

Solo

manejo, conservação e uso sustentável



Samuel do Carmo Lima



Solo: Manejo, Conservação E Uso Sustentável

Samuel do Carmo Lima

Coord.: Marlene Teresinha de Muno Colesanti



Uberlândia / 2007

Sumário

• O que é solo?, 3

• Manejo e conservação, 29

• Uso sustentável do solo, 44

• Conclusão, 50

• Referências, 51

• O autor, 52

O Que É Solo?



e a origem da palavra Pedologia (respectivamente, do latim e grego, ped ou pedon = terra onde se pisa, logos = estudo) nos leva a entender que os solos são a superfície da terra onde pisamos, temos que ampliar esse conceito para entender que os solos também são o que está abaixo.

Nos primórdios da existência do homem, enquanto ele era somente um caçador ou um mero apanhador de alimentos, o solo era visto apenas como alguma coisa abaixo da superfície da Terra, que fornecia suporte para movimentação e habitação. Neste sentido, os gregos antigos tinham razão. Entretanto, quando o homem começou a cultivar a terra, o solo passou a ter uma outra utilidade. Podia se plantar: ao enterrar a semente, que germinaria, fazendo crescer a planta que serviria de alimento ao homem, o solo passou a ser visto como um meio para o desenvolvimento das plantas, e, assim, nascia a agricultura. Até hoje, para a agronomia, o solo que lhe interessa se estende até cerca de 60 cm de profundidade a partir da superfície, no limite do enraizamento das principais plantas cultivadas.

Os primeiros agricultores passaram a observar que alguns solos eram mais produtivos do que outros. Os solos pouco produtivos eram abandonados, quando outros mais produtivos eram encontrados. Enquanto caminhava procurando novas terras e ia acumulando conhecimentos sobre os solos, observava também que a terra ficava cansada se cultivada por anos seguidos e que, depois de um tempo, em descanso (pousio), ela podia voltar a produzir como antes.

Muitas civilizações antigas, como o Egito e a Mesopotâmia, floresceram às margens de grandes rios, que, após as cheias, deixavam sedimentos que enriqueciam o solo. Em parte do ano, estes solos estavam cobertos pelas águas do rio e, noutra parte, o rio recuava suas águas e os solos eram cultivados.

Os solos não são úteis só para a agricultura. Do solo é também retirado o material para as fundações de casas, fábricas, rodovias e, algumas vezes, a matéria-prima para construção de objetos diversos, desde grandes obras de engenharia, tais como, os açudes com barragens de terra até os pequenos vasos de cerâmica. Pode-se também tirar, do solo, pigmentos minerais para pintar com cores muito variadas. Isso o homem primitivo já fazia, como nos mostram os desenhos pintados nas paredes das cavernas, as pinturas rupestres, algumas delas com mais de 12 mil anos.

O solo é um elemento fundamental para as atividades humanas, na medida em que é um dos fatores importantes dos ambientes que são ocupados pelo homem. Sendo o suporte da plantas cultivadas, o solo precisa ser analisado principalmente em seus aspectos de fertilidade e disponibilidade hídrica. Mas, se o solo também é o suporte físico da construção de cidades, estradas, etc., torna-se fundamental a compreensão de sua estrutura e sua dinâmica sob o risco de grande catástrofes, se isso negligenciamos.

O solo é um dos elementos do ecossistema que se forma pela interação entre as quatro esferas ambientais do planeta Terra: a litosfera (rochas), a hidrosfera (água), a atmosfera (ar) e a biosfera (plantas e animais). A figura 1 ilustra bem as intercepções entre essas esferas para a formação do solo.

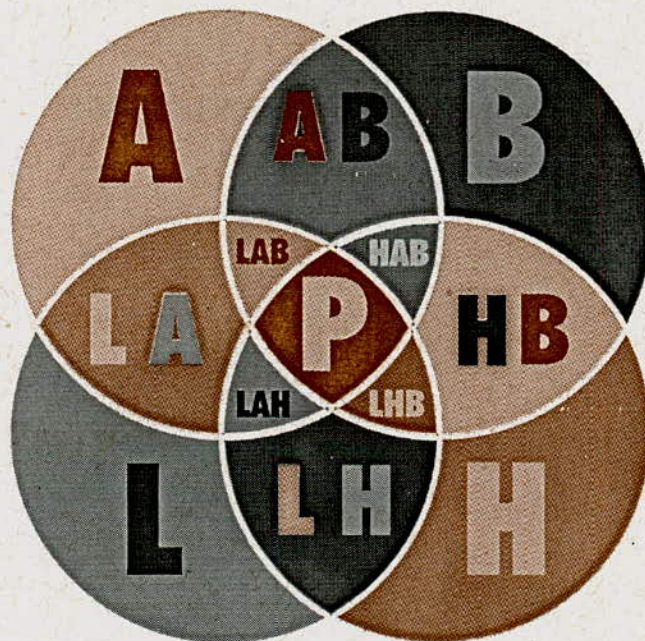


Figura 1 - Formação da pedosfera pela interação com as outras esferas do ambiental

Fonte: Mattson (1938), apud JUMA (2001)

Retomando, ainda, a idéia de que o solo não é apenas o chão que pisamos, ele se estende abaixo da superfície, a profundidades que chegam até a rocha ou ao material geológico que o originou, às vezes, com espessura de dezenas de metros. Na verdade, podemos entender que o solo é um corpo tridimensional com largura, comprimento e profundidade.

O objetivo deste livro é apresentar os principais fundamentos para o entendimento da estrutura e da dinâmica dos solos necessários à sua conservação e dos outros elementos dos sistemas ambientais que podem ser afetados com a degradação dos solos, além de apresentar os princípios da conservação dos solos para a sustentabilidade ambiental, econômica e social, garantindo a sua disponibilidade para as futuras gerações.

A formação do solo

O solo é formado de constituintes sólidos, líquidos e gasosos. Os constituintes sólidos são os minerais provenientes do material geológico (minerais primários e secundários) que deram origem a esse solo e que podem ter tamanhos variados e conter matéria orgânica, oriunda da decomposição de restos vegetais e animais. Os constituintes líquidos são a água com seus solutos a que chamamos solução do solo. Os gasosos são o ar atmosférico que preenche os espaços vazios do solo que não foram preenchidos pela água e eventualmente gases provenientes da decomposição da matéria orgânica. O ar e a solução do solo

ocupam os espaços que ocorrem entre as partículas sólidas. Estes espaços constituem os poros do solo e a sua proporção em relação ao volume do solo é denominada de porosidade do solo.



A água, juntamente com os íons orgânicos e inorgânicos em solução, formam a solução do solo. A solução do solo é importante não somente como fonte de água para os vegetais, mas também como fonte de nutrientes para serem absorvidos pelas raízes (as raízes das plantas absorvem os íons inorgânicos que estão na solução do solo).

A formação e a evolução dos solos são realizadas a partir de cinco fatores naturais: clima, material de origem, relevo, organismos e idade da superfície do terreno (tempo). A idéia de que os solos são resultantes da ação combinada desses fatores foi inicialmente elaborada por Dokoutchaiev aproximadamente, em fins do séc. XIX. Vejamos como esses fatores atuam:

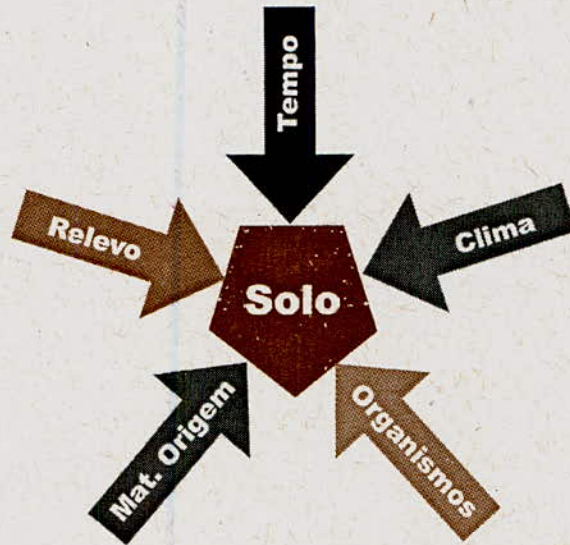


Figura 2 - Fatores de formação dos solos

Fonte: LEPSCH (2002)

Clima

O clima determina a intensidade da ação da água e da temperatura sobre os materiais de origem. Regulam, ainda, a velocidade e o crescimento dos organismos. As temperaturas elevadas dos climas tropicais favorecem o aumento da velocidade das reações químicas e biológicas, maior dissolução de gás carbônico

na água, o que aumenta o poder do intemperismo químico. Assim, quanto mais quente e mais úmido for o clima, mais rápida e intensa será a decomposição das rochas, as quais, nessas condições, irão fornecer materiais de origem muito intemperizados e solos bastante profundos. Por outro lado, em clima árido e (ou) muito frio, os solos são normalmente rasos e contêm quantidades apreciáveis de minerais primários que pouco ou nada foram afetados pelos processos de decomposição.

O fator clima deve ser posto em evidência sobre todos os outros, pois um material derivado de uma mesma rocha poderá formar solos completamente diversos, se decomposto em condições climáticas diferentes. De outro modo, materiais diferentes podem formar solos similares quando sujeitos, por um período suficientemente longo, ao mesmo ambiente climático.

Os solos das regiões áridas a semi-áridas, quando comparados com os das regiões úmidas, apresentam comumente sais solúveis e menores quantidades de matéria orgânica. Em climas muito úmidos, a grande frequência de chuva faz com que maior volume de água se infiltre, arrastando para as partes profundas elementos da solução do solo. Esses, quando assim continuamente retirados, esgotam as reservas adsorvidas na superfície dos colóides, onde são substituídos pelo íon hidrogênio, o qual, conforme se viu, confere ao solo propriedades ácidas. Por esta razão, a maior parte dos solos das regiões áridas e semi-áridas é neutra ou alcalina, enquanto que a maioria dos das regiões úmidas é ácida.

Material de origem

O material geológico do qual o solo se origina é um fator de resistência à formação do mesmo, porque é passivo à ação do clima e de organismos. A maior ou menor velocidade com que o solo se forma depende do tipo de material, uma vez que, sob condições idênticas de clima, organismos e topografia, certos solos desenvolvem-se mais rapidamente do que outros.

O solo se forma pela intemperização das rochas da crosta terrestre, conforme já foi visto, mas, para efeito didático, é costume separar os processos de intemperismo que agem sobre as rochas para formar o regolito dos que agem sobre o material de origem para formar os solos. Nos dois casos, as reações químicas de decomposição e síntese de minerais são idênticas, sendo difícil estabelecer, no processo de evolução rocha-solo, exatamente em que ponto o material de origem começa a transformar-se em solo.

Em alguns casos, os vegetais começam a desenvolver-se sobre delgada camada intemperizada de uma rocha que foi recentemente exposta à atmosfera. O solo desenvolve-se, então, concomitantemente à alteração da rocha e o processo da formação do material de origem confunde-se com o da formação do solo. Em outras circunstâncias, percebe-se que esses dois processos são distintos, mas é difícil estabelecer onde um termina e o outro começa. É o caso, por exemplo, de um solo que começa a

desenvolver-se sobre um manto de intemperismo ou em cima de materiais que sofreram, antes de sua deposição, intemperismo em grau avançado. Para este último caso, tem-se, como exemplo, os materiais erodidos das partes mais altas do relevo, transportados pelos rios e ventos e depositados nas planícies e fundo de vales.

Os solos podem desenvolver-se a partir de um grande número de materiais de origem, sendo os mais comuns agrupados em 4 categorias: a) materiais derivados de rochas claras (ácidas, ígneas ou metamórficas), como granitos, gnaisses, xistos e quartzitos, que se formam pela consolidação de material vulcânico (magma) rico em silício ou pelo metamorfismo desta ou de rochas sedimentares, também ricas em silício; b) materiais derivados de rochas ígneas escuras (ou básicas) como basaltos, diabásios, gabros e anfibolitos, que se formam pela solidificação de magmas pobres em silício, tais como a maior parte das lavas dos vulcões; c) materiais derivados de sedimentos consolidados, como arenitos, ardósias, siltitos, argilitos e rochas calcárias, que se formam pela deposição e solidificação de sedimentos como os materiais fragmentados de rochas ígneas ou metamórficas; d) sedimentos inconsolidados, tais como aluviões recentes, dunas de areias, cinzas vulcânicas, loess, materiais de origem pedimentar e depósitos orgânicos, que se formam pela deposição de sedimentos em épocas relativamente recentes.

O material de origem pode determinar bom número de características do solo, sobretudo, nos mais jovens ou formados sob clima mais frio e seco. Os materiais derivados de arenitos, por exemplo, dão invariavelmente origem a solos arenosos, enquanto que os argilitos dão origem a solos com textura

argilosa, pelo menos, em um horizonte. As propriedades químicas também podem ser influenciadas pelo material de origem. Por exemplo, os solos derivados de arenitos sem cimento calcário são quimicamente pobres, ao passo que os derivados de arenito com cimento calcário são, na maior parte dos casos, quimicamente ricos.

Relevo

O fator relevo promove, no solo, diferenças facilmente perceptíveis pela variação da cor, que podem ocorrer a distâncias relativamente pequenas, quando comparadas com as diferenças advindas unicamente da ação de climas diversos. São elas, em sua maioria, resultantes de desigualdades de distribuição no terreno da água da chuva, da luz, do calor do sol e da erosão.

A chuva é homogênea na superfície de um terreno relativamente pequeno, mas escoar-se para partes mais baixas e côncavas que por isso acabam por receber mais água do que as partes mais altas, que, em consequência, terão solos diferentes dos das baixadas. Assim, nas regiões de clima úmido, o solo das áreas menos elevadas é mal drenado, porque permanece encharcado por um período de tempo maior do que os bem drenados das encostas vizinhas. Como o encharcamento afeta os processos de intemperismo químico, os solos evoluem de maneira diferente, nos locais mais úmidos, em relação aos mais secos. Se o local for mal drenado, a evolução do solo ficará sujeita a condições especiais de solubilização dos óxidos de ferro e do acúmulo de matéria orgânica, devido ao excesso de água nos poros e conseqüente



escassez de ar. Em razão disto, o horizonte superficial será escuro e os horizontes mais profundos, cinzentos, com pequenas manchas cor de ferrugem.

Em regiões de clima árido ou semi-árido, as partes mais baixas do relevo ficam sujeitas ao acúmulo de sais que aí se concentram após serem carregados, em solução, pelas enxurradas de áreas adjacentes. Quando esta solução se evapora, deixa, como resíduo, no solo, os sais dela precipitados.

Em áreas de relevo montanhoso, as rampas muito íngremes propiciam a erosão de tal ordem, que a velocidade de remoção do solo é maior ou igual à velocidade de formação do mesmo. Quando a velocidade da erosão é maior, nenhum solo permanece, ficando a rocha exposta; se a velocidade de formação do solo é aproximadamente igual e ligeiramente maior do que a velocidade da erosão, a possibilidade de formação de solos profundos é eliminada. Quando, ao contrário, a erosão é muito pequena, devido a ser o relevo praticamente plano, podem formar-se solos bastante profundos.

Outro exemplo da influência do relevo são as diferenças das faces das montanhas voltadas à direção norte em relação às das faces voltadas para o sul, mais evidente, nas latitudes mais elevadas devido aos maiores ângulos do azimute solar (sol mais próximo do horizonte ao meio-dia). Nas áreas situadas abaixo do trópico de Capricórnio, como, por exemplo, nos Estados do Rio Grande do Sul, Santa Catarina, Mato Grosso do Sul e Paraná, notam-se as faces das montanhas voltadas para o norte, mais quentes e mais secas do que as faces voltadas para o sul, porque recebem maior quantidade de luz solar. Em consequência, os solos das encostas voltadas para o sul são freqüentemente mais rasos e têm horizontes menos desenvolvidos do que os das voltadas para o norte.



Organismos

Os organismos vivos desempenham papel de grande importância na diferenciação dos perfis do solo. Eles compreendem: a) microrganismos (ou microflora e microfauna); b) vegetais (macroflora); c) animais (macrofauna); d) o homem.

Os microrganismos incluem algas, bactérias e fungos. Eles desempenham uma função importante porque decompõem os restos dos vegetais e animais, promovendo, assim, a formação do húmus, que se acumula principalmente nos horizontes superficiais.

Os produtos de decomposição dos microrganismos também promovem, como se viu, a união das partículas do solo, formando os agregados. Além disso, são alguns deles, sozinhos ou em simbiose com as raízes dos vegetais, que retiram o nitrogênio do ar para cedê-lo às plantas. O nitrogênio é essencial ao crescimento das plantas, mas, apesar de existir em grandes quantidades no ar, os vegetais superiores só conseguem utilizar-se dele se for transformado em nitratos após sua fixação, por intermédio de certas bactérias.

Os vegetais agem direta e indiretamente, na formação do solo. A ação direta consiste na penetração do sistema radicular em fendas das rochas onde as secreções orgânicas vão acelerar o intemperismo. Os líquens, musgos e outros vegetais inferiores podem viver diretamente sobre a rocha, criando, assim, condições para fixação dos vegetais maiores. As raízes das árvores, penetrando a profundidades

consideráveis, daí retiram elementos necessários à vida. Quando as folhas destas caem ao solo, os microrganismos as decompõem e restituem à superfície do terreno os elementos retirados das camadas mais profundas. É desta maneira que os vegetais transportam substâncias nutritivas para a camada superficial do solo, concentrando-as, o que compensa as perdas sofridas com a remoção dessas substâncias dos horizontes O e A, pela água gravitacional.

Os líquens e musgos podem viver diretamente sobre uma rochã, acelerando assim o processo de intemperização e criando condições para a formação do solo e estabelecimento de plantas superiores.

As plantas também podem participar indiretamente, na conservação do solo, pela proteção que fornecem contra a erosão. Quando a cobertura vegetal é bem densa, a erosão torna-se menos intensa. No Nordeste brasileiro semi-árido, por exemplo, a vegetação rala, denominada caatinga, pouco protege o solo, o que facilita a erosão principalmente, nas encostas das colinas e morros, pela ação das chuvas torrenciais que ocorrem durante poucos meses ao ano ou pela ação de fortes ventos. As chuvas e os ventos carregam as partículas mais finas do solo deixando na superfície as mais grosseiras, sob a forma de um manto de cascalho e pedras, conhecido como pavimento desértico.

Os animais que se abrigam no solo estão constantemente triturando os restos dos vegetais, cavando galerias e misturando materiais dos diversos horizontes e, dentre aqueles que podem promover grande movimentação dos materiais do solo, podem-se citar a formiga, o cupim e a minhoca. As carcaças e resíduos destes e outros, da mesma forma que a matéria vegetal, contribuem para a formação do húmus..

Finalmente o homem tem provocado profundas modificações no solo, principalmente quando o utiliza para agricultura. Muitas vezes, a terra é cultivada sem os devidos cuidados de proteção, ocasionando erosão acelerada que pode levar à destruição total da camada arável e mesmo do horizonte B, mais profundo. Outras vezes felizmente ele a usa adequadamente, reflorestando, plantando em curvas de nível e adicionando fertilizantes, corretivo e matéria orgânica sob a forma de esterco, promovendo, dessa forma, a melhoria do solo agrícola.

A distribuição da vegetação no globo terrestre está bastante relacionada com o clima. Nos climas mais quentes e úmidos, encontram-se exuberantes florestas de árvores constantemente verdes; em clima, com longo período de seca, dominam as árvores cujas folhas secam e caem durante certos períodos do ano (floresta semidecídua) ou as gramíneas associadas a arbustos tortuosos (cerrado); nos climas desérticos, existe vegetação escassa formada de cactáceas, arbustos espinhosos, bromeliáceas, que podem viver com pouca água condensada em forma de orvalho. Uma boa parte da influência do clima é exercida, portanto, por meio de um segundo fator de formação dos solos que é o conjunto de organismos vivos.

Tempo

A superfície de um afloramento rochoso, onde musgos e líquens começam a desenvolver-se sobre uma delgada camada de rocha decomposta, pode ser teoricamente considerada como o estágio inicial da

formação do solo. Com o passar do tempo e não havendo erosão acelerada, as características desse solo começam a tornar-se cada vez mais distintas e o seu perfil se espessa, podendo atingir com o tempo alguns metros de profundidade. Daí, a mais óbvia característica influenciada pelo tempo é ser espessa. Solos jovens são normalmente mais rasos do que os velhos e esta idade depende do tempo em que o material de origem esteve exposto à superfície da Terra.

A exposição do material de origem à superfície pode ocorrer tanto por eventos lentos e contínuos, a exemplo da deposição de sedimentos nas várzeas dos rios, quanto por fenômenos cataclísmicos, tais como o derrame de lavas provenientes da erupção de vulcões ou desbarrancamento súbito, que remove todo o regolito de uma encosta íngreme e expõe a rocha inalterada subjacente. O início ou “tempo zero” de novo ciclo de formação do solo é, então, o momento em que os sedimentos acabaram de ser depositados pela inundação do rio; ou aquele em que a lava do vulcão solidificou-se, ou a rocha ou regolito da montanha foram expostos pela erosão.

Depois que a rocha é exposta à superfície (tempo zero), o solo começa a se desenvolver e, se não houver erosão, ele atinge, com o tempo, o estágio de maturidade. Assim, se a rocha é exposta à atmosfera, ela intemperiza-se para equilibrar-se com as novas condições de temperatura, pressão e umidade. Depois, os vegetais e microrganismos começam a estabelecer-se, alimentando-se da água armazenada e dos nutrientes liberados pela decomposição dos minerais. Com o tempo, ainda outras mudanças ocorrem, tais como formação e translocação de argila e remoção de sais minerais, as quais, como vimos, formam

os horizontes. Todas essas transformações continuam rumo a novo equilíbrio com a natureza. Quando os solos atingem este estado de equilíbrio, eles são profundos e normalmente possuem horizontes bem definidos e, por isto, são denominados bem desenvolvidos ou maduros. Ao contrário, no início de sua formação, rasos e sem horizontes bem definidos, são denominados pouco desenvolvidos ou imaturos.

O período necessário para que um solo passe do estágio jovem para o maduro varia em relação ao tipo de material de origem, às condições de clima e ao grau de erosão. Normalmente os materiais de origem derivados de rochas básicas, em clima quente e úmido e em condições onde a erosão é mínima, são os que mais depressa atingem a maturidade. Logo, o tempo de formação de um solo maduro varia de um caso para outro, mas nunca é uma reação instantânea, requerendo centenas e milhares de anos para ser completada.

A morfologia do solo

Ruellan (1990) diz em seu livro Descobrir o solo: "o conhecimento do solo, o reconhecimento de suas feições, da sua anatomia, de sua morfologia, do seu funcionamento não fazem parte das culturas populares. Em todo o mundo cada um sabe desde muito jovem, reconhecer, descrever, entender uma planta ou um animal; mas raros são aqueles que sabem fazer a mesma coisa com um solo".

Mesmo os agricultores nada conhecem, do solo sobre o qual trabalham ou conhecem superficialmente. Isto ocorre principalmente no Brasil. Aqui é difícil encontrar uma família que está sobre a terra, trabalhando-a, ano após ano, por mais de 30 anos. Na Europa, uma família cultiva a terra por vários séculos e o

conhecimento adquirido, mesmo que intuitivamente, vai sendo passado, por tradição oral, às novas gerações.

Por conta desse desconhecimento dos solos, quase generalizado, tem-se a idéia de que o solo é uma coisa tão complicada, que só os técnicos podem compreendê-lo. Quando se está doente, chama-se o médico. Quando a terra tem algum problema, não está produzindo com eficiência, a erosão está tomando conta dela, chama-se o técnico. Não queremos dizer que o conhecimento do técnico não tenha valor, não seja necessário, mas qualquer pessoa, mesmo aquela que não sabe ler, pode "aprender a conhecer um solo da mesma maneira que se pode compreender uma planta ou um animal" (RUELAN, 1990).

Para uma melhor observação dos solos, cava-se uma trincheira de 2m x 1,5m, na parte mais alta do terreno. Cava-se outra trincheira semelhante na parte mais baixa do terreno. Se for preciso, cava-se ainda outra na parte mediana da vertente, a meio caminho entre a primeira e a segunda. As observações a serem feitas são de fácil realização e referem-se à cor, à textura, à estrutura e aos vazios do solo. Deve-se observar a quantidade de raízes, presença de concreções e nódulos de ferro, seixos e a profundidade do lençol freático. Essas observações permitirão interpretações que podem ajudar na definição do manejo agrícola mais adequado ao solo.



a) as cores do solo

Os solos podem variar muito, a começar pela cor, cores vermelhas de todos os tons, cores amarelas, das mais pálidas às mais vivas, cinza, marrom, preta, etc. Numa viagem de carro ou de ônibus, podemos observar, nos barrancos dos cortes das estradas, as cores do solo que podem variar tanto lateralmente quanto verticalmente. Se alguém cava um poço ou mesmo um buraco para nele pôr uma estaca, um poste ou o alicerce de uma casa poderá ver que a terra que sai, às vezes, muda de cor com a profundidade.

As cores podem significar a presença e a forma de certos constituintes do solo, como, por exemplo, matéria orgânica, argila, ferro, calcário, etc. Podem, ainda, significar atividades biológicas, regimes hídricos, lixiviações, carbonatação, salinização.

É possível avaliar a dinâmica da água no solo a partir das cores ou, ainda, relacioná-las à presença de certos constituintes, avaliar sua fertilidade. De modo geral, os solos mais claros serão mais arenosos. A cor branca pode estar associada à presença de calcários. As tonalidades mais escuras, em todas as cores, podem indicar a presença de matéria orgânica. A cor vermelha está associada à presença do ferro oxidado e a uma boa drenagem. A cor amarela indica que a drenagem não é tão fácil e a percolação da água é mais lenta. Por isso, em um contato mais prolongado com a água, os óxidos de ferro ficam hidratados. A cor cinza refere-se a um solo mal drenado, ambiente redutor, no qual o ferro está sendo exportado no fluxo da água.

A avaliação das cores do solo poderia se tornar um tanto subjetiva, se não houvesse um referencial ao qual a cor vista no solo pudesse ser comparada. A cor do solo é, então, descrita por uma comparação a uma tabela de cores internacionalmente aceita pelos pedólogos, a Tabela de Munssel, na qual são identificados matiz, valor e croma (por exemplo: 2,5YR 5/6, o matiz será 2,5 YR, 5 será o valor, e 6 será o croma).

Os matizes mais usuais para uso em solos são 5R, 7,5R, 10R, 2,5YR, 5YR, 7,5YR, 10YR, 2,5Y, e 5Y, no qual 5R é o matiz mais avermelhado (R=red) e 5Y é o matiz mais amarelado (Y=yellow). A cor pode ser anotada com a amostra de solo úmida (mais usual), seca, seca triturada e úmida amassada. Caso o horizonte apresente-se mosqueado (manchas de outra cor), deverão ser anotados a cor, a quantidade e o contraste deste mosqueado.

Aproveitando as cores dos pigmentos minerais do solo, muitos artistas plásticos pintam com tinta produzida com terra.

b) os agregados (torrões) e a estrutura

Observando o solo mais de perto, tomando-o em nossas mãos, podemos ver que ele se desfaz em torrões que chamamos de agregados. Os agregados resultam da reunião de partículas entre si. Os agregados

possuem formas e tamanhos variados e, dependendo disto, teremos as estruturas do solo que podem ser boas indicadoras de condições físicas e químicas.

Os agregados podem ser formados por floculação, cimentação e fissuração dos agregados floculados ou cimentados. Floculação é o processo de agregação das partículas em suspensão ou mesmo de partículas coloidais por atração eletrostática; cimentação é o resultado da ação de substâncias ligantes; e fissuração é provocada por variação de umidade e presença de argilas expansivas.

Chama-se estabilidade estrutural a resistência dos agregados do solo à destruição pela água. Num solo que possui baixa estabilidade estrutural, os agregados se desfazem facilmente em presença da água. Quando isso acontece, as partículas do solo se acomodam e o solo se adensa, compacta-se, diminuindo sua porosidade. Os solos compactados se constituem em obstáculos à penetração das raízes das plantas, à circulação vertical da água que, por facilitar a circulação lateral, são condicionantes de processos erosivos.

A estrutura é a agregação das partículas primárias do solo em unidades estruturais compostas, separadas entre si pelas superfícies de fraqueza. É avaliada quanto ao tipo (laminar, prismática, blocos angulares, blocos subangulares, e granular), classe (muito pequena, pequena, média, grande, muito grande), e grau de estrutura (sem estrutura grãos simples, sem estrutura maciça, com estrutura fraca, com estrutura moderada, com estrutura forte).

Os argilominerais, juntamente com a matéria orgânica são agentes cimentantes eficazes na agregação das partículas do solo, favorecendo uma estrutura estável, ou seja, os agregados não se desfazem facilmente com a água. Organismos como formigas, besouros, larvas, centopéias e, principalmente, minhocas desempenham papel fundamental na agregação dos solos. Alguns desses organismos ingerem vegetais e certa porção de terra para ajudar na digestão, sendo seus dejetos fecais em forma de pelotas granulares, ricos em nutrientes e extremamente estáveis. Outros agentes cimentantes são substâncias químicas como óxidos de ferro e alumínio, carbonatos e sílica.

As estruturas podem ser arredondadas, angulares, folhadas ou contínuas. A presença de cátions bivalentes como o Ca^{2+} , Mg^{2+} e Al^{3+} , no complexo sortivo, favorece a ocorrência de estruturas arredondadas. Nesse caso, o cálcio e o magnésio são desejáveis, mas não o alumínio, que participa da imobilização do fosfato, num precipitado alumino-fosfatado insolúvel, tornando o fósforo indisponível às plantas. A matéria orgânica também favorece as estruturas arredondadas. As estruturas arredondadas dão excelentes características físicas ao solo, com boa circulação hídrica e desenvolvimento de vida animal, pois com ela o solo fica poroso, friável e estável.

As estruturas angulares relacionam-se, em primeiro lugar, com solos argilosos ou muito argilosos e, eventualmente, com a presença de argilas expansivas e são mais compactas do que as estruturas arredondadas. Neste caso, a porosidade do solo está entre os agregados e há uma diminuição do espaço

útil às raízes das plantas. Esses não possuem boas características físicas e a ausência de matéria orgânica ou a presença de Na^+ , em excesso, pode agravar ainda mais a situação.

As estruturas folhadas podem ser vérticas (plaquetas oblíquas), relacionadas à presença de argilas expansivas; ou laminares, quando o solo possui estruturação da rocha de origem ou quando há formação de crostas de ferro, calcário ou sílica. Podem ser, ainda, o resultado do trabalho de equipamentos pesados ou mesmo de excesso de água, que podem causar compactação das camadas. Fisicamente, as estruturas angulares são piores, com sérios problemas de circulação de líquidos e gases e diminuição do volume de solo que as raízes conseguem explorar. Quimicamente podem ser solos muito férteis.

As estruturas contínuas são encontradas em solos que não possuem agregados e sendo próprias dos solos arenosos ou siltosos. Caracterizam solos pouco desenvolvidos, bastante empobrecidos em argila ou solos cujas estruturas foram destruídas por técnicas de cultivos inadequadas. Por isso, é necessário evitar as queimadas que destroem a matéria orgânica, além de matar a vida microbiológica dos solos. Evitar também irrigações excessivas ou o trabalho sobre o solo em condições de seca extremada. Para manter ou mesmo melhorar a estabilidade estrutural do solo pode-se fazer incorporação de toda a massa verde dos restos culturais. São, ainda preferíveis aos adubos químicos os adubos orgânicos e, até mesmo, os produtos de compostagem orgânica, que, além de oferecerem incremento de fertilidade, podem produzir aumento da estabilidade da estrutura do solo.

c) textura

Não podemos esquecer que os agregados são formados por partículas que se agregam formando as estruturas do solo. Os solos podem possuir partículas grosseiras, que são chamadas de seixos e areias, e partículas finas, chamadas de silte e argila. Seixos são partículas maiores que 2 mm, areias são partículas de diâmetro inferior a 2 mm e maiores do que 0,053 mm, silte são partículas menores que 0,053 mm e maiores que 0,002 mm e argilas são partículas menores que 0,002 mm de diâmetro.

Chama-se textura a proporção de areia, silte e argila do solo. Pode-se avaliar a textura de um solo com análises granulométricas feitas em laboratório, ou de uma maneira menos precisa, porém mais fácil, através do tato, manipulando-se um pouco de terra entre os dedos. Procede-se da seguinte maneira: toma-se um pouco de terra na mão, molha-se com um pouco de água ou mesmo saliva, manipula-se bastante com os dedos para desfazer os agregados e, por fim, tenta-se fazer uma cobrinha. Se não for possível fazer uma cobrinha, o solo é arenoso. Se for possível fazer uma cobrinha e esta se quebra quando for dobrada o solo é areno-argiloso. Se a cobrinha se dobra, mas se quebra quando for dobrada, em forma de um círculo, o solo é argilo-arenoso. Se for possível fazer um círculo, o solo é argiloso.

Algumas propriedades do solo são dependentes da textura. Os solos mais arenosos possuem baixa capacidade de retenção de água, baixa coesão das partículas, baixa estabilidade dos agregados, o que os coloca na condição de mais susceptíveis à erosão e propriedades químicas desfavoráveis. Os solos

argilosos, ao contrário, possuem alta capacidade de retenção de água, alta coesão das partículas, boa estruturação e, por isso, são menos susceptíveis aos processos erosivos. Os solos mais argilosos que apresentam problemas de circulação de água, devido à baixa permeabilidade, também são susceptíveis à erosão.

d) porosidade

Entre as partículas e entre os agregados do solo há espaços vazios. Esses espaços vazios do solo são importantes porque é através deles que circula o ar para a respiração das plantas e a água que lhes é tão necessária. Os vazios do solo ou espaços porosos ou simplesmente porosidade são o volume do solo ocupado pela solução do solo e pelo ar do solo. A porosidade total inclui a macroporosidade e a microporosidade e pode ser calculada a partir dos dados de densidade de partículas do solo. Os macroporos (visíveis a olho nu) são identificados pelo tamanho (muito pequenos, médios, grandes, muito grandes) e quantidade (pouco, comum, muitos).

O tamanho dos poros que compõe o solo varia em função do arranjo das partículas sólidas formando agregados (estrutura do solo). Assim, entre partículas maiores, como de areia; ou entre agregados, predominam poros grandes (macroporos) ocupando ao redor de 50% da porosidade total; entre partículas

pequenas, como as de argila, predominam poros pequenos (microporos) ocupando os 50% restantes. Esta distribuição dos diferentes tamanhos de poros é variável e condiciona a proporção volumétrica entre a solução do solo (que ocupa usualmente os microporos) e do ar do solo (que ocupa usualmente os macroporos). Além disso, a proporção entre solução e ar nos poros está sujeita a grandes flutuações, dependendo de condições meteorológicas e de outros fatores.

Muitos processos erosivos começam por um impedimento da drenagem ou mesmo redução do seu fluxo nas camadas superiores do solo, por um adensamento que provoca diminuição da porosidade. Nesse caso, a circulação se dá preferencialmente de forma lateral. No ponto de afloramento dessa água, na vertente, começa a erosão.

e) feições pedológicas

Podemos dizer que todas as organizações que resultam em movimento de matéria dentro do solo são chamadas de feições pedológicas, sejam movimento ou depósitos de partícula; movimentos de animais, de raízes; precipitação de elementos em solução ou mesmo expansão de argilas.

A cerosidade é um exemplo de feição pedológica. É o aspecto brilhante e ceroso que pode ocorrer na superfície das unidades de estrutura, manifestado freqüentemente por um brilho matizado. A cerosidade é consequência da película de material coloidal (minerais de argila e óxidos de ferro) depositado na superfície das unidades estruturais. Deve ser descrita quanto ao grau de desenvolvimento (fraca, moderada,

forte) e à quantidade (pouco, comum, abundante). Além da cerosidade, podem ser descritas superfícies foscas ("coatings") e superfícies de fricção ("slickensides"). Este movimento de argila no perfil do solo pode indicar que as camadas superiores do solo estão sendo empobrecidas em argila.

Os nódulos e concreções de ferro são comuns em solos onde há variação do nível do lençol freático. O ferro é mobilizado em condições redutoras (hidromórficas), abaixo do nível freático e, com a sua elevação, é mobilizado de baixo para cima e precipitando-se como seiquióxido. Quando o lençol é novamente rebaixado, ocorre a sua dessecação e as concreções de ferro são endurecidas de forma irreversível. Pode também haver migrações laterais de ferro dentro do solo e sua precipitação em algum ponto da vertente com a surgência do lençol freático. Esse processo pode dar origem a couraças ferruginosas, comumente conhecidas como canga ou tapiocanga. São corpos cimentados que podem ser removidos intactos do solo. Os nódulos distinguem-se das concreções, pois estas apresentam organização interna, enquanto que os nódulos não a apresentam. Os nódulos e concreções são identificados quanto a quantidade, tamanho, dureza, e natureza do material. As concreções ferruginosas constituem-se em impedimento de drenagem e de enraizamento das plantas.

Manejo E Conservação



manejo do solo consiste num conjunto de operações realizadas com objetivos de propiciar condições favoráveis ao uso adequado do solo, preservando o meio ambiente e a rentabilidade da produção agrícola.

O objetivo maior da conservação do solo é, portanto, o de controlar a erosão e realizar a melhor utilização das terras.

O que se percebe é que produtores rurais podem conservar os solos e proporcionar maior estabilidade aos seus empreendimentos se, para isto, tiverem vontade, os meios materiais e os conhecimentos necessários para tal.

O solo, quando desprovido de sua vegetação natural fica sujeito a uma série de fatores que tendem a depauperá-lo. A intensidade e a velocidade com que este depauperamento se processa varia com o tipo de solo, clima e topografia da região. Os principais motivos de depauperamento do solo são a retirada de elementos nutritivos pelas colheitas e erosão.

Uma vez que o solo é base fundamental do desenvolvimento de qualquer nação, a sua conservação assume não só grande importância econômica, mas também, estratégica, sendo garantia da própria estabilidade social do país. A conservação do solo, portanto, deve ser preocupação e responsabilidade de todos.

Perda de fertilidade

Quando Cabral chegou ao Brasil, em 1500, Pero Vaz de Caminha imediatamente escreveu ao Rei de Portugal relatando a descoberta das terras que haviam encontrado. Disse ele a respeito da terra:

“Nela, até agora, não podemos dizer que haja ouro, nem prata, nem coisa alguma de metal ou ferro; nem lho vimos. Porém a terra em si é de bons ares. Águas são muitas; infinitas. E de tal maneira a terra é graciosa que, querendo-a aproveitar, dar-se-á nela tudo”. Por isso, a expressão “aqui, em se plantando tudo dá”.

O escrivão português exagerou um pouco. Vendo a exuberância das nossas matas (Mata Atlântica) ficou deslumbrado e então pensou: para sustentar tamanha floresta somente um solo muito fértil. Não é verdade; entretanto, que os solos do Brasil sejam tão férteis assim.

Os solos dos Cerrados são geralmente profundos, de cor vermelha ou vermelho amarelada, porosos, permeáveis, bem drenados e, por isto, intensamente lixiviados. São predominantemente arenosos, areno-argilosos, argilo-arenosos ou, eventualmente, argilosos. Sua capacidade de retenção de água é relativamente baixa.

Apresentam naturalmente uma elevada acidez, com pH que pode variar de menos de 4 a pouco mais de 5. Esta forte acidez é devida em boa parte aos altos níveis de Al^{3+} , o que os torna aluminotóxicos para

a maioria das plantas agrícolas, pois prejudicam o desenvolvimento de suas raízes. Também são deficientes em cálcio, que pode impedir o crescimento das raízes, também, em profundidade.

A calagem e a gessagem corrigem e contornam efetivamente esses problemas. A calagem que corrige a acidez do solo, elevando o seu pH e fornecendo cálcio e magnésio, permite, também, que nutrientes importantes para as plantas, como o fosfato, sejam assimilados. A gessagem é indicada para diminuir a ação negativa do alumínio nas camadas mais profundas do solo, com a introdução de cálcio, permitindo um melhor desenvolvimento das raízes das plantas.

O teor de matéria orgânica destes solos é pequeno, ficando geralmente entre 3 e 5%. Níveis elevados de íons Fe e de Mn contribuem, inclusive, para a sua toxidez. Baixa capacidade de troca catiônica, baixa soma de bases e alta saturação por Al^{3+} , caracterizam estes solos profundamente distróficos e, por isto, impróprios para a agricultura.

Correção do pH pela calagem (aplicação de calcário, de preferência, o calcário dolomítico que é um carbonato de cálcio e magnésio) e adubação, tanto com macro quanto com micronutrientes, podem tornar os solos férteis e produtivos para a cultura de grãos ou de frutíferas.

Juntamente com a luz solar, o ar e a água, o solo é uma das quatro condições básicas à vida no globo terrestre. Alguns chegam a afirmar que a fotossíntese e a capacidade de troca de cátions são os fenômenos mais importantes para a manutenção da vida. É por intermédio da fotossíntese que os vegetais utilizam

gás carbônico, água e nutrientes para crescer, frutificar, liberar oxigênio, e é pelo processo de troca de íons que a maior parte dos nutrientes é absorvida do solo.

Os vegetais retiram do solo elementos nutritivos, incorporando-os nos seus tecidos, principalmente, nas sementes e frutos. Em condições normais, sem a influência do homem, os restos vegetais são devolvidos à terra pela sua queda e decomposição. Por isso, sempre que o agricultor retira da terra os produtos vegetais, exporta certa quantidade de elementos nutritivos essenciais às plantas. Estas retiradas são como saques feitos em um depósito de capacidade limitada e, quando continuamente repetidos sem reposição equivalente, redundam no esgotamento progressivo das terras.

Alguns tipos de solo têm grande reserva mineral, podendo sustentar por vários anos uma agricultura, sem reposição dos nutrientes por meio de aplicação de fertilizantes. Outros, ao contrário, dispõem de uma reserva pequena, podendo sustentar agricultura por um período de apenas dois a três anos, ou são naturalmente tão pobres que, se não forem devidamente adubados, desde o início de seu cultivo, nada produzirão.

Erosão

No Brasil, a erosão carrega anualmente 500 milhões de toneladas de solo. Esse material arrastado pela erosão irá se depositar nas baixadas e nos rios, riachos e lagoas, causando uma elevação de seus leitos e possibilitando grandes enchentes.

Apesar de ser um fenômeno natural, a erosão se manifesta de forma acelerada quando a cobertura vegetal natural é substituída por pastagens ou sistemas agrícolas. É provocada pela ação das águas e, em menor proporção, pelos ventos. Pode ser laminar, pouco perceptível aos olhos dos agricultores ou em sulcos. Ambas trazem efeitos altamente prejudiciais à produtividade agrícola e ao meio ambiente.

A superfície da Terra não é estática, pelo contrário, encontra-se em estado de contínuas modificações desde a aurora dos tempos. As enxurradas causadas pelas chuvas, os rios e os ventos vêm continuamente desgastando-a, transportando lentamente as partículas do solo. Este fenômeno é denominado erosão geológica ou erosão lenta. É pela erosão que foram esculpidos os morros, escavados os vales, formadas as várzeas e os deltas dos rios. No estado natural do solo e em condições de clima úmido, a vegetação cobre-o como um manto protetor, o que faz com que sua remoção seja muito lenta e, portanto, compensada pelos contínuos processos de formação do solo. Assim, em condições naturais o ciclo de desgaste é normalmente equilibrado pela renovação e é graças a esse equilíbrio que a vida sobre o nosso planeta é mantida.

Quando, no entanto, o homem se põe a cultivar a terra para seu sustento, esse equilíbrio benéfico pode ser rompido. Para cultivar o solo é necessário destruir sua cobertura vegetal e revolver sua camada superficial. Estas operações, quando efetuadas sem o devido cuidado, apressam intensamente a remoção dos horizontes superficiais, promovendo a erosão acelerada. Existem inúmeros exemplos de regiões outrora ricas e produtivas, em que a intensificação descuidadosa da agricultura, provocada pelo aumento

descontrolado da população, ocasionou a erosão acelerada do solo, reduzindo sua capacidade de produção a níveis ínfimos. É o caso, por exemplo, da civilização dos maias, na América Central. Segundo vários historiadores, essa civilização desapareceu devido ao depauperamento do solo, ocasionado pela erosão acelerada.

A remoção de florestas pelo homem em áreas muito declivosas expõe o solo à erosão acelerada. Se a erosão não é controlada, o solo se abre em profundos sulcos ou voçorocas. O depauperamento dos solos vem, há muito tempo, preocupando os cientistas e lavradores mais conscienciosos. Em muitos casos parece até que os agricultores tudo fazem para acelerar o empobrecimento das terras: as matas são derrubadas e queimadas desordenadamente, as encostas íngremes são aradas na direção da maior declividade, os pastos são superlotados com rebanhos, e terras cultivadas são submetidas a monocultura, ano após ano, sem proteção contra enxurradas ou restituição da fertilidade natural com adubos.

A aceleração do ritmo da erosão tem produzido condições anormais bastante notáveis: presença de voçorocas, pomares com árvores raquíticas e raízes expostas, barreiras caídas em estradas, caminhos profundos nas pastagens, entulhamento de reservatório d'água, inundações em campos e cidades ribeirinhas e águas turvas ou barrentas nos rios e riachos. O arraste dos solos, adubos e agrotóxicos para águas fluviais e lacustres acarreta a mudança da microflora aquática e, conseqüentemente, da fauna, com graves prejuízos para os peixes. Desse modo, a erosão acelerada, além de depauperar o solo, agrava a poluição das águas, já sobrecarregadas com os esgotos das cidades.

A erosão acelerada é uma das principais causas de depauperamento dos solos. Ela pode ser tecnicamente definida como a remoção seletiva das partículas do solo das partes mais altas pela ação das águas da chuva ou dos ventos e transporte e deposição destas partículas para as terras mais baixas ou para o fundo dos lagos, rios e oceanos.

A erosão hídrica (ou erosão causada pelas águas) é composta de duas fases: desagregação e transporte. A desagregação é ocasionada tanto pelo impacto das gotas da chuva como pelas águas que escorrem na superfície. Em ambos os casos, uma energia tem que ser utilizada para desagregar e arrastar o solo. Esta energia tem o nome de energia cinética ou energia do movimento e sabe-se que é proporcional ao peso (ou massa) do objeto que está movendo e ao quadrado de sua velocidade.

As gotas da chuva atingem a superfície com uma velocidade entre 5 a 15 km/hora, enquanto que as águas das enxurradas têm velocidade usualmente não maior que 1 km/hora. O impacto direto das gotas de chuva num solo desprovido de vegetação provoca a desagregação das partículas, sendo o primeiro passo para a erosão. Ao contrário, quando a superfície do solo está revestida com mata, a copa das árvores absorve a maior parte da energia cinética das gotas das chuvas e o manto de folhas sobre o solo amortece o restante do impacto advindo do segundo trajeto da copa até a superfície do terreno.

Grande quantidade de solo pode ser removida, desde que suas partículas estejam desagregadas e suspensas nas águas das enxurradas, porque isso as torna suscetíveis de serem transportadas. A facilidade com que uma partícula é transportada depende de seu tamanho. A argila, o silte e a matéria orgânica são as mais facilmente carregadas pelas águas devido ao pequeno peso e dimensão de suas partículas.

Existem basicamente três tipos de erosão hídrica. A remoção gradual de uma fina camada superficial de espessura relativamente uniforme, cobrindo praticamente todo o relevo, é a erosão laminar. O desgaste em faixas estreitas dirigidas ao longo dos maiores declives do terreno é chamado erosão em sulcos e o deslocamento de massas de solo, formando grandes desbarrancamentos ou cavidades no solo, é a erosão em voçorocas.

Desses três tipos, a erosão laminar é a mais grave. As perdas de solo por esse tipo de erosão superam, em muito, as outras duas formas; no entanto, ela chama menos atenção do que os sulcos e as voçorocas e, por isto, estas duas outras formas causam comumente mais preocupação ao público. A erosão em sulcos e as voçorocas afetam imediatamente a capacidade de produção da terra de uma determinada propriedade, ao passo que a natureza lenta e insidiosa da erosão laminar faz com que muitos agricultores não percebam o problema, antes de atingir maiores proporções, para poder ser corrigido.

Alguns conceitos são importantes para entendermos a dinâmica da água no solo que, em última análise, pode produzir condições desejáveis para o cultivo dos solos, e, também, produzir degradação dos solos, a exemplo da erosão. A água que cai da chuva e chega ao solo pode infiltrar-se nele ou escorrer sobre sua superfície. O desejável seria que toda a água se infiltrasse, sem escoamento superficial; não é assim, todavia, que ocorre na maioria das vezes.

Há uma equação envolvendo infiltração e escoamento superficial comandada pelos seguintes fatores: inclinação do terreno e permeabilidade dos solos. Quanto maior for a inclinação do terreno, mais rapidamente as águas correm sobre a superfície, com maior energia, podendo produzir erosão. As regiões montanhosas são, portanto, as mais suscetíveis à erosão hídrica. Ao contrário, nos terrenos de menor

declividade, mais lentamente as águas correm sobre a superfície, permitindo assim um tempo maior para a água se infiltrar.

É claro que, nos lugares onde a pluviosidade é maior, maior será a quantidade de água disponível aos processos que podem produzir erosão dos solos; ou seja, a distribuição, a quantidade e a intensidade das chuvas são fatores importantes. Por exemplo, quando caem chuvas finas, durante um período de várias horas, elas têm tempo de ser totalmente absorvidas pelo solo e raramente causam estragos. Por outro lado, se essa mesma quantidade de chuva cai rapidamente, em forma de aguaceiros, em alguns minutos, formará grandes enxurradas e provocará grandes erosões.

A permeabilidade dos solos controla a infiltração, porque pode permitir a percolação mais rápida ou mais lenta das águas que se infiltram. Em alguns casos, a permeabilidade é tão baixa, que rapidamente as camadas superiores do solo ficam saturadas. Neste caso, o excesso não infiltrado passa adicionalmente a fazer parte do escoamento superficial. Considera-se ainda, que esta camada de solo saturada fica mais instável, sujeita a erosão.

Os solos com horizontes sub-superficiais bem adensados são mais suscetíveis à erosão, da mesma forma que solos rasos são mais erodíveis que os profundos, porque neles a água das chuvas acumula-se acima da rocha ou camada adensada, que é impermeável, encharcando mais rapidamente o solo, o que facilita o escoamento superficial e conseqüentemente o arraste do horizonte superficial.

Alguns parâmetros podem definir a permeabilidade dos solos e, por conseguinte, a infiltração. Por exemplo, a densidade do solo (D_s) que corresponde à massa de solo (M_s) seco por unidade de volume de solo

(Vs), expressa em g/cm³, também chamada de densidade aparente ou densidade global. Outro parâmetro é a densidade de partículas (Dp), que corresponde à massa de partículas (Mp) por unidade de volume de partículas (Vp) de solo seco, expressa em g/cm³, também chamada de densidade real. A textura é outro parâmetro que controla a permeabilidade dos solos. Corresponde às proporções relativas de silte, areia e argila na fração terra fina do solo, identificada através do triângulo textural. Solos de textura arenosa são os mais facilmente erodidos.

A estrutura, a consistência e a porosidade dos solos também influenciam muito a permeabilidade dos solos. A consistência do solo é a sua resistência à desagregação, moldabilidade e tendência de aderir a outros objetos em consequência da manifestação das forças de adesão e coesão. As formas de consistência são a dureza (solo seco), a friabilidade (solo úmido), e a plasticidade e pegajosidade (solo molhado).

O manejo dos solos, isto é, o modo como a terra está sendo utilizada, se está ou não recoberta de vegetação, sob quais sistemas agrícolas a terra está sendo usada, são também fatores importantes que podem condicionar uma maior ou menor erosão dos solos.

Os cultivos em sistemas convencionais expõem o solo diretamente às chuvas, quando o solo está recém-arado, sem cobertura vegetal. Isto se torna um problema, principalmente porque a época do preparo do solo coincide com a época de chuvas intensas. Os solos com culturas anuais, como milho, algodão e soja, estão mais expostos à erosão do que os solos cultivados com plantas perenes ou semiperenes, como o café, a cana-de-açúcar e a laranja, por exemplo. Os cultivos em plantio direto favorecem uma maior proteção dos solos por não deixá-los expostos.

O Plantio Direto, com o recobrimento do terreno por uma densa camada de vegetação ou por resíduos de cultivos anteriores, reduz o impacto direto das gotas das chuvas sobre a superfície do solo. Há, também, maior infiltração da água, porque a vegetação causa obstáculos ao escoamento superficial. Além disso, as raízes entrelaçam-se, segurando mais o solo. Por isso, na agricultura deve-se realizar práticas conservacionistas, para que a infiltração da água seja maior e menor o escoamento superficial que provoca erosão e perdas de solo.

Queimadas

As conseqüências para o agroecossistema também são nefastas; além de destruírem a microbiota, as queimadas diminuem a umidade e a porosidade dos solos, aumentando a compactação e, conseqüentemente, a erosão. A lixiviação carrega grandes quantidades de nutrientes, mas a combustão também contribui para esta perda; um canavial em chamas "exporta" 30-60 kg de nitrogênio e 15-25 kg de enxofre por hectare. Esses nutrientes retornam ao solo, mas na forma de chuva ácida nociva aos vegetais. Considerando que as queimadas atingem cerca de 3,5 milhões de hectares, estima-se que, anualmente, 150 mil toneladas de nitrogênio são perdidos pela combustão. A queima também reduz a quantidade de caldo de cana, rico em açúcar, mas essa perda é compensada pela redução dos custos no corte (Szmrecsányi, 1994; Urquiaga et alli, 1998).

Práticas conservacionistas

Se a degradação dos solos tem sido o resultado de uma agricultura itinerante e sem preocupações ambientais, por outro lado, já começam a aparecer sinais animadores do surgimento de uma nova mentalidade conservacionista que é a de cultivar o solo, procurando, ao mesmo tempo, conservá-lo e melhorá-lo. Também, por parte do governo, já se percebe uma disposição de fornecer serviços de assistência ao lavrador para ensinar-lhe as práticas modernas de conservação do solo, como nos programas de manejo do solo, em microbacias hidrográficas.

Através do uso das práticas conservacionistas, pode-se cultivar o solo sem depauperá-lo significativamente, quebrando, assim, um aparente conflito ecológico que existe entre a ação do homem e o equilíbrio do meio ambiente. Essas práticas fazem parte da tecnologia moderna e permitem controlar a erosão, não a anulando completamente, mas reduzindo-a a proporções insignificantes.

Em áreas onde se faz a agricultura com o uso das práticas conservacionistas, ressalta, a primeira vista, a beleza da paisagem. As áreas mais inclinadas são ocupadas por florestas onde a vida silvestre se desenvolve, proporcionando oportunidade à caça controlada. Os campos de cultivo não apresentam sulcos morro abaixo e têm o aspecto harmonioso das culturas em linhas que contornam os declives das encostas. Os rios têm águas limpas e, se a poluição industrial e urbana é também controlada, são bastante piscosos.

As práticas conservacionistas evitam, entre outras coisas, o impacto direto da chuva e/ou o escoamento das enxurradas. Evitando as enxurradas, a água das chuvas mais fortes infiltra-se no solo, enriquece os mananciais subterrâneos, não havendo o escoamento súbito, que perigosamente sobrecarrega o curso dos rios, causando inundações dos campos de cultivo e de cidades.

Essas práticas são, portanto, essencialmente benéficas a todos, porque proporcionam tranquilidade tanto ao agricultor como ao cidadão. Para executá-las necessita-se, sobretudo, de conhecer o solo que se está utilizando, pois para conservá-lo precisa-se saber como ele é constituído e como se formou. A pedologia é, portanto, muito útil para o estabelecimento das bases teóricas necessárias ao estabelecimento das práticas conservacionistas.

As práticas de caráter edáfico são aquelas que dizem respeito ao solo em si, procurando manter ou melhorar sua fertilidade. Este conjunto de medidas está resumido em quatro princípios básicos: a) ajustamento à capacidade de uso; b) eliminação ou controle das queimadas; c) adubações; d) rotação de culturas.

O termo “ajustamento à capacidade de uso” refere-se ao fato de que cada solo tem um limite máximo de possibilidade de uso, além do qual não poderá ser explorado sem riscos de erosão. Os solos com declive muito acentuado, por exemplo, têm capacidade de serem usados no máximo, para pastagem ou reflorestamento, sendo desaconselhável o uso com culturas anuais que necessitam aração anualmente. Por outro lado, os solos profundos permeáveis, com declives suaves, podem ter várias utilizações, pois neles a suscetibilidade à erosão geralmente é pequena.

As adubações visam a adicionar ao solo os nutrientes que lhe faltam para proporcionar melhor desenvolvimento das lavouras. Elas visam tanto a corrigir deficiências naturais do solo como a compensar os nutrientes que são removidos com as colheitas. Para efetuar adubação o agricultor moderno retira uma amostra de sua terra e a envia para um “laboratório de análise de terra”, a fim de que seja examinado.

Com base em análise, serão indicados quais os corretivos e fertilizantes que devem ser usados. Dos corretivos, o mais utilizado é o calcário moído, que serve tanto para corrigir a acidez, elevando o valor do pH a valores apropriados para eliminar elementos tóxicos (alumínio), quanto para fornecer os macronutrientes cálcio e magnésio. Os fertilizantes são usados para fornecer outros elementos nutritivos dos quais os mais necessários são o nitrogênio, o fósforo, o potássio e o enxofre.

No sistema de rotação de culturas, alternam-se, em um mesmo terreno, diferentes culturas em uma seqüência regular. Essa prática é baseada no fato de as culturas terem exigências diferentes. A rotação de uma cultura que tem maior capacidade de extrair nutrientes do solo com outra de menor capacidade é altamente aconselhável porque possibilita o aproveitamento maior dos adubos adicionados às terras.

Algumas práticas visam a controlar a erosão aumentando a cobertura vegetal do solo. Como exemplo, podem-se citar: a) reflorestamento; b) formação e manejo adequado de pastagens; c) culturas em faixas com renques de vegetação em nível que interceptam o escoamento das águas; d) plantio de grama nos taludes das estradas; e) faixas de árvores formando quebra-ventos; f) controle das capinas, roçando-se o mato em vez de arrancá-lo; g) cobertura do solo com palha ou acolchoamento. Algumas dessas práticas vêm sendo usadas com muito sucesso, como por exemplo, a cobertura do solo com palha, através do chamado plantio direto, sem aração, que faz com que os restos de cultivos anteriores permaneçam sobre a superfície em vez de serem incorporados ao solo com arado.

No sistema de cultivos em faixas alternadas, faixas locadas em nível, com cerca de 30m de largura, são plantadas intercaladas com culturas de diferentes densidades de crescimento, tais como algodão e milho.

Todas as práticas vegetativas procuram cobrir o terreno com árvores, folhagens ou resíduos vegetais, imitando, portanto, a natureza. O revestimento vegetal do solo protege tanto pela interceptação das gotas da chuva e livre escoamento das enxurradas como por fornecer matéria-orgânica e sombreamento ao solo. Assim, oferece benefícios não apenas por evitar a erosão senão também por aumentar os animais benéficos ao solo como as minhocas e no caso do reflorestamento, pelo controle das perdas, em profundidade, de elementos nutritivos pela percolação, no solo, das águas das chuvas, uma vez que as raízes das árvores podem retirar nutrientes a grandes profundidades.

O trabalho de conservação do solo, com a utilização de máquinas, introduz algumas alterações no relevo, procurando corrigir os declives muito acentuados pela construção de canais ou patamares em nível que interceptam as águas das enxurradas.

De uma maneira geral, essas práticas são as que requerem maior dispêndio de recursos financeiros, mas podem ser indispensáveis, para que terrenos de declividade moderada possam ser usados convenientemente, com culturas anuais, sem o risco de serem erodidos.

Algumas dessas práticas eram do conhecimento de alguns povos há muitas centenas de anos. Os antigos chineses e os incas, por exemplo, usavam a construção de terraços do tipo patamar nas encostas íngremes, principalmente, para o cultivo de arroz, milho e batata. Esses terraços têm o aspecto de grandes degraus, como se a encosta fosse uma imensa escada, e foram construídos manualmente, por muitos anos. Esse trabalho imponente mostra que esses povos já tinham consciência da necessidade de conservar seu solo para garantir a produção contínua de seus alimentos.

Uso Sustentável Do Solo



uso do solo sem estratégias de conservação representa elevados custos à sociedade, pela grande perda de solos agricultáveis através da erosão, causando redução da capacidade produtiva do solo e, ainda, provocando assoreamento e contaminação dos cursos d'água e represas, afetando, inclusive, a biodiversidade.

No Brasil, há extensas áreas improdutivas e abandonadas em decorrência da degradação resultante do mau uso do solo sem práticas de conservação. Abandona-se a terra depauperada, tomada pela erosão, sobre a qual já não é vantajoso continuar produzindo e isso, sem dúvida, significa uma exploração não sustentável dos solos. A pecuária freqüentemente, tem produzido terras enfraquecidas, quando não há conservação dos solos. Nestes casos, há também prejuízos para além dos solos.

As ações voltadas para o uso racional e o manejo dos recursos naturais, principalmente, o solo, a água e a biodiversidade visam a promover uma agricultura sustentável, aumentar a oferta de alimentos e ainda podem melhorar os níveis de emprego e renda no meio rural.

O manejo agrícola convencional (que emprega produtos altamente tóxicos à vida e privilegiam a monotonia da paisagem) é altamente prejudicial à preservação. Todo método ou sistema de uso da terra somente será sustentável, se for capaz de manter o seu potencial produtivo também para gerações futuras. O uso sustentável dos solos é aquele que representa um sistema mais assemelhado aos ecossistemas naturais.

Os sistemas agroflorestais são reconhecidamente modelos de exploração de solos que mais se aproximam ecologicamente da floresta natural e, por isso, podem ser considerados como importante alternativa de uso sustentado do ecossistema tropical úmido.

A produção agroflorestal é intrinsecamente conservacionista. Nela, o uso da terra combina a utilização de espécies arbóreas (frutíferas e/ou madeiras) com cultivos agrícolas e/ou criação de animais, de forma simultânea ou em sequência temporal, que promovem benefícios econômicos (necessidades básicas de alimento, madeira, lenha, forragem) e ecológicos (conservação dos recursos naturais disponíveis na propriedade (solo, água, biodiversidade, entre outros). Com isso, obtém-se maior diversidade de produtos, diminui a necessidade de insumos externos, contribuindo-se significativamente para o desenvolvimento equilibrado, integrado e duradouro tanto da paisagem natural quanto das comunidades humanas que nela habitam, reduzindo a migração campo-cidade.

O sistema de plantio direto pode ser considerado um sistema de produção conservacionista, que se contrapõe ao sistema tradicional de manejo. Envolve o uso de técnicas para produzir, preservando a qualidade ambiental. Fundamenta-se na ausência de preparo do solo e na cobertura permanente do terreno através de rotação de culturas. Tem sido considerado uma boa alternativa de cultivo conservacionista e, portanto, sustentável. O alicerce conceitual de sustentabilidade ambiental do sistema de plantio direto está baseado na manutenção do solo sempre coberto de plantas em desenvolvimento e de resíduos

vegetais que tem a finalidade proteger o solo do impacto das gotas de chuva, do escoamento superficial e das erosões hídrica e eólica.

Existem diversos sinônimos ou termos equivalentes para plantio direto: plantio direto na palha, cultivo zero, sem preparo (“no-tillage”), cultivo reduzido, entre outros. Efetivamente, poderia considerar-se o plantio direto como um cultivo mínimo, visto que o preparo do solo limita-se ao sulco de semeadura, procedendo-se à semeadura, à adubação e, eventualmente, à aplicação de herbicidas em uma única operação.

O manejo do solo no sistema de plantio direto tem os seguintes objetivos: eliminação/redução das operações de preparo do solo, o que evita o selamento superficial decorrente do impacto das gotas de chuva e reduz o escoamento superficial aumentando a infiltração, e, por isso, reduzindo drasticamente a erosão. Há maior manutenção da estabilidade de agregados, melhorando a estrutura do solo, evitando compactação subsuperficial, o que também reduz as perdas de água por evaporação, aumentando a disponibilidade de água para as plantas, a atividade biológica do solo e a manutenção da matéria orgânica do solo.

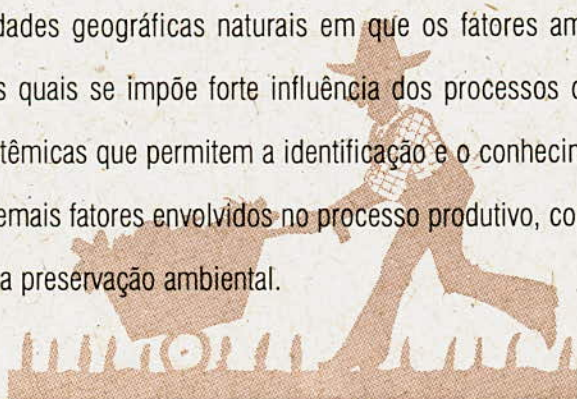
O manejo do solo em microbacias não é uma alternativa, mas uma necessidade para se ter sustentabilidade o que tem por objetivo a recuperação e a conservação dos recursos naturais, principalmente, o solo e a água, facilitando, através do manejo integrado destes recursos, a implementação de ações que visem à manutenção do equilíbrio do sistema ambiental, inclusive da capacidade de

produção das propriedades agrícolas e, ao mesmo tempo, a diminuição dos gastos com insumos agrícolas, proporcionando maior lucro aos agricultores.

O manejo integrado em microbacias pressupõe a aplicação de ações conjuntas entre os agricultores de forma a garantir maior êxito na promoção da conservação do solo, recuperação das áreas erodidas, reconstituição da mata ciliar, recuperação das estradas e diminuição do uso de produtos químicos, e também, assegurar a qualidade ambiental da região, bem como a manutenção dos níveis de produção e, conseqüentemente, a renda com a atividade agrícola.

O Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento desenvolve um *Programa Nacional de Microbacias Hidrográficas e Conservação de Solos na Agricultura* que tem por objetivo promover o desenvolvimento rural de forma integrada e sustentável, tendo a microbacia hidrográfica como unidade de planejamento e a organização dos produtores como estratégia para promover a melhoria da produtividade agrícola e o uso de tecnologias adequadas sob o ponto de vista ambiental, econômico e social.

As microbacias são unidades geográficas naturais em que os fatores ambientais estão articulados sistemicamente, sobre os quais se impõe forte influência dos processos conduzidos pela água. Elas representam unidades sistêmicas que permitem a identificação e o conhecimento das interrelações dos fluxos de energia e dos demais fatores envolvidos no processo produtivo, com vistas a compatibilizar as atividades humanas com a preservação ambiental.



A adoção da microbacia hidrográfica, como unidade de planejamento e ocupação do espaço rural, constitui uma alternativa prática, na qual a parceria e a união de esforços são requisitos básicos para a consecução dos benefícios a que se propõe um projeto de desenvolvimento sustentável.

Para a realização do planejamento e a implementação da conservação dos solos em microbacias é necessário o esforço de todos os proprietários na microbacia tendo em vista organização da comunidade para a conservação dos solos.

Outro caminho para a sustentabilidade ambiental da agricultura é a agricultura orgânica. Neste caso, é importante a noção de que a fertilidade do solo deve ser uma função direta da matéria orgânica contida no solo e a ação dos microorganismos sobre a matéria orgânica (decomposição) é que libera os elementos químicos necessários ao desenvolvimento dos vegetais cultivados (ORMOND et. al. 2002).

Outro conceito importante para agricultura orgânica é complexidade. O solo é um organismo vivo porque além de possuir dinâmica própria em seus elementos minerais e orgânicos (processos de pedogênese), possui organismos como minhocas, bactérias, fungos, formigas, cupins. É complexo, porque todos esses elementos estão em interações ecológicas e ambientais que fazem parte de um sistema maior, o ecossistema. A agricultura orgânica procura manter a complexidade do ecossistema, o que garante a sustentabilidade ambiental, o equilíbrio do solo e dos demais elementos do ecossistema (água, plantas, animais, insetos, etc.).

A agricultura comercial em monocultura simplifica o sistema ambiental por uma razão também simples: isso facilita a supervisão e o controle do processo produtivo, com ganhos de escala, o que em primeira vista pode significar maior rendimento econômico, mas também os prejuízos ambientais que já foram relatados anteriormente (ASSIS 2003). Por isso, agricultura orgânica é muito mais do que agricultura sem agrotóxico. Já está provado que é possível realizar agricultura de base ecológica, valorizando a diversidade biológica, com tecnologias apropriadas que garantam o fornecimento de alimentos sem agrotóxicos e a manutenção do equilíbrio ambiental, além de alto rendimento econômico.





á está provado que só é possível manejar bem os solos, tirando deles maior produtividade e dando-lhes a conservação necessária, quando se conhecem as suas principais características e sua dinâmica.

A ciência já aprendeu bastante acerca dos solos, um aprendizado herdado tanto das experiências adquiridas com a prática de muitas gerações como das teorias e pesquisas. Mesmo sendo a pedologia uma ciência relativamente nova, com pouco mais de cem anos, os processos de formação dos solos e a sua dinâmica já são bem conhecidos. Os solos podem ser mapeados, reconhecidos pela sua fertilidade, potencialidades e fragilidades ambientais, para que possamos dispensar os cuidados necessários para um máximo rendimento econômico do seu uso, sem que haja degradação dos solos ou mesmo do equilíbrio ambiental.

Mas, por que ainda há tantos problemas com erosões de solos, compactação, perda de fertilidade, que comprometem a produção e ainda dificultam a recarga dos lençóis freáticos, entulham de sedimentos os cursos d'água, reduzindo a capacidade dos rios de conter água?

Percebe-se que mesmo com todo o conhecimento disponível, não cuidamos bem dos nossos solos, seja por desconhecimento daqueles que cultivam a terra, seja por falta de recursos financeiros para realizar as práticas conservacionistas. Em ambos os casos, precisamos ampliar as ações de educação ambiental, em que agentes ambientais (empresas de extensão rural, universidades, técnicos) ensinem aos produtores rurais princípios básicos do conhecimento dos solos e os sensibilizem para o fato de que a conservação dos solos não é gasto, mas investimento.

- ASSIS, R. L. de Globalização, desenvolvimento sustentável e ação local: o caso da agricultura orgânica. *Cadernos de Ciência & Tecnologia*, Brasília, v. 20, n. 1, p. 79-96, jan./abr. 2003
- CURI, N.; LARACH, J.O.I.; KÄMPF, N.; MONIZ, A.C.; FONTES, L.E.F. Vocabulário de ciência do solo. Campinas (SP). Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1993.
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solo. Sistema brasileiro de classificação de solos. 2ª. Imp. Brasília. Embrapa Solos, 2000, 419 p.
- JUMA, N.G Pedosphere and its dynamics - a systems approachs to soil science. Edmonton, Alberta - Canadá, Salmam Productions, 2001
- LEPSH, I.F. Solos, formação e conservação. São Paulo, Oficina de Texto. 2002, p. 178.
- ORMOND, J.G.P; PAULA, S.R.L. de; FAVERET FILHO, P; ROCHA, L.T.M. da Agricultura Orgânica: Quando o Passado é Futuro. *BNDES Setorial*, Rio de Janeiro, n. 15, p. 3-34, mar. 2002.
- PALMIERE, F.; LARACH, J.O.I. Pedologia e geomorfologia. In: GUERRA, A.J.T.; CUNHA, S.B. (Org.) *Geomorfologia e Meio Ambiente*. Rio de janeiro. Bertrand do Brasil, 1996, p. 59-123.

PORTO, C.G. Intemperismo em regiões tropicais. In: GUERRA, A.J.T.; CUNHA, S.B. (Org.)

Geomorfologia e Meio Ambiente. Rio de Janeiro. Bertrand do Brasil, 1996, p. 25-57

RESENDE, M.; CURTI, N.; RESENDE, S.B.; CORRÊA, G.F. Pedologia: base para distinção de ambientes. 2ª Ed. Viçosa. NEPUT, 1997.

SILVA, L.F. Solos tropicais - aspectos pedológicos, ecológicos e de manejo. São Paulo.

Terra Brasilis, 1985, 135 p. SILVA, L.F. Solos tropicais - aspectos pedológicos, ecológicos e de manejo. São Paulo. Terra Brasilis, 1985, 135 p.

Samuel do Carmo Lima nasceu no Rio de Janeiro (RJ), graduou-se em Geografia pela Universidade Federal Fluminense (RJ). Fez mestrado em Geoquímica no Instituto de Química da UFF-RJ e doutorado em Geografia Física no Departamento de Geografia da FFLCH-USP. É professor do Instituto de Geografia da Universidade Federal de Uberlândia, onde orienta trabalhos de Iniciação Científica, mestrado e doutorado no Programa de Pós-Graduação do Instituto de Geografia-UFU. Atualmente é coordenador do Laboratório de Geografia Médica do IG-UFU.

Série Educação Ambiental
Coordenação da Série: Marlene Teresinha de Muno Colesanti
Presidente do CCBE - Celso Castilho de Souza
Diretor de Implantação do CCBE: Júlio Minelli
Coordenador Técnico: Marcos Roberto Moreira Ribeiro
Revisão de Texto: Aldo Luis Bellagamba Colesanti
Revisão Técnica: Gelze Serrat de Souza Campos Rodrigues
Valéria Guimarães de Freitas Nehme
Projeto Gráfico/Ilustrações: George Thomaz
Impressão: Gráfica Roma (papel 100% reciclado)
Realização: CCBE - Consórcio Capim Branco de Energia
Fundep - Fundação de Desenvolvimento da Pesquisa

Ficha Catalográfica

elaborada pelo Departamento de Catalogação da Biblioteca da UNITRI
Bibliotecária responsável: Gizele Cristine Nunes do Couto - CRB6/2091

L 732 s Lima, Samuel do Carmo.
Solo: manejo, conservação e uso sustentável / Samuel do Carmo
Lima ; coordenação geral de Marlene Teresinha de Muno Colesanti. –
Uberlândia : Roma, 2007.
53 p. : il. ; 20 cm - (Educação Ambiental : v. 5)

"Obra patrocinada pela FUNDEP e CCBE."
ISBN - 978-85-99474-09-9

1. Pedologia. 2. Solo - manejo. 3. Solo - práticas convencionais. I.
Colesanti, Marlene Teresinha de Muno, coord. II. Título.

CDD – 631.4

ISBN 978-85-99474-09-9

