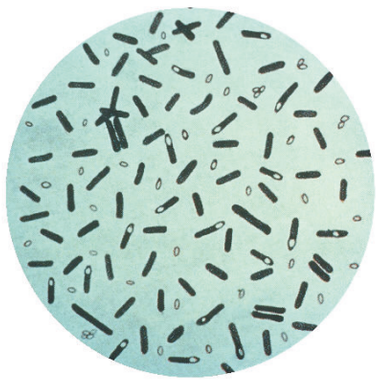


Figura 4b: *Clostridium botulinum* | Fonte: http://pt.wikipedia.org/wiki/Clostridium_botulinum#mediaviewer/File:Clostridium_botulinum.jpg

Já os protozoários e as algas unicelulares eucariontes pertencem ao Reino **Protista**, e todos os fungos (Figura 5) pertencem ao reino **Fungi**.

O reino **Protista** é representado por protozoários e algas unicelulares e que apresentam núcleo verdadeiro envolvido por carioteca.

Os três reinos (Monera, Protista, Fungi) são, portanto, formados por organismos relativamente simples, na maioria unicelulares e microscópicos.

Os **vírus**, embora considerados microorganismos, não estão incluídos em nenhum dos cinco reinos por existir divergência entre considerá-los ou não como seres vivos, especialmente por não serem constituídos por células, ou seja, são acelulares.

Figura5a: Fungo do solo
Autor: Sacha Lubow

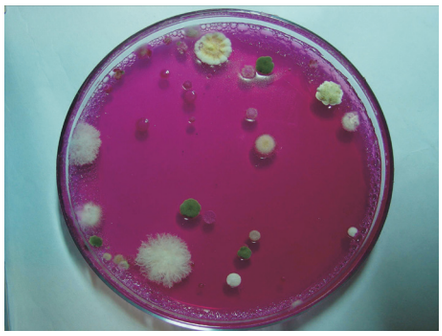


Figura 5b: Contagem de fungos do solo
Autor: Sacha Lubow

4.2.1 A PERCEPÇÃO DO SENSO COMUM: OS MICROORGANISMOS PREJUDICIAIS

Para compreender a importância dos microorganismos é preciso que você descarte a ideia falsa que há muito tempo

IDEIA FALSA

A maioria das pessoas pensa que todos ou pelo menos a maior parte dos microorganismos são prejudiciais e, por essa razão, seria altamente desejável que não existissem ou que fossem todos eliminados da Terra!

Essa concepção é definitivamente falsa e errada e, mesmo que fosse possível a completa eliminação dos microorganismos, seria eliminada também a possibilidade de vida no planeta, uma vez que nossa própria sobrevivência depende da existência deles.

Quando nós falamos em microorganismos, a primeira associação que é com as doenças, principalmente, nos

humanos e nos animais domésticos. Esta percepção não está errada, uma vez que uma rápida observação no histórico da microbiologia permite entender que os primeiros microorganismos estudados estavam relacionados com as doenças humanas, causadas especialmente por bactérias e vírus.

Embora, existam muitos microorganismos prejudiciais (responsáveis por doenças nos seres humanos, animais e plantas, capazes de deteriorar alimentos, contaminar águas, etc.), seu número é na verdade pequeno se comparado aos que são benéficos, que são responsáveis pela decomposição de resíduos orgânicos e reciclagem de nutrientes, de interesse agrícola, aplicação industrial, uso farmacêutico, etc.

Vamos relembrar a célebre frase do pesquisador Louis Pasteur

"O papel dos infinitamente pequenos é infinitamente grande"

Durante a Segunda Guerra Mundial, 1939 a 1945, houve grande avanço da microbiologia, no qual a área da microbiologia do solo desenvolveu-se, em função da necessidade do tratamento de elevado contingente de feridos e das infecções desenvolvidas.

O solo funcionou como suporte de pesquisa, de onde foram isolados os primeiros microorganismos produtores de antibióticos. Dentre eles, podem-se citar: penicilina, dos fungos; neomicina das bactérias; estreptomicina das actinobactérias (MOREIRA e SIQUEIRA, 2006).

Se você prestar atenção um pouco sobre as informações que a mídia (televisão, jornais, internet, etc.) destaca com maior intensidade, vai constatar que são os casos de ação

PERSONALIDADE
Louis Pasteur foi um cientista francês (1822 a 1895). Suas descobertas tiveram enorme importância na história da química e da medicina. É lembrado por suas notáveis descobertas das causas e prevenções de doenças.
- Por meio de seus experimentos destruiu a teoria da geração espontânea;
- Descobriu formas de vida que podiam viver sem oxigênio. Introduziu os termos "aeróbios" (organismos que necessitam de oxigênio) e anaeróbios (organismos que não necessitam de oxigênio).
- Desenvolveu um processo (atualmente conhecido como pasteurização) para matar microorganismos que deterioravam o vinho – um problema econômico para a indústria de vinhos da França.
- Descobriu os agentes infecciosos e a forma de controle desses agentes que causavam doenças no bicho-da-seda.
- Fez contribuições significativas à teoria germinal das doenças – segundo a qual microorganismos específicos causam doenças específicas.
- Desenvolveu vacinas para evitar a varicela, cólera, antraz e erisipela.
- Desenvolveu uma vacina para prevenir a raiva em cães e utilizou, com sucesso, esta vacina para tratar pessoas contaminadas com o vírus da raiva.

dos microorganismos com efeito negativo, relacionados, por exemplo, com a infecção hospitalar, decorrente do aumento da resistência dos microorganismos aos antibióticos.

Recentemente, a mídia deu grande destaque ao potencial de uso de microorganismos icroorganismos patogênicos como arma biológica, constituindo o "bioterrorismo". No ano de 2001, destacou-se o uso da bactéria nativa do solo, *Bacillus anthracis*, que parasita o gado bovino, ovelhas, cabras e outros animais herbívoros, sendo utilizada em correspondências para contaminar os destinatários, causando a doença fatal chamada antrax.

saiba mais

Leitura 01

http://www.bbc.co.uk/portuguese/noticias/2014/04/140430_resistencia_antibioticos_rb

Leitura 02

http://www.fiocruz.br/biosseguranca/Bis/infantil/bioterrorismo.htm

4.2.2 OS MICROORGANISMOS BENÉFICOS

Agora, vamos repensar a importância dos microorganismos e suas atividades benéficas, que são, sem dúvida, de maior importância, embora dificilmente divulgadas na mídia com o mesmo destaque.

reflexão

Antes de iniciar, faça uma reflexão e responda as seguintes questões.

a) O que ocorre com as toneladas de restos de culturas como milho, soja e trigo, assim como com os resíduos da indústria madeireira (pó de serra), deixados no solo?

b) O que acontece com o lixo doméstico lançado no lixão ou aterro sanitário?

c) O que dizer das toneladas de agrotóxicos utilizados na agricultura para o controle de pragas, doenças e plantas daninhas?

d) Como o solo se "livra" do petróleo e de outros produtos químicos provenientes de derramamentos acidentais, que contaminam o ambiente?

e) Como ocorre a descontaminação do solo de diversos tipos de poluentes industriais?

RESPOSTA

De forma simplificada, é possível dizer que todos esses casos citados e muitos outros só continuam acontecendo na natureza mediante a decomposição, física, química e principalmente biológica, mediada pelos microorganismos do solo, que, caso contrário, cobririam a superfície do planeta, impedindo a possibilidade de vida.

4.2.3 OCORRÊNCIA DOS MICROORGANISMOS DO SOLO E NOS AMBIENTES

É de fundamental importância que você lembre que, na definição de solo, está destacada a participação dos organismos, principalmente os microorganismos.

Pela quantidade e diversidade de microorganismos e animais invertebrados que habitam o solo, não seria exagero considerá-lo, do ponto de vista biológico, como sendo "um organismo vivo".

Também não seria exagero considerar que, do ponto de vista agrícola e ambiental, "só existe solo se nele estiver vida" e que, sendo assim, "não existe solo estéril (sem vida)".

Lembre que em situações ambientais adversas, como extremos de temperatura, como ocorre nos solos da Patagônia, nas áreas em processo de arenização no município de Alegrete (RS), ou no deserto do Saara na África, mesmo assim há vida, ou seja, milhões de microorganismos estão adaptados a essas condições e proliferam nesse ambiente.

saiba mais

Leitura 01

http://www.agronline.com.br/artigos/artigo.php?id=47&pg=2&n=2

Leitura 02

http://www.bbc.co.uk/portuguese/noticias/2014/03/140326_atacama_vida_microscopica_fn

Os microorganismos estão presentes em todos os tipos de solo que ocorrem na natureza que vão desde os solos mais profundos até os mais rasos.

Nos solos de clima tropical, subtropical e temperado como na Sibéria, ou até mesmo nos solos da Antártida, existem microorganismos, porém, quanto mais baixa for a temperatura, menor será a atividade microbiana.

saiba mais

Leitura 01

http://www.ipsnoticias.net/portuguese/2003/12/ambiente/bacterias-degradam-petroleo-na-antartida/

Agora cabe uma reflexão: se os microorganismos são seres tão diminutos, sensíveis, como podem se instalar em ambientes tão inóspitos como as rochas, os solos degradados, etc.?

Primeiramente, você deve lembrar de que são seres microscópicos, extremamente leves, que são transportados pelas correntes de ar e pela chuva, e assim podem depositar-se na superfície das rochas, por exemplo.

Os microorganismos pioneiros, ou seja, os colonizadores de rochas são dotados de metabolismo autotrófico (não necessitam de uma fonte de carbono orgânica disponível, pois utilizam o carbono do CO_2) sendo capazes de sobreviver em condições impróprias para a maioria dos seres vivos.

glossário

Autótrofos: Os seres vivos, como plantas e as algas que realizam a sua nutrição por meio da fotossíntese.
Heterótrofos: Os seres vivos, que buscam energia se alimentando de outros seres vivos, pois são incapazes de produzir energia sozinhos (pela fotossíntese).

Dentre esses microorganismos, incluem-se muitas espécies de bactérias, de algas unicelulares e de liquens. Estes microorganismos não somente são capazes de sobreviver em condições extremas, mas também de implantar vida em locais estéreis, criando condições ao estabelecimento de macro e microorganismos heterotróficos (necessitam de uma fonte de carbono orgânica disponível).

glossário

Os **liquens** são associações simbióticas de mutualismo entre fungos e algas. Os fungos que formam liquens são, em sua grande maioria, ascomicetos (98%), sendo o restante, basidiomicetos. As algas envolvidas nesta associação são as clorofíceas e cianobactérias. Os fungos desta associação recebem o nome de micobionte e a alga, fotobionte, pois é o organismo fotossintetizante da associação.

Como ocorre a participação dos microorganismos no processo de formação dos solos?

A ação específica dos microorganismos na formação do solo pode ser evidenciada por meio de seus produtos, pois determinadas espécies de bactérias liberam no meio o ácido nítrico (HNO_3), enquanto os liquens liberam o ácido oxálico, e ambos aceleram a corrosão química da rocha alterada para mais tarde formar o solo.

Uma análise sobre a participação dos microorganismos na formação do solo leva a concluir que os microorganismos autotróficos são os formadores iniciais de matéria orgânica no solo, pois liberam no meio seus metabólitos e após a morte, seus corpos (células). As células mortas servem de alimento para outros microorganismos que ali se instalam e com isso dá-se início à colonização do solo ou à sucessão ecológica.

Na sequência surgem os microorganismos heterotróficos, representados pelas demais bactérias, fungos, actinobactérias e protozoários.

Não dá para esquecer que esse processo de formação do solo é extremamente lento e que, para formar uma camada de 2,5 cm, são necessários de 200 a 1000 anos (DROZDOWICZ, 1997).

Após essa rápida discussão, você deve lembrar que os microorganismos ocorrem em todo tipo de solo e em todo

o perfil, porém a sua densidade e diversidade diminuem nos horizontes mais profundos, uma vez que nestes estão concentrados os maiores teores de matéria orgânica, nutrientes e oxigênio.

4.3. IMPORTÂNCIA ECONÔMICA E AMBIENTAL DOS MICROORGANISMOS DO SOLO

Caso as funções dos organismos do solo fossem apenas as apresentadas nos itens 3 e 4 e no subitem 4.2.3, já era mais que suficiente para destacarmos a importância desses seres para a manutenção da vida no planeta Terra.

A ação dos microorganismos do solo vai muito além da decomposição dos resíduos orgânicos. Dessa forma, vamos apresentar dois processos que merecem destaque pela magnitude que representam, além de seus aspectos econômicos e ecológicos. São eles a fixação biológica de nitrogênio e a formação das micorrizas.

4.3.1 FIXAÇÃO BIOLÓGICA DE NITROGÊNIO (FBN)

A fixação biológica de nitrogênio é o processo pelo qual o nitrogênio atmosférico (N_2) é convertido à amônia (NH_3).

A FBN ocorre em microrganismos, como é o caso de algumas bactérias e algas ou na associação entre plantas e microorganismos.

Para compreender a FBN, é preciso ressaltar que os vegetais necessitam, além do C, H e O, dezessete elementos químicos, denominados nutrientes essenciais, que são retirados do solo, conforme descrito no módulo Fertilidade do Solo. Neste grupo, destaca-se o nitrogênio (N), como o mais exigido pela maioria das plantas. Porém, o solo praticamente não apresenta reserva mineral deste elemento, ficando a sua disponibilidade em explorações agrícolas condicionada à adubação orgânica e principalmente mineral.

No ar atmosférico que está em contato direto com os vegetais, o N ocorre em abundância, aproximadamente 78%, na forma de N_2. No entanto, os vegetais, não conseguem aproveitá-lo, por não possuírem sistema enzimático capaz de romper a ligação entre os átomos de nitrogênio.

Os fixadores de nitrogênio possuem a enzima nitrogenase capaz de reduzir o nitrogênio atmosférico à forma de amônia (NH_3), ou seja, fixá-lo e aproveitá-lo na formação de aminoácidos e proteínas, assegurando a demanda de nitrogênio da planta.

Dentre as associações simbióticas, as mais desenvolvidas são as das bactérias da família Rhizobiaceae denominadas vulgarmente "rizóbios", com plantas leguminosas (soja, ervilha, tremoço, feijão, amendoim, etc.).

Nesta associação entre rizóbio e leguminosas, a bactéria simbionte entra em contato com a planta naturalmente, pois ela é habitante do solo, ou também, pode ser introduzida no solo por inoculação artificial (uso de inoculante comercial).

glossário

Inoculante é um produto que contém microrganismo com ação benéfica para o desenvolvimento das plantas.

A associação se inicia após a germinação das sementes, porém, quando se tratar de árvores e arbustos, estender-se-á por todo ciclo da planta. No entanto, em plantas herbáceas (feijão, soja, amendoim, etc.), chegará até à fase de enchimento dos grãos, quando então a simbiose será desativada.

O que caracteriza a simbiose entre leguminosas e rizóbio?

Presença de uma estrutura organizada denominada "nódulo", visível a olho nu (Figura 6), que ocorre nas raízes das plantas e que contém milhares de rizóbio.

Figura 6: Raízes de soja nodulada com rizóbio. Autora: Cleusa Maria Correia Lopes.

É possível usufruir economicamente da associação entre plantas e microorganismos?

Sim. Somente no Brasil, a inoculação da soja com o rizóbio propicia uma economia de US$ 3 bilhões anuais em fertilizantes nitrogenados (MERCANTE, 2005).

Que outros benefícios a fixação biológica de nitrogênio (FBN) promove?

Além dos benefícios econômicos, a redução na aplicação dos fertilizantes nitrogenados leva a melhoria da qualidade ambiental, causando menor aporte de nitratos para as águas superficiais e subterrâneas.

Qual a importância do processo biológico FBN para o planeta?

É um recurso natural renovável e passível de manipulação, barato e sem impacto ambiental, responsável por 65% do N2 incorporado nos seres vivos e que, se fosse interrompido, a vida do planeta terminaria em 30 anos (MOREIRA e SIQUEIRA, 2006).

Além da associação rizóbio x leguminosa, com grande potencial, porém, necessitando pesquisas, são destacadas as associações entre bactérias dos gêneros *Azospirillum* e *Herbaspirillum* com plantas gramíneas (milho, trigo, arroz, etc.). Têm-se, ainda, as associações entre algas cianofíceas e pteridófitas, que precisam ser melhor compreendidas.

4.3.2 MICORRIZA

glossário

O termo micorriza (Figura 7) vem do grego (mico = fungo e riza = raiz). É uma associação simbiótica mutualística na qual as raízes das plantas vasculares são invadidas por determinados fungos do solo, ocorrendo uma perfeita integração morfológica e funcional entre os simbiontes.

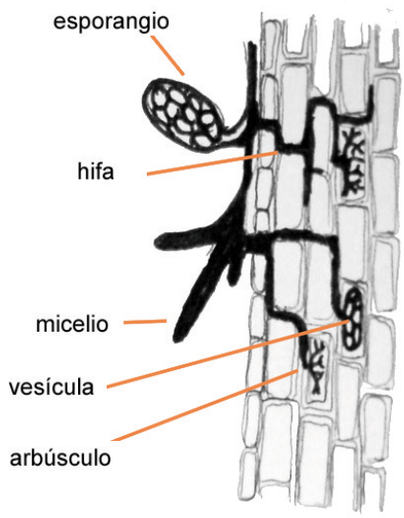


Figura 07: Formação da micorriza destacando os componentes da simbiose. Fonte: http://es.wikipedia.org/wiki/Micorriza#mediaviewer/File:485px-Arbuscular_mycorrhiza_cross-section-es.jpg

Trata-se de uma simbiose praticamente universal, não só pelo grande número de plantas susceptíveis, como também por sua ocorrência generalizada na maioria dos habitats naturais.

São encontradas em 96% das fanerógamas (plantas que se reproduzem por sementes), incluindo quase todas as espécies de interesse agrícola, pastoril e várias florestais, além de serem importantes para a composição florística e estabilidade dos ecossistemas naturais.

Qual a importância da formação das micorrizas?

A presença de fungos micorrízicos aumenta a superfície radicular das plantas que consequentemente aumenta a absorção de água e nutrientes do solo, principalmente dos elementos minerais imóveis, como o fósforo, além de diminuir a incidência de doenças.

A formação da micorriza é particularmente importante para o desenvolvimento de árvores de pinus e eucalipto, dentre outros gêneros de plantas, que dependem dessas associações simbióticas para um bom crescimento.

Dependência da formação de micorrizas

Para o pinus, a micorrização é indispensável ao estabelecimento e ao desenvolvimento, ou seja, sem ela, esta árvore não sobrevive!

CURIOSIDADE!

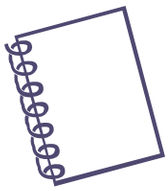
As plantas utilizam diversas estratégias de sobrevivência, como é o caso da FBN e das micorrizas, descritas isoladamente, sendo comum a tríplice associação, quando se tratar de planta leguminosa, que se associa ao mesmo tempo com o rizóbio e com o fungo micorrízico.

5. CONCLUSÕES

O solo possui vida, microscópica e/ou macroscópica.

A biota do solo é fundamental para manutenção da vida no planeta.

atividade



a) No livro didático que você trabalha com os alunos está claro que o solo é vivo e que assim contém organismos?

b) Qual é a visão que é repassada aos alunos neste livro didático quanto à existência dos organismos do solo? Essa visão é predominantemente benéfica ou maléfica?

unidade sete

CONSERVAÇÃO DO SOLO E ÁGUA

Jeferson Dieckow[10]

1. POR QUE CONSERVAR SOLO E ÁGUA?

Tudo o que é bom, útil e nos interessa, queremos conservar! Assim é com nossa residência, nosso carro, nossa saúde, nossas relações etc. Assim também deve ser com o solo, tão importante à vida no Planeta. Como teria sido nosso café da manhã se não houvesse solo para produzir o trigo para fazer a farinha do pão, ou o pasto para a vaca produzir o leite, ou frutas, e assim por diante? Solo é o que garante a oferta de água e nutrientes para as plantas, além da sustentação física das mesmas. Solo é uma questão de segurança alimentar.

Mas também precisamos de água. O solo armazena água em seu espaço poroso, como uma esponja, e assim garante vida às plantas. O solo é o maior e melhor depurador de águas do Planeta. Quando a água da chuva escoa sobre o solo, isso é ruim, pois causa erosão e enchentes, além de prejudicar severamente a qualidade para abastecimento. Mas quando a água da chuva infiltra e atravessa o solo, ela é depurada e isso garante sua excelente qualidade nas nascentes e outros mananciais de superfície como

10. Engenheiro Agrônomo, Doutor em Ciência do Solo. Professor do Departamento de Solos e Engenharia Agrícola da Universidade Federal do Paraná. Rua dos Funcionários, 1540, Cabral, Curitiba, PR. E-mail: jefersondieckow@ufpr.br

rios e lagos. Além de melhorar a qualidade, a passagem da água através do solo regula a vazão dos rios, mantendo a mesma o mais constante possível ao longo do tempo.

Nos espaços urbanos, o uso de solos inaptos para esse fim, e sem as medidas para sanar os danos decorrentes dessa inaptidão, também tem ocasionado degradação dos solos. Podem ser citados efeitos como deslizamentos, quedas de barreiras, formação de voçorocas, queda de árvores que não conseguem se fixar no solo degradado, etc, com perdas de vidas e prejuízos materiais de grande monta. As enchentes que assolam as áreas urbanas também são devidas à degradação dos solos, pois o material perdido por erosão acaba assoreando os cursos hídricos e reduzido a calha dos rios.

O solo é extremamente frágil e passível de degradação quando não recebe o manejo e os cuidados necessários; podendo ser considerado um recurso finito, que demora para se formar (1 cm pode levar centenas de anos para se formar), mas pode ser rapidamente perdido.

Embora a ciência tenha contribuído para que terras sejam corretamente utilizadas e os usuários dos solos tenham aplicado muitos desses conhecimentos, ainda há muito a fazer a esse respeito. Consideramos, por exemplo, a situação no Paraná. Um olhar mais atento sobre a paisagem do estado permite identificar, em praticamente todas as regiões, muitos problemas decorrentes do mau uso dos solos, tanto no meio rural como no urbano.

2. EROSÃO DO SOLO: A INIMIGA NÚMERO 1

2.1. O QUE É EROSÃO?

glossário

Erosão é um "desgaste" do solo causado pela água da chuva e da enxurrada. O impacto direto das gotas de chuva sobre o solo descoberto e o escorrimento da enxurrada desprendem e arrastam partículas e pequenos torrões de terra morro abaixo.

A erosão é a principal causa da degradação de nossos solos. É a inimiga número 1 que precisa ser combatida, mas antes de combater a erosão, precisamos conhecer ela muito bem.

2.2. QUAIS SÃO OS PREJUÍZOS CAUSADOS PELA EROSÃO?

Quando o solo é arrastado da lavoura para partes baixas do terreno, um dos principais patrimônios da humanidade está indo embora. É como se aos poucos alguém retirasse as janelas de nossa casa, depois as portas, depois as paredes e por fim o telhado, ficando somente o "esqueleto", sem condições nenhuma de moradia. O mesmo acontece com o solo. A camada rica em nutrientes, que armazena maior quantidade de água e que mais favorece o crescimento das raízes vai embora. Fica somente o "esqueleto", aquela terra pobre sem condições de produzir. Grande quantidade de nutrientes é perdida! Se a erosão não for combatida, é exatamente isso que acontece.

Além de diminuir a produtividade e a renda do agricultor, a erosão prejudica o meio ambiente. Ela polui a água de rios e lagos com sedimentos, excesso de nutrientes e agrotóxicos. A quantidade de peixes acaba diminuindo. O custo para o tratamento de água para consumo nas cidades acaba aumentando. Os rios ficam assoreados e com isso aumentam os problemas com alagamentos e enchentes, reduz a possibilidade de navegar aquele curso hídrico, e também do mesmo produzir energia em usinas hidrelétricas. Portanto, as consequências da erosão não se restringem somente ao local onde ocorreu a mesma, mas também ocorrem fora dela, a dezenas ou até centenas de quilômetros de distância.

2.3. QUAIS SÃO AS FORMAS DE EROSÃO?

A erosão é uma inimiga que nem sempre aparece, mas está lá, destruindo nosso solo. Muitos pensam que a erosão ocorre somente na forma de voçoroca. Na verdade, voçoroca já é uma etapa gravíssima do problema. Antes de se formar uma voçoroca, ocorre a erosão em entressulcos e a erosão em sulcos, e são nessas formas que devemos prestar mais atenção, por isso a importância de se conhecê-las. Depois disso é tarde!

2.3.1. EROSÃO EM ENTRESSULCOS

Essa é a primeira forma de erosão e nem sempre é percebida. O impacto da gota da chuva desagrega uma fina camada de solo

(Figura 1), que é transportada pela enxurrada difusa. Por este motivo, alguns também chamam de erosão laminar. A retirada, por exemplo, de uma fina camada de 1 milímetro de solo pode parecer pouco, mas numa área de 10 hectares (100.000 m^2) isso significa uma perda de mais ou menos 4 carretas cheias de terra.

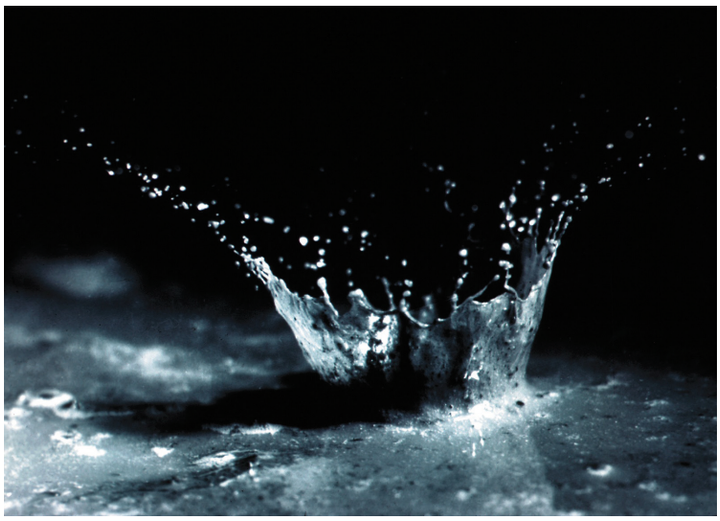


Figura 01: Impacto de gota de chuva sobre superfície de solo descoberto: início da erosão entressulcos (Foto: Cortesia USDA/NRCS)

Depois de uma chuva, pequenas pedras, gravetos e folhas deixam um sinal sobre a superfície do solo. Isto ocorre porque elas impedem que as gotas da chuva atinjam diretamente o solo que está abaixo, diferente da área ao redor. A erosão em entressulcos também dá a falsa ideia de que as pedras estão "brotando" ou "crescendo". Na verdade, o que acontece é a remoção da camada superficial do solo e a consequente exposição das pedras que já estavam ali há anos.

Além disso, a erosão em entressulcos também pode se identificada na região próxima ao tronco de uma árvore. Se as raízes estiverem aparecendo muito, isso é sinal de ocorrência de erosão em entressulcos que removeu o solo da superfície (Figura 2).

A principal forma de evitar ou controlar a erosão entressulcos é manter o solo coberto com o dossel (parte aérea) de plantas ou com resíduo de plantas depositado na superfície. Esta cobertura do solo evita o impacto direto das gotas de chuva sobre o solo, evitando sua desagregação e transporte.

Figura 02: Raízes expostas devido a ação da erosão entressulcos, Curitiba (PR). Foto: Jeferson Dieckow.

2.3.2. EROSÃO EM SULCOS

Quando a água da enxurrada se concentra (Figura 3), ela ganha mais força e começa a arrastar o solo, abrindo sulcos (valetas) no terreno (Figura 4). A **erosão em sulcos** é a responsável pelas maiores perdas de solo em nossas áreas. Como esses sulcos "desaparecem" depois do preparo do solo, o agricultor pode também ter a falsa ideia de que o problema foi resolvido. Também na área urbana estes sulcos podem ser desfeitos pela terraplanagem. Mas isso é um engano, pois o solo que foi perdido nesse sulco não volta mais e o dano já foi feito.

Figura 03: Concentração da enxurrada: erosão em sulcos (Foto: Cortesia USDA/NRCS)

Figura 04: Erosão em sulco em Araucária (PR). Foto: Jeferson Dieckow.

2.3.3. EROSÃO EM VOÇOROCA

É a forma de erosão mais evidente, de maneira que uma voçoroca já não pode mais ser cruzada por um trator ou veículo. Grandes quantidades de terra são perdidas (Figura 5). As voçorocas podem atingir tamanhos enormes. Para ter uma ideia, na cidade de Paranavaí (PR), um estádio de futebol foi construído dentro de uma voçoroca.

Figura 05: Erosão em voçoroca em Prata (MG). Foto: Marcelo Ricardo de Lima.

EXPERIMENTE
Veja a montagem de um pequeno experimento demonstrando o papel da cobertura do solo em reduzir perdas por erosão: http://www.youtube.com/watch?v=1P07YwF80Pg.

Muitas vezes, nos livros didáticos, somente a erosão em voçoroca é representada, e a população somente considera que há erosão quando vemos uma enorme cratera no terreno. Aí já é tarde, a recuperação da paisagem vai custar muito caro, e o solo não vai mais voltar para o lugar que era dele.

3. COMO CONSERVAR O SOLO?

Vimos como a erosão se comporta e agora vamos ver as formas de combatê-la. Existem várias maneiras de conservar o solo, e é importante que as pessoas as conheçam muito bem, e estejam motivadas a executá-las. A seguir são apresentadas algumas formas de conservar o solo.

3.1. USO DO SOLO CONFORME SUA CAPACIDADE

Cada tipo de solo possui uma capacidade de uso, ou seja, um limite de uso sem que haja problemas de degradação. Por exemplo, um solo plano, profundo e argiloso não possui muitos problemas de erosão e por isso pode ser utilizado para a ocupação urbana, e para o cultivo de quase todas as culturas agrícolas, como grãos, hortaliças, pastagens,

frutíferas, florestas. Mas um solo declivoso e raso, ou muito arenoso, pode ter sérios problemas com erosão, e por isso não deveria ser usado para a expansão urbana, construção de estradas, ou o cultivo anual de grãos e hortaliças, por exemplo. Nesse caso, o solo deve ser usado para a preservação ambiental, ou no máximo o cultivo de pastagem, fruticultura ou floresta. Isso significa que para conservar o solo, deve-se escolher o uso adequado no lugar certo.

3.2. MANEJO ADEQUADO DO SOLO AGRÍCOLA

3.2.1. PREPARO REDUZIDO DO SOLO E PLANTIO DIRETO

O **preparo convencional** do solo agrícola com arado, grade e enxada rotativa deixa o mesmo muito solto (desagregado), o que facilita o arraste de terra pela enxurrada (Figura 6). Além disso, o preparo convencional elimina a cobertura de resíduos de plantas que naturalmente existiam, permitindo que as gotas da chuva atinjam diretamente o solo descoberto. Outro problema é a formação do "pé-de-arado", que é uma camada compactada de solo formada abaixo da camada revolvida, devido ao peso do trator e do equipamento de preparo. Essa camada compactada diminui a infiltração de água no solo e aumenta a quantidade de enxurrada que causa erosão.

Figura 06: Preparo convencional do solo com arado de discos. Note o que há redução da cobertura do solo após a aração. Eldorado do Sul (RS). Foto: Jeferson Dieckow.

Devido aos problemas do preparo convencional, é melhor que o agricultor utilize o **preparo reduzido** ou o plantio direto. O preparo reduzido é feito geralmente com um equipamento que não desagregada tanto o solo e não incorpora a palha tanto como o preparo convencional, chamado de escarificador. Este sistema de preparo reduz bastante as perdas de solo por erosão. Depois de dois ou três anos de uso do preparo reduzido, o agricultor pode então utilizar o sistema denominado de **"plantio direto"**, não revolvendo mais o solo e mantendo toda os restos do cultivo anterior na superfície (Figura 7). Estes resíduos das plantas anteriormente cultivadas são chamados de "palhada". Por isso, alguns também chamam este sistema de "plantio direto na palha". Com um solo coberto e mais agregado, a enxurrada não consegue arrastar a terra facilmente. Além disso, a palhada mantida na superfície absorve o impacto da gota da chuva, atuando como um "colchão", fazendo com que a água chegue e se infiltre lentamente no solo, sem causar danos por erosão.

Figura 07: Plantio direto: soja crescendo sobre os restos do trigo que já foi colhido. Observe como o solo encontra-se mais coberto e protegido do impacto da gota da chuva, em Arapongas (PR). Foto: Jeferson Dieckow.

Deve ser ressaltado que o plantio direto é um meios de controle da erosão mais eficientes, e mais utilizados no Brasil. Contudo, a maioria dos livros didáticos, utilizados na educação básica, sequer faz menção a este importante método de controle da erosão.

3.2.2. ROTAÇÃO DE CULTURAS E PLANTAS DE COBERTURA DO SOLO

Rotação de culturas é o cultivo de espécies diferentes para uma mesma área e para uma mesma época do ano. Ou seja, se no inverno de um ano a área é cultivada com uma determinada cultura, no inverno do ano seguinte essa área deve ser cultivada com outra cultura. O mesmo vale para o verão.

Numa rotação de culturas, é importante também que se utilizem plantas de cobertura do solo. Na região sul do Brasil estas plantas podem ser aveia preta, nabo forrageiro, ervilhaca, mucuna e outras. As plantas de cobertura são fundamentais para o plantio direto, pois mantém o solo coberto com a vegetação e garantem uma produção de palhada para a cobertura superficial no próximo cultivo.

Os benefícios da rotação de culturas para a conservação do solo são:

a) Manutenção da cobertura do solo, tanto pelas plantas como pela palhada, durante o ano todo, diminuindo a ação erosiva do impacto das gotas da chuva e do escorrimento superficial da enxurrada.

b) Fixação biológica de nitrogênio (N) que naturalmente existe no ar atmosférico, quando a cobertura for da família das leguminosas, reduzindo o uso de fertilizantes sintéticos.

c) Melhoria da agregação do solo, principalmente através da ação de raízes finas fasciculadas (cabeleira) como, por exemplo, as do milho, aveia e azevém, o que aumenta a resistência do solo contra a desagregação.

d) "Descompactação biológica" do solo através de raízes agressivas (pivotantes), como, por exemplo, as do tremoço, guandu, nabo forrageiro e crotalárias, que podem funcionar como verdadeiros "escarificadores biológicos" do solo.

3.2.3. CULTIVO EM NÍVEL

Consiste em realizar as atividades de preparo do solo, de plantio ou semeadura e de tratos culturais em nível ao longo do terreno (Figura 8). Pequenos camalhões e depressões deixados pelo preparo, bem como a linha de plantas, vão servir como barreiras contra a enxurrada, diminuindo sua força e capacidade de causar erosão. Muito diferente de quando o cultivo é feito morro abaixo. No plantio "morro abaixo" (Figura 9) a enxurrada se concentra facilmente nas entrelinhas e desce rapidamente a encosta, causando sérios problemas de erosão em sulcos. O cultivo morro abaixo é uma prática totalmente errada!

Figura 08: Cultivo em nível de hortaliças em Colombo (PR). Foto: Jeferson Dieckow.

Figura 09: Efeito do cultivo de soja "morro abaixo", no Oeste do Paraná. Note formação se sulcos de erosão na linha de plantio. Foto: Jeferson Dieckow.

3.2.4. Cultivo em faixas

É o cultivo de mais de uma cultura na mesma área e na mesma época, mas em faixas diferentes do terreno (Figura 10). A cada ano as culturas são trocadas entre as faixas, de forma a se fazer uma rotação de culturas entre espécies que podem proteger mais o solo e espécies que podem proteger menos. Para o cultivo em faixas é necessário demarcar curvas de nível no terreno.

Figura 10: Cultivo em faixas, com duas culturas, no Oeste de Santa Catarina. Foto: Nerilde Favaretto.

3.2.5. CORDÃO VEGETADO

É o plantio de espécies perenes em uma faixa no meio da lavoura que vai servir como uma barreia contra a enxurrada, diminuindo sua velocidade e forçando a infiltração de água (Figura 11). É uma cultura em faixa só que envolvendo uma cultura perene. O ideal é que essas faixas de retenção sejam cultivadas com plantas como cana-de-açúcar, capim colonião, capim cidreira ou outras perenes de crescimento agressivo.

Figura 11: Lavoura com cordões vegetados de cana-de-açúcar (seta amarela), no Oeste de Santa Catarina. Foto: Nerilde Favaretto.

3.2.6. TERRACEAMENTO

Consiste na construção de terraços na área (Figura 12). O terraço é uma estrutura de terra, que tem um camalhão e um canal. A função do terraço é parar a enxurrada. Ele é o "goleiro" do time da conservação do solo. Quando o terraço é construído em nível, a água da enxurrada que se acumula no canal do terraço é forçada a infiltrar no solo. Quando o terraço é construído em desnível, essa água escoa lentamente para

fora da lavoura, para uma área de mato, capoeira ou gramado, sem causar problemas de erosão. Solos mais rasos possuem menor capacidade de infiltração de água e por isso necessitam de terraços em desnível. Em solos profundos, o terraço pode ser em nível.

Figura 12: Terraço em desnível lentamente escoando água no canal, reduzindo a erosão em sulcos ou voçorocas. Foto: Glaucio Roloff.

A construção dos terraços geralmente é feita com arado ou com equipamentos especiais chamados de terraceadores.

Nos livros didáticos da educação básica muitas vezes é citada a construção de patamares (citados nestes livros como "terraços") (Figura 13), em regiões como os Andes ou o sudeste asiático. Este tipo de obra, para contenção de erosão, praticamente não é utilizada no Brasil, salvo em encostas de rodovias ou ferrovias. A citação destes patamares nos livros didáticos confunde o aluno, pois não é uma realidade para a maioria do território nacional.

Figura 13: Patamares existentes em Machu Pichu no Peru.
Foto: Aureo Sebastião Tesseroli de Lima.

3.3. MANEJO ADEQUADO DO SOLO URBANO

Nas áreas urbanas, os mesmos princípios das áreas agrícolas também se aplicam. Quando deixamos o solo descoberto, também facilita a erosão. Ao contrário, se deixarmos o solo coberto com plantas, gramados e árvores, estaremos protegendo o mesmo do impacto da gota da chuva, favorecemos a infiltração da água no solo, e reduzimos a erosão. A começar pela escola, é importante conscientizar o aluno sobre a importância de manter as áreas verdes, que ainda não estejam cobertas com calçadas, pois ali está o solo.

A construção de casas, prédios, asfalto, concreto e calçadas também prejudica o solo, devido à sua impermeabilização. Neste caso o solo deixa de ser um meio que permite a infiltração da água da chuva. Isto favorece o rápido escorrimento da água sobre a superfície do terreno, e com maior facilidade podem ocorrer enchentes. Quanto mais impermeabilizada for uma bacia hidrográfica urbana, maior será a possibilidade de ocorrerem enchentes, pois a água irá muito rápido para o rio, sem passar pelo solo. Por outro lado, nos períodos mais secos do ano, os rios urbanos tem sua vazão reduzida, pois a água não penetrou no solo, e não abasteceu os lençóis freáticos. Assim o rio urbano perde também sua finalidade de diluir a poluição devida aos esgotos clandestinos que atingem a rede de água pluvial.

Se a construção civil propiciar a perda de horizontes superficiais do solo, isto também condicionará a maior susceptibilidade do solo à erosão, pois os horizontes subsuperficiais são menos resistentes à enxurrada (Figura 14).

Figura 14: Erosão na área urbana de Curitiba (PR), causada pela retirada dos horizontes superficiais do solo. Foto: Nerilde Favaretto.

Ainda devemos considerar que a perda de horizontes, e a compactação do solo pelas máquinas e operários da construção civil, também reduz a porosidade do solo. Isto implica em menor infiltração da água da chuva, mas também reduz a possibilidade das raízes das árvores penetrarem o solo. Com isso aumenta o risco, durante tempestades, de árvores caírem sobre veículos, residências ou pessoas.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A vida no Planeta depende do solo e por isso a imprescindibilidade de sua conservação. Que possamos refletir sobre o tema conservação do solo e desenvolver ações para que de fato o solo exerça plenamente suas funções para o bem estar da civilização atual e das futuras. Aqui se inclui o bem estar de nossa sociedade, de nossas comunidades e nossas famílias.

atividade

Recolha informações de pelo menos duas pessoas adultas, que trabalham em sua escola, a respeito do entendimento que elas tem sobre a importância da conservação do solo. Como técnica de pesquisa você pode utilizar o questionário ou a entrevista semiestruturada (ver a apostila do módulo Técnicas de Pesquisa). Não explique, nem comente nada antes sobre solo, pois a ideia é não influenciar a resposta, mas captar o entendimento fiel que esta pessoa tem (ou não tem). Anote os resultados, sistematize, e escreva uma tarefa mostrando os dados encontrados, discutindo os mesmos. Se a pessoa não souber responder, não há problema! Simplesmente relate isso. Poste a tarefa com duas laudas, com letra Arial 12 e espaço 1,5. No cabeçalho coloque seu nome e de seu tutor.

Oito

unidade

SOLO E ÁGUA EM BACIAS URBANAS E RURAIS

Nerilde Favaretto[11]

1. APRESENTAÇÃO

Nos livros didáticos do ensino fundamental, muitas vezes o solo é apresentado como um corpo isolado dentro da paisagem, como se não fizesse parte do ambiente no qual está inserido. Ao contrário disso, o solo está intimamente relacionado com a paisagem, dentro da bacia hidrográfica, e em especial com o recurso água. Este capítulo pretende justamente situar o solo dentro da unidade de planejamento ambiental básica, que é a bacia hidrográfica, mostrando as relações entre os componentes solo e água. Ainda se pretende, ao final, discutir a qualidade de água nas bacias hidrográficas.

2. BACIA HIDROGRÁFICA

Bacia hidrográfica é uma área definida topograficamente, drenada por um curso de água, ou sistema conectado de cursos de água, de modo tal que toda a vazão efluente é descarregada através de uma única saída.

Em outras palavras, bacia hidrográfica (Figura 1) é uma área delimitada por divisores de água (topo de morro,

11. Engenheira Agrônoma, Doutora em Ciência do Solo. Professora do Departamento de Solos e Engenharia Agrícola da Universidade Federal do Paraná. Rua dos Funcionários, 1540, Cabral, Curitiba, PR. E-mail: nfavaretto@ufpr.br

espigão). Toda a água que precipita nessa área irá chegar a um único curso de água (sanga, arroio, córrego, rio). Dependendo da localização (urbana, rural ou mista), uma bacia hidrográfica pode possuir propriedades rurais, escolas, estradas, casas, edifícios, comunidades, centros urbanos, mananciais, indústrias, etc. E todos os componentes de uma bacia hidrográfica devem ser vistos de forma integrada no planejamento conservacionista de uma bacia.

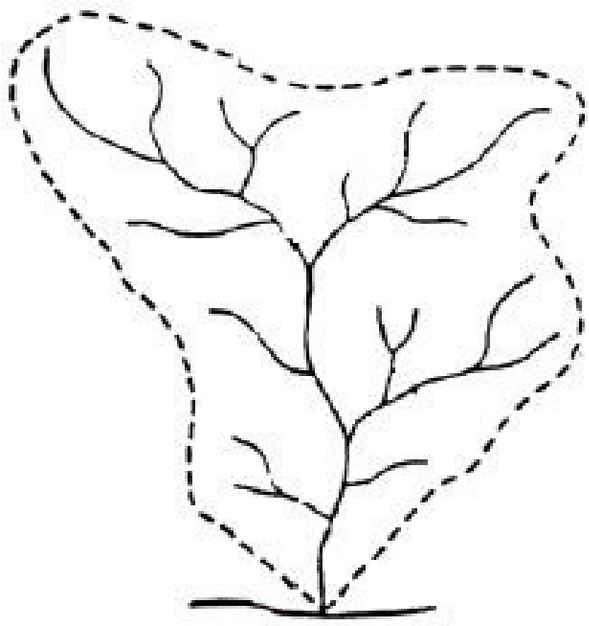


Figura 01: Representação esquemática de uma bacia hidrográfica. Fonte: adaptado de Mazuchowski (1981).

A bacia hidrográfica é também denominada de bacia de captação ou bacia de drenagem.

Cada bacia hidrográfica liga-se com outra constituindo a rede hidrográfica, ou seja, o conjunto de rios dispostos em hierarquias.

IMPORTANTE

Bacias hidrográficas não seguem obrigatoriamente os limites políticos dos bairros, cidades, municípios ou estados, mas sim os limites topográficos, ou seja, os limites dos divisores de água.

Veja as Figuras 2, 3 e 4 para entender a interligação das bacias hidrográficas formando a rede hidrográfica. A bacia do rio do Corvo pertence à bacia do rio Canguiri (Figura 2). A bacia do rio Canguiri pertence à bacia do rio Irai. A bacia do rio Irai pertence à bacia do alto Iguaçu (Figura 3). A bacia do alto Iguaçu pertence à bacia do rio Iguaçu (Figura 4).

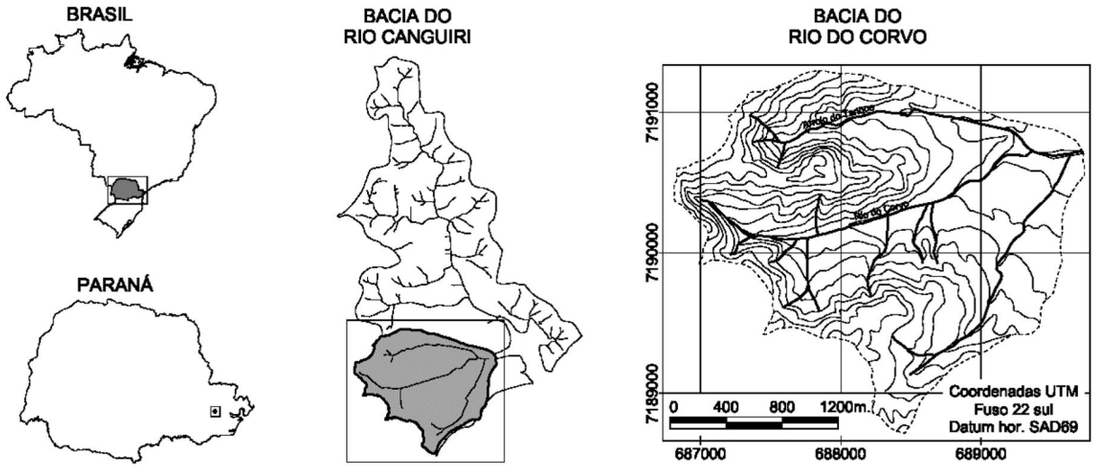


Figura 02: Bacia do rio do Corvo a qual está inserida na bacia do rio Canguiri. Fonte: Sirtoli et al. (2008).

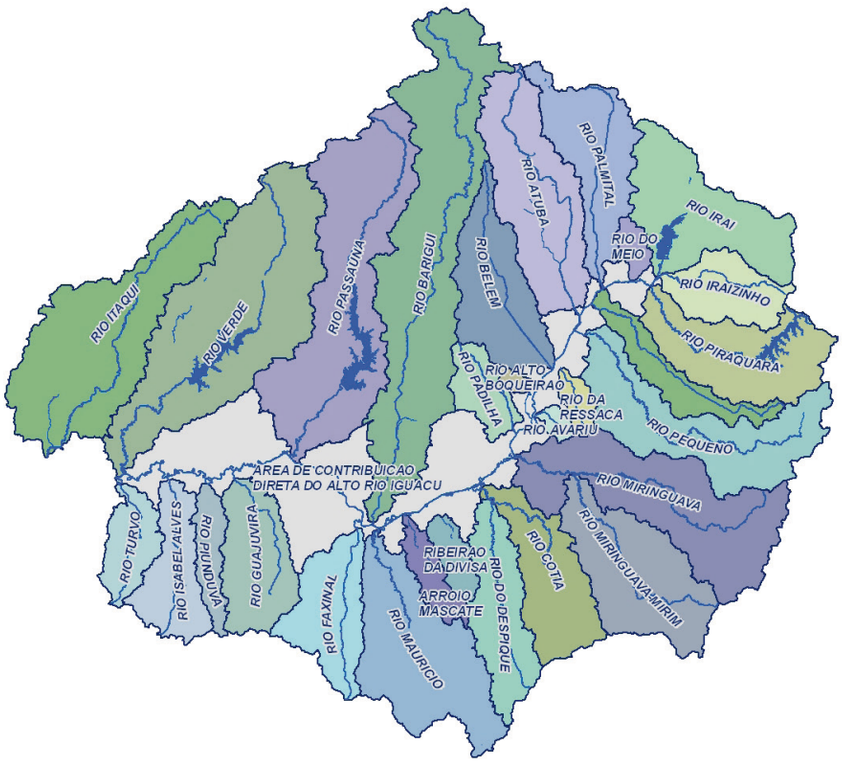


Figura 03: Bacia hidrográfica do alto Iguaçu. A bacia do rio Irai, da qual pertence o rio Canguiri, está inserida na bacia do alto Iguaçu. Fonte: SUDERHSA (2000). Disponível em <http://www.aguasparana.pr.gov.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=90>

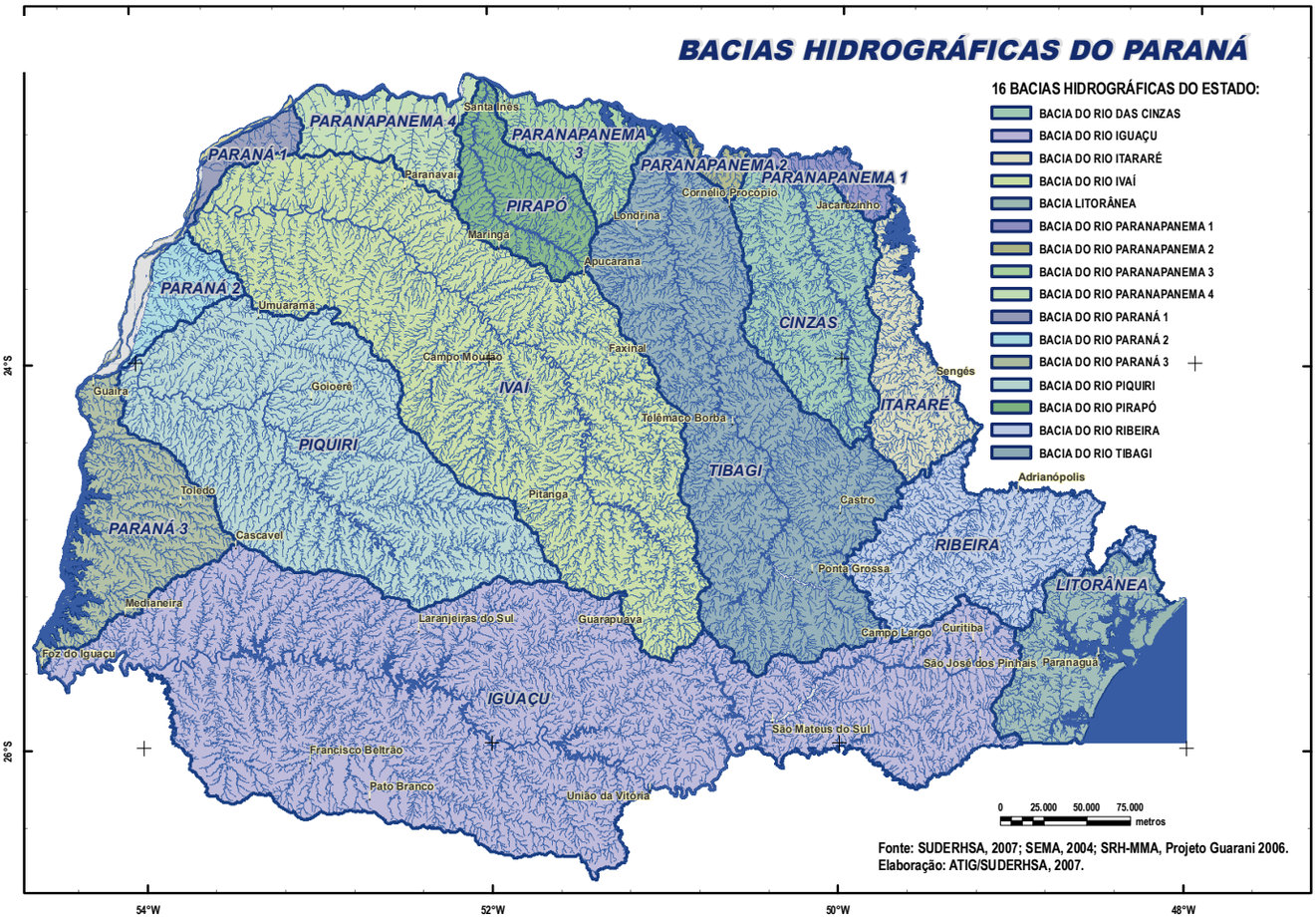


Figura 04: Bacias hidrográficas do estado do Paraná. Fonte: SUDERHSA (2007). Disponível em < http://www.aguasparana.pr.gov.br/arquivos/File/DADOS%20ESPACIAIS/

Quando nos referimos a uma pequena bacia hidrográfica é comum usar o termo microbacia, e quando queremos diferenciar uma bacia dentro de outra bacia é comum usar o termo sub-bacia. No entanto, não existe um tamanho específico que represente cada uma dessas áreas.

Por exemplo, na bacia ou microbacia do rio Campestre (aproximadamente 1000 hectares) (Figura 5), que está situada no município de Colombo, Região Metropolitana de Curitiba, podemos dividir em sub-bacia A e sub-bacia B. Dentro dessa sub-bacia A podemos dividir em A1, A2 e A3 e dentro da sub-bacia B podemos dividir em B1, B2, B3 e B4. Portanto os termos bacias e sub-bacias são relativos.

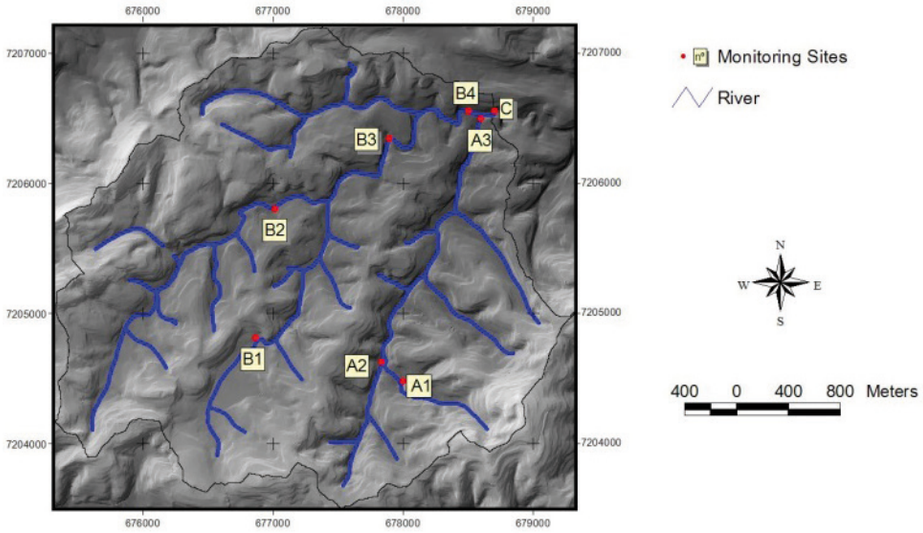


Figura 05: Bacia do rio Campestre subdividida em sub-bacia A e sub-bacia B. A microbacia do rio Campestre pertence a bacia do rio Capivari que por sua vez pertence a bacia do rio Ribeira. Fonte: Ribeiro et al. (2014).

O planejamento e a execução de programas de conservação do solo e da água ao nível de bacia hidrográfica tem sido a estratégia utilizada para enfrentar os problemas envolvendo o uso e manejo inadequado dos recursos solo e água, principalmente no meio rural.

3. RECURSOS NATURAIS SOLO E ÁGUA

Tradicionalmente o solo é considerado um recurso natural renovável. Mas por causa da intensa degradação promovida nos últimos séculos, a disponibilidade do solo está sendo gravemente comprometida. Por isso, na realidade atual e em termos práticos, o solo deve ser considerado um recurso natural não renovável. A quantidade de solo que é perdida a cada ano por degradação causada pelo ser humano pode superar bastante a quantidade de solo que é formada a cada ano pela natureza. Isso gera um desequilíbrio que leva o solo ao seu esgotamento. Com isso, as futuras gerações não terão a oportunidade de usufruir desse valioso recurso.

reflexão

O que farão nossos filhos, netos, bisnetos após o esgotamento do solo? Será possível moer uma rocha e transformá-la em solo? Será possível produzir alimento sem o solo?

Algumas hortaliças já são cultivadas em hidroponia, onde as raízes crescem em água e não no solo. Mas não é possível produzir todos os tipos de alimentos e nem crescer árvores em hidroponia. Também é remota a possibilidade de produzirmos industrialmente um solo para suprir a demanda deste recurso. Por isso, é quase impossível manter a vida humana na Terra sem o solo. Assim, precisamos conservar o solo, cuidar bem dele. E isso é uma tarefa de todos nós.

O agricultor tem o dever de conservar o solo, mas não só o agricultor. As pessoas que moram na cidade também!

A água, por outro lado, é considerada um recurso natural renovável. Ela é constantemente suprida pela natureza através do ciclo hidrológico. Mas o problema é que a população está aumentando e se concentrando nas áreas urbanas. O pior é que a maioria das pessoas não usa a água de uma forma racional. Elas simplesmente esbanjam no consumo. O uso e manejo do solo de forma inadequada diminiu a infiltração de água no solo e consequentemente diminiu o armazenamento em subsuperfície, a qual abastecerá os rios pelas nascentes. A poluição dos rios, principalmente nas cidades, pelo esgoto das residências, estabelecimentos comerciais, industriais e de serviços, é outro grande problema.

Por essas razões é que a água em nosso planeta está se tornando um recurso finito e muito tem se falado sobre a crise da água ou crise dos recursos hídricos.

reflexão

Como a falta de água nos afetaria? Será que iremos sobreviver sem o recurso água? Por quanto tempo uma pessoa sobrevive sem tomar água? Os alimentos podem ser produzidos sem água? Por que há falta de água se estamos rodeados por rios, oceanos e mares?

Infelizmente muitos rios, principalmente no meio urbano, estão poluídos, e apesar de existir uma imensidão de água salgada, o processo de transformação desta em água potável para o uso humano é muito caro.

reflexão

Será a crise da água no Brasil um problema de quantidade (falta de chuva) ou de qualidade (poluição)?

IMPORTANTE
A conservação da água depende da conservação do solo.

glossário

Conservação do solo: combinação de todos os métodos de manejo e uso da terra que protegem o solo contra o seu esgotamento ou deterioração por fatores naturais ou induzidos pelo ser humano.
Conservação da água: controle, proteção, manejo e uso dos recursos hídricos para o máximo benefício da população, agricultura, indústria, comércio e outros segmentos da economia.

4. CICLO HIDROLÓGICO

O ciclo hidrológico é o "caminho" que a água percorre na natureza. Os principais processos do ciclo hidrológico são: **precipitação, interceptação, infiltração, escoamento superficial, evaporação** e **transpiração** (Figura 6).

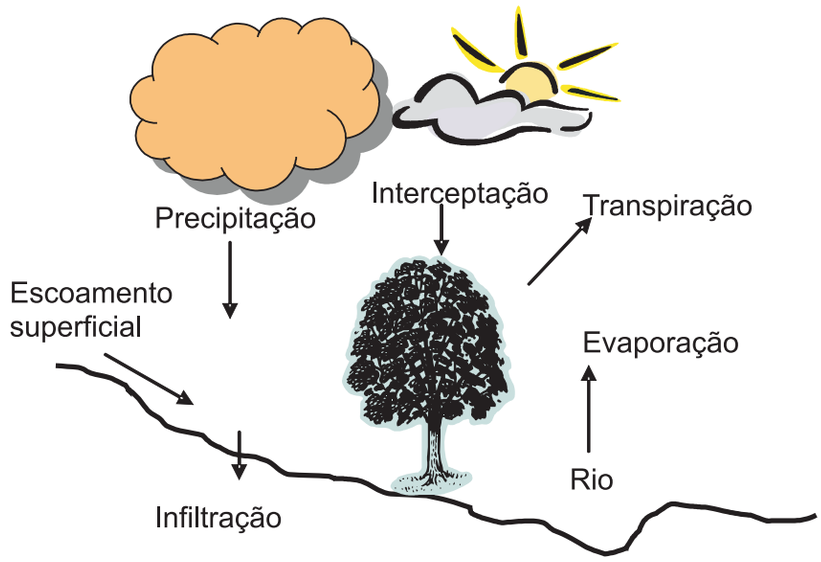


Figura 06: Representação simplificada do ciclo hidrológico ou ciclo da água na natureza. Fonte: modificado de Santa

Precipitação: A atmosfera contém vapor de água. Esse vapor se condensa em pequenas gotículas que formam as nuvens. Essas gotículas crescem e, a partir de um determinado tamanho, elas caem na forma de gotas de chuva, ou seja, precipitam. A chuva é a forma mais comum de precipitação, mas granizo e neve também são formas de precipitação.

Interceptação: Parte da água da chuva é retida, ou seja, interceptada pelas folhas e caules de plantas. Essa água não chega até a superfície do solo.

Infiltração: Parte da água que chega até a superfície do solo irá penetrar no mesmo, através de poros e canais. Uma parte dessa água será absorvida pelas raízes, garantindo a sobrevivência das plantas. Outra parte continuará descendo através do perfil do solo e irá abastecer os depósitos subterrâneos de água, os quais por sua vez abastecem as águas superficiais através das nascentes. Nesse caso o solo funciona como um "filtro" de água.

Escoamento superficial: Nem toda a água da chuva que chega até a superfície do solo vai infiltrar. O solo tem uma capacidade limitada de infiltração. Logo, o excesso de água vai escoar superficialmente, formando a enxurrada que desce a ladeira. **Essa enxurrada carrega partículas de solo, lixo, substâncias poluentes, etc.** que vão ser jogados nos rios. Ou seja, ao contrário do que ocorre com a água infiltrada, no escoamento superficial a água chegará suja no rio. **Nas cidades isso é um problema relativamente comum, pois as calçadas, o asfalto e as construções impedem a infiltração da água no solo.** Não tendo como infiltrar, ela vai escoar superficialmente. Os alagamentos que são comuns em algumas cidades são causados justamente pela baixa infiltração da água no solo.

Além de transportar as partículas do solo, onde muitos poluentes podem estar associados, o escoamento superficial também transporta poluentes na forma solúvel, ou seja dissolvido na água. Nota-se, portanto, que o escoamento superficial compromete tanto a qualidade da água como também do solo. **Por isso, a meta é sempre reduzir o escoamento superficial favorecendo a infiltração.**

Evaporação e Transpiração: A energia solar aquece a água

na superfície da crosta terrestre (água do solo, rios, lagos e oceanos). Com esse aquecimento, a água originalmente no estado líquido evapora para a atmosfera na forma de vapor. As plantas também liberam água na forma de vapor para a atmosfera por meio da transpiração. Na atmosfera, o vapor de água se condensa novamente e precipita, fechando assim o ciclo hidrológico ou o "caminho" da água na natureza.

5. QUALIDADE DA ÁGUA

5.1. USO DA ÁGUA

A água é utilizada para vários fins e, entre eles, destaca-se o consumo humano direto. Outras formas de uso da água incluem o consumo animal e industrial, a pesca, a aquicultura, a irrigação, a recreação, a navegação, a geração de energia hidrelétrica e a diluição de efluentes (esgotos).

Além do abastecimento doméstico e uso industrial, a água é fundamental para a produção de alimentos. Todos os alimentos produzidos, sejam os de origem animal ou vegetal, necessitam de grandes volumes de água. Considerando-se desde o estágio inicial até a chegada ao consumidor, estima-se que para produzir um quilograma de cereal, necessita-se de 1.500 litros de água. Para se produzir um quilograma de carne fresca de bovino necessita-se de 15.000 litros de água (TUNDISI, 2003).

CURIOSIDADES

A água é fundamental para as funções vitais dos seres vivos. Cerca de 70% da massa corporal de uma pessoa é constituída de água. Estima-se que uma pessoa necessita, no mínimo, 5 litros de água por dia para beber e cozinhar, e 25 litros para higiene pessoal (Tundisi, 2003). No entanto, o volume de água utilizado, incluindo o consumo no interior da casa (água de beber, cozinhar, lavar etc.) e fora da casa (piscina e lavagem de quintal e carro) varia nos diferentes países. Só para ilustrar: uma pessoa nos Estados Unidos da América consome cerca de 575 litros de água por dia, na Itália 386 litros, na Alemanha 193 litros, no Brasil 187 litros, e em vários países africanos 15 litros. A Organização Mundial da Saúde recomenda um consumo por pessoa de 110 litros por dia, sendo 50 litros o limite mínimo associado a pobreza hídrica http://arte.folha.uol.com.br/ambiente/2014/09/15/crise-da-agua/). Estima-se que aproximadamente metade da população mundial viverá em alto estresse hídrico nos próximos anos.

5.2. DISPONIBILIDADE DE ÁGUA

A água cobre mais de 70% da superfície do globo terrestre, mas nem toda essa água está prontamente disponível para o consumo humano. Conforme algumas estimativas (Tabela 1), 97,4% do volume total de água do planeta é salgada, e por isso imprópria para o consumo humano direto. Trata-se da água contida em oceanos e mares. Os 2,6% restantes são de água doce, mas nem por isso disponíveis aos seres humanos, pois estão na forma de geleiras ou em depósitos subterrâneos. O volume de água que efetivamente pode ser utilizado de forma direta pelos seres humanos representa somente 0,008% do volume total. Essa é a água que denominamos de superficial, presente nos lagos, rios, solo, planta e atmosfera. Como a existência dos seres humanos está na dependência dessa pequena percentagem de 0,008% da água do globo terrestre, é de suma importância o estabelecimento de medidas visando a conservação dessa água.

TABELA 1. Estimativa global da distribuição do volume total de água em diferentes formas. Fonte: Troeh et al. (1999).

FORMA	KM3	%DO TOTAL
Água em plantas e animais	1.100	0,0001
Água na forma de vapor	13.000	0,0009
Água em rios, lagos e reservatórios	100.000	0,007
Água subterrânea (solo e rochas)	8.300.000	0,6
Água em geleiras e neve	27.500.000	2,0
Água em oceanos e mares	1.350.000.000	97,4

5.3. POLUIÇÃO DA ÁGUA

Existem basicamente duas formas de poluição das águas: pontual (direta) ou difusa (indireta).

glossário

Poluição pontual: o poluente é jogado diretamente no rio ou lago, como é o caso de esgoto doméstico, lixo, resíduo de indústria, esterco de animais, etc. (Figura 7).

Poluição difusa: o poluente chega ao rio ou lago transportado pela superfície ou subsuperfície do solo. Um exemplo de poluição difusa é a entrada de agrotóxicos e nutrientes na água dos rios via escoamento superficial. É considerada difusa porque os agrotóxicos e nutrientes são aplicados na lavoura e daí são transportados até os rios ou lagos (Figuras 8 e 9).

Figura 07: Poluição pontual com entrada direta de esgoto no rio.

Fonte: http://pt.wikipedia.org/wiki/Efluente#mediaviewer/File:Discharge_pipe.jpg

Figura 08: Poluição difusa em áreas urbanas com lixo transportado pelo escoamento superficial. Foto: Nerilde Favareto.

Figura 09: Poluição difusa em áreas rurais com nutrientes e agrotóxicos aplicados no solo sendo transportados pelo escoamento superficial. Foto: Nerilde Favaretto.

A discussão em torno da sustentabilidade ambiental vem aumentando consideravelmente no mundo. Um dos principais tópicos dessa discussão é a degradação da qualidade da água.

Dentre as fontes poluidoras da água no meio rural, os fertilizantes (minerais e orgânicos) e os agrotóxicos têm sido considerados os principais. Já no meio urbano, pode-se dizer que a principal fonte poluidora da água é a descarga do esgoto doméstico e industrial diretamente nos cursos de água. Outra fonte poluidora no meio urbano é o lixo jogado inadequadamente nas ruas e calçadas, o qual, após uma chuva é transportado até os cursos de água através da enxurrada.

No Brasil, a poluição da água é um problema sério. Estima-se que 65% das internações hospitalares estão relacionadas ao uso de água imprópria para o consumo humano (TUNDISI, 2003).

Outro problema sério advindo da poluição das águas é a eutrofização, a qual se refere à concentração elevada de nutrientes, principalmente nitrogênio e fósforo, o que propicia o crescimento acelerado de algas (Figura 10) e plantas aquáticas (Figura 11).

Figura 10: Eutrofização: Enriquecimento da água com nutrientes, principalmente nitrogênio e fósforo, o que propicia o crescimento acelerado de algas. Foto: Nerilde Favaretto

Figura 11: Crescimento exagerado de plantas aquáticas (aguapé) devido à disponibilidade de nutrientes no corpo hídrico (rio ou lago). Foto: Marcelo Ricardo de Lima.

A algas e plantas aquáticas completam o ciclo e morrem e assim ocorre a decomposição das mesmas. Nesse processo de decomposição o nível de oxigênio na água diminui drasticamente, levando peixes e outros organismos aquáticos a morte. Além disso, o crescimento excessivo de algas em reservatórios de abastecimento para consumo humano pode causar problemas devido à alteração na cor e sabor da água e também devido à possível liberação de algumas toxinas.

A redução do nível de oxigênio na água também pode ocorrer em função da decomposição de material orgânico descarregado direta ou indiretamente, tais como esgoto doméstico, resíduo industrial e dejetos de animais de criação, sem necessariamente ser um problema de eutrofização.

Outro problema de poluição da água está relacionado à concentração de nitrato na mesma. O nitrato é uma forma de nitrogênio que, em alta concentração, causa uma doença conhecida como metahemoglobinemia ou síndrome do bebê azul. Essa doença se caracteriza pela falta de transporte de oxigênio no sangue. Além dessa doença, muito se discute sobre o efeito do nitrato como possível causador de câncer. Por ser o nitrato um elemento muito móvel no solo, seu problema de poluição aparece principalmente nas águas subterrâneas.

5.4. AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA

O principal objetivo da avaliação da qualidade da água é verificar se a qualidade está adequada para determinado uso. Como se faz essa avaliação? Coletam-se amostras de água e, a partir dessas amostras, são feitas análises diretamente no campo ou em laboratório. Vários são os parâmetros ou indicadores de qualidade de água analisados para verificar a qualidade da mesma.

Principais parâmetros ou indicadores de qualidade de água: cor, gosto, odor, pH, condutividade elétrica, turbidez, sólidos totais, presença de nutrientes, presença de metais pesados, presenca de agrotóxicos, oxigênio dissolvido, demanda química de oxigênio (DQO), demanda bioquímica de oxigênio (DBO), coliformes totais, coliformes fecais ou termotolerantes, *Escherichia Coli.*

O padrão de potabilidade da água para consumo humano, em vigor no Brasil, é o estabelecido pelo Ministério da Saúde na Portaria no. 2.914 de 2011. Os padrões estabelecidos nessa portaria tem função específica de proteger a saúde humana, sendo utilizado para água destinada ao consumo direto pelo ser humano. Portanto, se voce quiser saber se uma determinada água está adequada para consumo direto, deve comparar os resultados analíticos dos vários parâmetros analisados na amostra da mesma com os valores estabelecidos pela Portaria no. 2.914 de 2011.

O Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), através da Resolução no. 357 de 2005, também estabelece padrões de qualidade, porém esses padrões são definidos de acordo com os usos estabelecidos para aquele curso de água. De acordo com esta Resolução, os rios devem ter o seu uso prioritário definido por legislação (o enquadramento das águas cabe aos orgãos govenamentais) e, a partir daí, são definidos os limites máximos permitidos de acordo com o uso previamente definido. Portanto, diferente da Portaria no. 2.914 de 2011, a resolução CONAMA 357 de 2005 apresenta padrões de qualidade para as diferentes classes de uso dentro das categorias de água doce, salina e salobra.

LEGISLAÇÃO

Resolução do CONAMA nº 357/2005

http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=459

Portaria do Ministério da Saúde nº 2.914/2011

http://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2011/prt2914_12_12_2011.html

Além da avaliação da qualidade da água por parâmetros individuais, como explicado anteriormente, tem-se também utilizado o índice de qualidade de água (IQA).

O IQA tem sido utilizado para resumir os parâmetros (variáveis) analisados num número, sendo um meio de comunicação simplificado entre profissionais e o público sobre o grau de poluição.

Existem várias formas de calcular o IQA. O Instituto Ambiental do Paraná (IAP) utiliza a metodologia da Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB), que calcula o produtório ponderado das qualidades de água correspondentes aos parâmetros: temperatura, pH, oxigênio dissolvido, demanda bioquímica de oxigênio, coliformes termotolerantes, nitrogênio total, fósforo total, resíduo total e turbidez.

A partir do cálculo efetuado, pode-se determinar a qualidade das águas brutas, que é indicada pelo IQA, variando numa escala de 0 a 100 (Tabela 2).

IMPORTANTE

O IQA não e utilizado como forma de avaliação da qualidade de água para consumo humano direto, mas sim para inferir sobre a qualidade da água bruta, ou seja, não tratada.

TABELA 2. Classificação da qualidade da água de acordo com o IQA (Fonte: http://www.cetesb.sp.gov.br/agua/ÁguasSuperficiais/42-Índice-de-Qualidade-dasÁguas-(iqa))

CATEGORIA	VALOR DE IQA
Ótima	79-100
Boa	51-79
Regular	36-51
Ruim	19-36
Péssima	0-19

5.5. CONSERVAÇÃO DA ÁGUA

A Política Nacional de Recursos Hídricos (Lei 9.433 de 1997) reconhece que a água é um recurso natural limitado. Em situações de escassez de água, essa lei prevê que o uso prioritário da mesma é para os abastecimentos humano e animal.

A disponibilidade de água no nosso planeta está diminuindo gradativamente, em função da degradação do meio ambiente, crescimento populacional e expansão da fronteira agrícola. Um exemplo claro é o racionamento de água enfrentado em diversos centros urbanos. Os reservatórios não estão conseguindo suprir a crescente demanda de água pela população. Assim, o incentivo à programas de desenvolvimento sustentável voltados à utilização adequada dos recursos naturais água e solo é uma medida a ser urgentemente considerada.

Quando se fala em conservação da água, tanto no meio rural como no urbano, não se pode deixar de mencionar a importância da vegetação próxima aos rios e nascentes (mata ciliar). Esta faixa de vegetação funciona como um filtro, evitando a entrada de diversos poluentes na água. No meio rural tem-se utilizado programas de conservação de solo e água ao nível de bacia hidrográfica, utilizando-se de várias práticas dentre elas a restauração de matas ciliares.

A conservação da água no meio urbano está muito mais direcionada ao controle da poluição direta, ou seja, controle da entrada de esgoto doméstico e industrial diretamente no rio. No entanto, o controle do escoamento superficial urbano, que é uma fonte não pontual de poluição da água, também precisa ser considerado. Aumentar a porcentagem de área vegetada em centros urbanos é uma forma de diminuir a poluição da água superficial, pois possibilita uma maior infiltração de água no solo e redução do escoamento superficial.

saiba mais

Recomendação de textos e vídeos sobre crise da água: http://arte.folha.uol.com.br/ambiente/2014/09/15/crise-da-agua/

atividade

Escolha uma bacia hidrográfica para estudar na qual está inserida sua escola. Em Curitiba temos as seguintes bacias hidrográficas: Ribeirão dos Padilhas, Atuba, Barigui, Belém, Iguaçu e Passaúna. Considere que você vai apresentar uma aula sobre a bacia hidrográfica para pessoas que não conhecem o local e pretende sensibilizar o público para a necessidade de preservação/recuperação. Faça uma descrição geral da bacia contendo o máximo de informações. Nesta descrição inclua informações como por exemplo, nome do rio, área, principais córregos contribuintes, ocupação do solo, vegetação existente, programas de recuperação ou educação ambiental desenvolvidos na bacia, reportagens sobre a bacia, entre outros. Você pode procurar estas informações no Google.

Ainda, se possível:

a) fotografe o rio ou córrego próximo a sua escola em situações de preservação e degradação;

b) identifique fontes de poluição (pontual ou difusa) referente a sua bacia;

c) pesquise resultados analíticos de alguns parâmetros de qualidade de água da bacia e indique onde é o ponto de monitoramento, ou seja, em que local do rio a água é coletada para análise;

d) pesquise o valor de IQA (índice de qualidade de água) do rio.

Ainda, se tiver interesse em aprofundar, você pode comparar os resultados analíticos dos parâmetros de qualidade de água obtidos na sua bacia (se houverem) com os limites máximos permitidos pela Resolução do CONAMA 357/2005.

Liste todas as fontes bibliográficas pesquisadas conforme a NBR 6023 da ABNT. Essa atividade dever ter no mínimo 2 (duas) páginas de texto em fonte Arial tamanho 12 e espaço 1,5 (desconsiderando as fotos e as fontes bibliográficas).

referências

UNIDADE I

FERREIRA, M.M. Caracterização física do solo. In: van LIER, Q. J. (Ed). **Física do solo.** 1. ed. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2010. p. 1-27.

LIMA, V.C.; LIMA, M.R. Formação do solo. In: LIMA, V.C.; LIMA, M.R.; MELO, V.F. (Eds.). **O solo no meio ambiente:** abordagem para professores do ensino fundamental e médio e alunos do ensino médio. Curitiba: Universidade Federal do Paraná, Departamento de Solos e Engenharia Agrícola, 2007. p. 1-10.

LOPES ASSAD, M.L. Fauna do solo. In: VARGAS, M.A.T.; HUNGRIA, M. (Eds.). **Biologia dos solos dos Cerrados.** Planaltina: EMBRAPA-CPAC, 1997. p. 363-443.

LOVELOCK, J. **Gaia:** cura para um planeta doente. São Paulo: Cultrix, 2006. 192 p.

MEA. MILLENIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT. **Ecosystems and human well-being:** synthesis. Washington: Island Press, 2005. 137 p.

MOTTA, A.C.V.; BARCELLOS, M. Fertilidade do solo e ciclo dos nutrientes. In: LIMA, V.C.; LIMA, M.R.; MELO, V.F. (Eds.). **O solo no meio ambiente:** abordagem para professores do ensino fundamental e médio e alunos do ensino médio. Curitiba: Universidade Federal do Paraná, Departamento de Solos e Engenharia Agrícola, 2007. p. 49-64.

ODUM, E.P.; BARRET, G.W. **Fundamentos de ecologia.** São Paulo: Thomson Learning, 2007. 612 p.

TYLER MILLER, G.; SPOOLMAN, S.E. **Ecologia e sustentabilidade.** Trad. 6. ed. norte-americana. São Paulo: Cengage Learning, 2012. 295 p.

UNIDADE II

CURI, N.; LARACH, J.O.I.; KAMPF, N.; MONIZ, A.C.; FONTES, L.E.F. **Vocabulário de ciência do solo.** Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1993. 90 p.

LEPSCH, I.F. **19 lições de pedologia.** São Paulo: Oficina de Textos, 2011. 456 p.

MELO, V.F.; LIMA, V.C. Composição do solo, crescimento de plantas e poluição ambiental. In: LIMA, V.C.; LIMA, M.R.; MELO, V.F. (Eds.). **O solo no meio ambiente:** abordagem para professores do ensino fundamental e médio e alunos do ensino médio. Curitiba: Universidade Federal do Paraná, Departamento de Solos e Engenharia Agrícola, 2007. p. 27-48.

COSTA, C.N.; MEURER, E.J.; LIMA, C.V.S.; SANTOS, R.C.. Contaminantes e poluentes do solo e do ambiente. In: MEURER, E.J. (Ed.). **Fundamentos de química do solo.** Porto Alegre: Evangraf, 2012. p. 201-242.

UNIDADE III

LIMA, V.C.; MELO, V.F. Perfil do solo e seus horizontes. In: LIMA, V.C.; LIMA, M.R.; MELO, V.F. (Eds.). **O solo no meio ambiente:** abordagem para professores do ensino fundamental e médio e alunos do ensino médio. Curitiba: Universidade Federal do Paraná, Departamento de Solos e Engenharia Agrícola, 2007. p. 13-16.

LIMA, M.R. Noções de morfologia do solo. In: LIMA, V.C.; LIMA, M.R.; MELO, V.F. (Eds.). **O solo no meio ambiente:** abordagem para professores do ensino fundamental e médio e alunos do ensino médio. Curitiba: Universidade Federal do Paraná, Departamento de Solos e Engenharia Agrícola, 2007. p. 17-26.

UNIDADE IV

BHERING, S.B.; SANTOS, H.G. (Eds.). **Mapa de solos do estado do Paraná:** legenda atualizada. Rio de Janeiro: Embrapa Florestas, Embrapa Solos, Instituto Agronômico do Paraná, 2008. 74 p.

LIMA, V.C.; LIMA, M.R.; MELO, V.F. Classificação brasileira de solos. In: LIMA, V.C.; LIMA, M.R.; MELO, V.F. (Eds.). **O solo no meio ambiente:** abordagem para professores do ensino fundamental e médio e alunos do ensino médio. Curitiba: Universidade Federal do Paraná, Departamento de Solos e Engenharia Agrícola, 2007. p. 77-88.

LIMA, V.C.; LIMA, M.R.; MELO, V.F. **Conhecendo os principais solos do Paraná:** abordagem para professores do ensino fundamental e médio. Curitiba: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, Núcleo Estadual Paraná, 2012. 18 p.

SANTOS, H.G. et al. **Sistema brasileiro de classificação de solos.** 3. ed. Rio de Janeiro, Embrapa Solos, 2013. 353 p.

UNIDADE V

LIMA, J.M.J.C.; LIMA, V.C.; HOCHMULLER, D.P. Toposequência de solos no sudoeste do Paraná I. Características morfológicas, granulométricas e químicas. **Revista do Setor de Ciências Agrárias,** Curitiba, v. 6, p. 51-61, 1984.

MOTTA, A.C.V.; BARCELOS, M. Fertilidade do solo e ciclo dos nutrientes. In: LIMA, V.C.; LIMA, M.R.; MELO, V.F. **O solo no meio ambiente:** abordagem para professores do ensino fundamental e médio. Curitiba: UFPR/DSEA, 2007. p. 49-64.

UNIDADE VI

CROSSLEY, D.A.; MUELLER, B.R.; PERDUE, J.C. Biodiversity of microarthropods in agricultural soils: relations to processes. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 40, p. 37-46, 1992.

DROZDOWICZ, A. Bactérias do solo. In: VARGAS, M.; HUNGRIA, M. (Eds.). **Biologia dos solos dos cerrados.** Planaltina: Embrapa/CPAC, 1997. p. 17-60.

HOLE, F.D. Effects of animals on soil. **Geoderma**, v. 25, p. 75-112, 1981.

MERCANTE, F.M. **Uso de inoculante garante economia de três bilhões de dólares na cultura da soja no país,** 2005. Disponível em: < http://www.embrapa.br/imprensa/artigos/2005 > Acesso em 08 de outubro de 2014.

MOREIRA, F.M.S.; SIQUEIRA, J.O. **Microbiologia e bioquímica do solo.** 2. ed. Lavras: Editora UFLA, 2006. 729 p.

SIQUEIRA, J.O.; FRANCO, A.A. **Biologia e tecnologia do solo.** Lavras: Escola Superior de Agricultura de Lavras, 1993. 236 p.

UNIDADE VIII

MAZUCHOWSKI, J.Z. **Planejamento conservacionista.** Curitiba: Associação de Crédito e Assistência Rural do Paraná, 1981. 39 p.

RIBEIRO, K.H.; FAVARETTO, N.; DIECKOW, J.; SOUZA, L.C.P.; MINELLA, J.P.G.; ALMEIDA, L.; RAMOS, M.R. Quality of surface water related to land use: a case study in a catchment with small farms and intensive vegetable crop production in southern Brazil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 38, n. 2, p. 656-668, 2014.

SANTA CATARINA. Secretaria de Estado da Agricultura e Abastecimento. **Manual de uso, manejo e conservação do solo e da água.** 2. ed. Florianópolis: EPAGRI, 1994. 338 p.

SIRTOLI, A.E.; SILVEIRA, C.T.; SILVA, C.R.; MANTOVANI, L.E.; RIBEIRO, S.R.A.; OKA-FIORI, C. Atributos topográficos secundários no mapeamento de pedoformas. **Geociências**, v. 27, n. 1, p. 63-77, 2008.

TROEH, F.R.; HOBBS, J.; DONAHUE, R.L. **Soil and water conservation:** productivity and environmental protection. 3. ed. New Jersey: Prentice Hall, 1999. 610 p.

TUNDISI, J.G. **Água no século XXI:** enfrentando a escassez. São Carlos: RIMA, IIE, 2003. 248 p.

COPEFOR
Coordenação de Políticas de Formação de Professores

UFPR

UFPR
PROGRAD
Pró-Reitoria de Graduação e Educação Profissional