

FORMAÇÃO E CARACTERÍSTICAS DOS SOLOS PARA O ENTENDIMENTO DE SUA IMPORTÂNCIA AGRÍCOLA E AMBIENTAL

Cleverson V. Andreoli
Fabiana de Nadai Andreoli
Jorge Justi Junior

INTRODUÇÃO

Podemos começar este capítulo com a seguinte questão: você alguma vez já se perguntou ou tem conhecimento sobre a importância dos solos, seja ela ambiental, seja agrícola?

Podemos então rebater essa questão com outras três: mas o que vem a ser o solo? Alguém estuda exclusivamente os solos? Ele têm realmente alguma importância ambiental e agrícola?

Sendo assim, ao longo deste capítulo tentaremos esclarecer a temática acerca desse assunto e, principalmente, demonstrar o quão importante ele é ao meio ambiente, para a agricultura e para a sociedade como um todo. A premissa fundamental deste capítulo é a inserção desse conhecimento na sociedade, permitindo um melhor entendimento quanto à preservação ambiental em geral. De fato, Foucault (2001) afirma que práticas sociais podem produzir domínios do saber, que além de criarem novos objetos, conceitos e técnicas, também são responsáveis pelo nascimento de novos sujeitos e de sujeitos de conhecimento.

O que se perceberá aqui é que o solo é fundamental para o desenvolvimento de diversas atividades humanas, das quais podemos citar algumas principais: construção civil (fundações, telhas, tijolos etc.), tratamento de resíduos (esgoto, resíduos sólidos etc.), produção de alimentos (agricultura e pecuária),

ornamentação (produção de espécies vegetais para paisagismo etc.), silvicultura (produção de madeira para móveis, residências etc.), além de inúmeras outras não comuns no dia a dia.

No sentido amplo, a palavra ‘solo’ tem vários significados, mas a definição tradicional afirma que ele é o meio natural para o crescimento de plantas terrestres. (USDA, 2014).

Já a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) (2018) e Batista (2018), seguindo uma denominação técnica, definem o solo como uma coleção de corpos naturais, constituídos por partes sólidas, líquidas e gasosas, tridimensionais, dinâmicos, formados por materiais minerais e orgânicos que ocupam a maior parte do manto superficial das extensões continentais do nosso planeta, além disso, contêm matéria viva e podem ser vegetados na natureza onde ocorrem e podem, eventualmente, terem sido modificados por interferências antrópicas.

Podemos dizer ainda que a ciência responsável pelo estudo dos solos é a pedologia. Essa palavra tem origem grega: *pedo(n)* = solo, terra; *logos* = estudo de um assunto particular, portanto, a etimologia da palavra pedologia corresponde ao estudo dos solos.

Essa ciência teve origem na União Soviética, em meados de 1880 (IBGE, 2015), por Vasily Dokuchaiev, considerado o pai da pedologia. Lepsch (2002) a descreve como sendo aquela que se dedica a estudar os solos, considerando sua origem, morfologia, classificação e mapas, formulando propostas para seu melhor uso dentro dos preceitos da sustentabilidade (proteção ambiental).

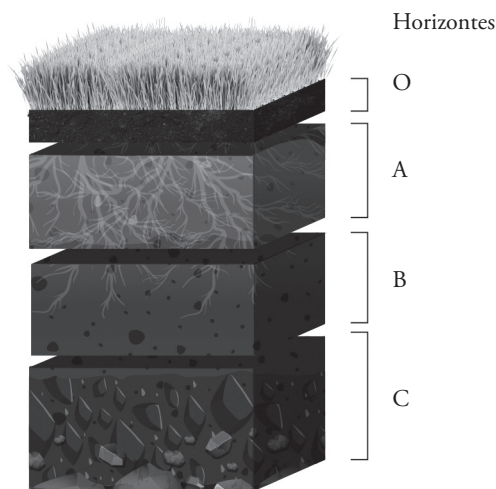
FORMAÇÃO DOS SOLOS

O solo é formado por meio da decomposição das rochas, por meio de um conjunto de processos físicos, químicos e biológicos, que podem ser denominados de intemperização. Dentre os processos físicos podemos listar o atrito entre as partículas de solo, a temperatura, o vento, a pressão, entre outros fatores. No que se refere aos processos químicos, temos a atuação da água, de ácidos, bases, sais e outros compostos. Finalmente, entre os processos biológicos podemos citar a ação dos microrganismos, da matéria orgânica, das raízes das plantas, entre outros. Todos esses processos atuam em conjunto e são responsáveis pela pulverização da rocha em partículas menores, resultando em frações de material e dimensões ou granulometria variável, responsáveis pela formação dos diferentes tipos de solos.

Essa característica de formação do solo permite, normalmente, separá-lo em duas camadas, denominadas de horizontes: o primeiro, mais profundo, conhecido como horizonte genético ou horizonte B; enquanto que o segundo, mais suscetível aos agentes intemperizantes, e também com maior quantidade de material orgânico, uma vez que está na superfície do solo, denominado de horizonte A. Algumas vezes, dependendo de seu processo de formação, os horizontes podem estar ausentes, bem como pode haver a formação de novos horizontes, com menor ocorrência. Segundo a EMBRAPA (2018), os solos, quando examinados com base na superfície, consistem de seções aproximadamente paralelas – denominadas horizontes ou camadas – que se distinguem do material de origem inicial, como resultado de adições, perdas, translocações e transformações de energia e matéria.

O clima, o tipo de material de origem e a deposição do material orgânico na superfície conferem cores diferenciadas ao perfil de solo. Normalmente as camadas mais superficiais, constituídas pelo horizonte A, tendem a apresentar cores mais escuras em função do maior teor de matéria orgânica. No horizonte B as cores variam do vermelho (regime de formação mais seco) ao amarelo (regime de formação mais úmido). Por fim, áreas em que o solo se encontra saturado por água, mesmo que de forma sazonal, devido à oxidação do ferro, a coloração tende a ficar pálida, acinzentada, podendo inclusive haver mosqueados de coloração avermelhada.

Figura 1 – Modelo esquemático de um perfil de solo.



Fonte – Adaptado de Brasil Escola, 2012.

TIPOS DE SOLO

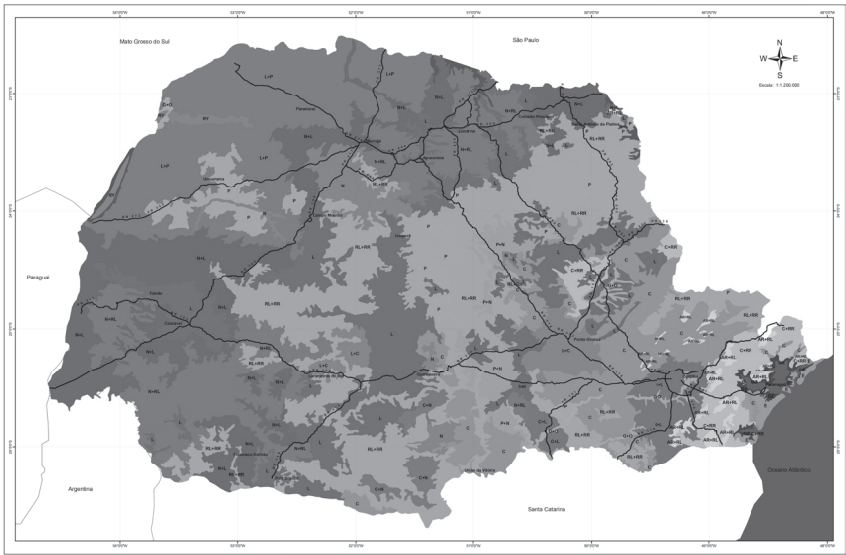
A EMBRAPA, em parceria com diversas instituições de ensino e pesquisa de todo o Brasil, vem ao longo dos anos desenvolvendo e aprimorando o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. Esse sistema, considerando o território nacional, divide os diferentes tipos de solo em níveis categóricos. O primeiro e o mais importante, denominado de ordem, separa os solos em treze níveis (EMBRAPA, 2018): Argissolos, Cambissolos, Chernossolos, Espodossolos, Gleissolos, Latossolos, Luvisolos, Neossolos, Nitossolos, Organossolos, Planossolos, Plintossolos e Vertissolos. Cada qual apresenta uma definição decorrente de suas características, em especial resultantes de seu processo de formação. De forma geral, podemos separá-los pelo seu grau de desenvolvimento, teor de material mineral e orgânico, textura ao longo dos horizontes e saturação por água.

Os demais níveis categóricos são definidos pelas características e propriedades dos solos, por exemplo, pela sua coloração.

Especificamente no estado do Paraná, segundo Lima *et al.* (2012) e o Mapa Simplificado de Solos do Estado do Paraná (EMBRAPA Florestas, Laboratório de Monitoramento Ambiental e UFPR, 2012), ocorrem oito ordens de solo. Estes têm sua distribuição no estado conforme seu processo de formação, diretamente relacionado às condições geológicas do substrato (material de origem) e geomorfológicas (paisagem).

Segundo a EMBRAPA (2007), a ordem de maior representatividade é o Latossolo, ocupando aproximadamente 31% da área total do Estado, o que equivale a cerca de 62.000 ha. Outras ordens que se destacam são os Neossolos, abrangendo aproximadamente 22% do Paraná, contudo devem-se considerar diferentes subordens, que apresentam características bastante distintas, ocupando desde áreas de praia, com solos de textura essencialmente arenosa (quartzarênicos), até áreas de encostas com declividade elevada, com perfil pouco espesso, sem horizonte genético e com afloramentos rochosos (litólicos). Os Nitossolos e Argissolos representam cerca de 15% da superfície do Estado, enquanto os Cambissolos, aproximadamente 10%. As demais classes em conjunto ocupam cerca de 2% da área total do Estado.

Figura 2 – Distribuição dos solos no estado do Paraná.



Legenda	
Classificação	
AR+RL – AFLORAMENTOS DE ROCHAS + NEOSSOLOS LITÓLICOS	C+L – CAMBISSOLOS + LATOSSOLOS
G+O – GLEISSOLOS + ORGANOSSOLOS	C+N – CAMBISSOLOS + NITOSSOLOS
RY – NEOSSOLOS FLÚVICOS	L – LATOSSOLOS
RL+RR – NEOSSOLOS LITÓLICOS + NEOSSOLOS REGOLÍTICOS	L+C – LATOSSOLOS + CAMBISSOLOS
E – ESPODOSSOLOS	L+A – LATOSSOLOS + ARGISSOLOS
P – ARGISSOLOS	N – NITOSSOLOS
P+N – ARGISSOLOS + NITOSSOLOS	N+RL – NITOSSOLOS + NEOSSOLOS LITÓLICOS
C – CAMBISSOLOS	N+L – NITOSSOLOS + LATOSSOLOS
C+rr – CAMBISSOLOS + NEOSSOLOS REGOLÍTICOS	GZ – GLEISSOLOS SÁLICOS
	Corpos de água

Fonte – Adaptado de EMBRAPA, 2012.

Quadro 1 – Principais características dos solos com ocorrência no estado do Paraná.

Classe (ordem)	Principais características
Argissolos	Solos com acumulação de argila no horizonte subsuperficial B.
Cambissolos	Solos com horizonte B em início de formação.
Espodossolos	Solos muito arenosos com acúmulo de material orgânico e compostos de ferro e alumínio no horizonte B.
Gleissolos	Solos com cores acinzentadas indicando saturação por água.
Latossolos	Solos desenvolvidos e profundos.
Neossolos	Solos jovens em início de formação (sem horizonte B).
Nitossolos	Solos com agregados do horizonte B com superfícies brilhantes (cerosidade).
Organossolos	Solos com elevados teores de material orgânico.

Fonte – Adaptado de Lima *et al.* (2012).

Os Argissolos apresentam um aumento no teor de argila do horizonte A para o B. Esse comportamento condiciona uma elevada suscetibilidade à erosão ou erodibilidade. Segundo Lima *et al.* (2012), ocorrem desde o litoral até o noroeste do Estado, sendo escassos nas regiões de rochas basálticas.

Os Cambissolos são solos pouco desenvolvidos e, em geral, pouco profundos. Estão distribuídos por todo o estado, contudo ocorrem principalmente na região sul e leste. Ambientalmente são pouco espessos e de ocorrência em locais de maior declividade.

Solos rasos e com acúmulo de material orgânico e/ou óxidos de ferro nas camadas subsuperficiais são enquadrados como Espodossolos. Essa unidade ocorre exclusivamente na planície litorânea do estado. Apresentam textura arenosa, sendo muito suscetíveis à contaminação do aquífero freático, geralmente bastante superficial.

Os Gleissolos compreendem os solos hidromórficos ou saturados por água. Apresentam um horizonte Glei caracterizado pela coloração pálida ou acinzentada devido ao processo de redução do ferro. Está distribuído por todo o estado, especialmente nas planícies fluviais, várzeas ou banhados, podendo ocorrer também no litoral, em solos de mangue. Do ponto de vista ambiental são muito frágeis devido à saturação por água.

Os Latossolos são solos desenvolvidos e profundos devido ao seu processo de intemperização ou formação. Essa unidade está distribuída por todo o estado, em áreas mais elevadas e planas, tendo menor ocorrência no litoral e áreas de maior declividade. Eles têm uma boa capacidade de armazenamento de água que somada a sua estrutura, profundidades, ausência de impedimentos

como rochas, torna sua aptidão agrícola elevada. Ambientalmente, apresentam baixa fragilidade ambiental e baixa erodibilidade, salvo as unidades com textura arenosa observadas no noroeste do Paraná. (LIMA *et al.*, 2012).

Neossolos são solos pouco desenvolvidos, com camada superficial pouco espessa, sem horizonte B Diagnóstico, podendo estar assentada diretamente sobre a rocha de origem ou horizonte C. Essa ordem é subdividida conforme sua formação ou local de ocorrência. Os Neossolos Litólicos são solos com contato lítico, rasos, com ocorrência em áreas de forte declividade, podendo estar associados a afloramentos de rochas. Os Neossolos Flúvicos são derivados de deposição de sedimentos aluviais. Os Neossolos Regolíticos diferem dos Litólicos por não apresentarem contato lítico. Já os Neossolos Quartzarênicos são caracterizados pela sua textura essencialmente arenosa. Ambientalmente, indiferente da subordem, são solos de elevada fragilidade ambiental.

Segundo Lima *et al.* (2012), os Nitossolos são caracterizados pela presença de um horizonte B cujos agregados apresentam brilho em sua superfície. Ocorrem principalmente na região de rochas basálticas, norte, oeste e sudoeste do estado, em áreas de moderada inclinação. Apesar da boa fertilidade, apresentam elevada erodibilidade devido à drenagem limitada e sua ocorrência em relevos ondulados.

Por fim, os Organossolos são solos compostos por material orgânico com coloração escura devido ao acúmulo de restos vegetais em ambientes saturados por água. (LIMA *et al.*, 2012). Estão distribuídos por todo o Paraná, contudo em áreas alagadiças ou úmidas, chamadas de banhados. São solos extremamente frágeis, devendo ser destinados à preservação.

CARACTERÍSTICAS DOS SOLOS

Os diferentes tipos de solos são condicionados, em geral, pelas suas características e propriedades, das quais podemos separar algumas, fundamentais do ponto de vista ambiental e da agricultura.

- **Cor:** tem relação com a formação dos solos, normalmente as cores avermelhadas indicam uma formação em regime climático mais seco; já as cores amareladas indicam que essa formação ocorreu num regime mais úmido que o anterior; e solos com cores pálidas ou acinzentadas indicam saturação por água (hidromorfismo), que também pode ser caracterizada por mosqueados (pigmentações) vermelhas e amarelas ao longo do perfil.
- **Hidromorfismo:** refere-se à superficialidade do aquífero freático, indicando que o solo está permanentemente ou sazonalmente saturado por água. Normalmente os solos com essa característica, conforme já citado, têm coloração pálida ou acinzentada, podendo apresentar mosqueados; outro fator que pode ser indicativo dessa característica é a deposição de material orgânico, que deixa a coloração dos solos muito escura, praticamente preta. Solos com essa característica têm uma elevada fragilidade ambiental, recomendando-se na maioria das vezes destiná-los à preservação.

- Potencial hidrogênio (pH): indica a acidez dos solos, tem relação direta com a fertilidade (disponibilidade de nutrientes) e, conseqüentemente, com a produção agrícola. Pode ser facilmente corrigido por meio de calagens (aplicação de calcário).
- Textura: refere-se à proporção dos particulados do solo, determinados de acordo com suas dimensões (granulometria): areia (mais grosseira), silte (intermediário) e argila (mais fina). Influi na velocidade de infiltração e na capacidade de retenção de água no solo, em decorrência da porosidade (macro e microporos).
- Atividade química: definida pela Capacidade de Troca de Cátions (CTC), que tem papel importante na retenção de substâncias contaminantes, ou ainda de nutrientes, por isso sua importância como filtro sob o ponto de vista ambiental, e na agricultura, influenciando na fertilidade dos solos, respectivamente. Analogamente, a CTC atua como uma espécie de ímã, e os nutrientes seriam simples peças de metal atraídas por essas cargas do solo.
- Material mineral x material orgânico: na massa de solo podemos separar duas frações, uma mineral e outra orgânica. Normalmente, temos o predomínio da fração mineral. A orgânica se concentra nas camadas superficiais do solo em decorrência da decomposição da vegetação em sua superfície, enquanto nas camadas mais profundas, onde o solo está em processo de formação (intemperização da rocha), essa fração é reduzida. A fração mineral fornece nutrientes às plantas de forma mais lenta, enquanto na orgânica os nutrientes estão prontamente disponíveis. Outro aspecto importante a se considerar é que a fração orgânica do solo é responsável por armazenar carbono, um dos principais gases responsáveis pelo efeito estufa e aquecimento global.

As características citadas anteriormente são apenas algumas de muitas outras, porém, dentre todas, essas são as mais comuns e diretamente relacionadas aos aspectos agrícolas e ambientais. Além disso, todas elas se relacionam entre si, uma influenciando e sendo influenciada por outras.

IMPORTÂNCIA AGRÍCOLA DOS SOLOS

O solo é imprescindível para as atividades agrícolas em larga escala, pois além de servir de suporte às plantas (visão simplista), ainda fornece nutrientes e água para o seu desenvolvimento. Porém, podemos considerá-lo como um recurso não renovável, principalmente no que tange aos seus nutrientes. A agricultura empregada de forma intensiva é responsável pelo depauperamento do solo por diversas vias, dentre elas podemos destacar a absorção dos nutrientes pelas plantas, sem haver sua reposição (ciclagem de nutrientes) por meio de adubações, ou ainda, a instalação de processos erosivos que carregam partículas de solo, com nutrientes adsorvidos a elas, para as partes mais baixas do terreno. As queimadas, muito comuns num passado recente, também eram responsáveis pela degradação dos

solos, visto que alguns nutrientes são voláteis, como o nitrogênio, além de eliminar praticamente toda a microflora e microfauna das camadas superficiais do solo.

Dessa forma, podemos dizer efetivamente que a principal importância dos solos à agricultura é o fornecimento de nutrientes e água para as plantas. Não basta apenas ter um solo com nutrientes e água, se estes, por alguma razão, não estiverem disponíveis às plantas, então, em uma análise geral, devemos considerar a quantidade armazenada de nutrientes e água e também sua pronta disponibilidade à vegetação.

Solos mais desenvolvidos tendem a ter uma melhor fertilidade natural, porém o que determina sua disponibilidade é a carga do solo (CTC) e qual percentual dela está ocupado com os nutrientes (saturação por bases – V%).

No solo há um elemento, conhecido como alumínio, que além de ser tóxico limita a absorção de nutrientes pelas plantas, ocupando a maior parte das cargas (distrófico), conhecida CTC. O mesmo comportamento é válido quando nos referimos à acidez do solo (pH), que também é responsável por limitar a absorção de nutrientes pelas plantas, mesmo que tenhamos uma boa quantidade deles no solo. O desequilíbrio de nutrientes é outro fator que pode interferir na absorção, pois o excesso ou a falta de um determinado elemento também pode limitar a absorção dos demais.

Conforme citado, para o desenvolvimento das plantas há o consumo dos nutrientes do solo, devido a esse fato é que devemos repô-los por meio de adubações, que podem ser químicas, minerais ou ainda com a adição de material orgânico. Caso não se proceda com a reposição, haverá o depauperamento do solo, reduzindo gradativamente a produtividade ao longo do tempo, até que não se consiga mais viabilizar um cultivo agrícola no terreno degradado.

Mesmo que os solos se encontrem em condições originais no que tange à fertilidade (disponibilidade de nutrientes), as plantas dependem de certa quantidade, que muitas vezes não são encontradas nos solos em condições naturais. Para tal, também se faz necessária a adubação, com objetivo não só de repor a reserva consumida pela planta, mas também suprir sua demanda de absorção, que, conforme mencionado, pode ser de três tipos: química, mineral e orgânica.

Na adubação química, geralmente, consideramos como fertilizantes apenas os macronutrientes nitrogênio (N), fósforo (P) e o potássio (K), por isso o nome dos adubos de NPK. Quando citamos números, como exemplo 4-14-8, nos referimos à proporção de cada um desses elementos no adubo, respectivamente, ou seja, nesse caso o adubo exemplificado teria 4 partes de nitrogênio (N); 14 partes de fósforo (P) e 8 partes de potássio (K). Porém, muitas vezes temos nos solos deficiência de outros elementos, sejam eles macronutrientes, sejam micronutrientes. Em ambos os casos, faz-se necessária a consulta a um engenheiro agrônomo, que irá indicar quais nutrientes e a quantidade de cada um a ser aplicada para determinada cultura agrícola e tipo de solo, com base nas análises de solo e na necessidade de cada cultura.

A adubação mineral se refere à aplicação de frações de rochas moídas, normalmente provenientes do processo de trituração da pedra brita. É pouco difundida dado ao custo, à disponibilidade do insumo e a um retorno que não ocorre de forma imediata.

Na adubação orgânica, em geral, utilizamos resíduos vegetais, restos de alimentos, esterco (diversas fontes, incluindo a ‘cama’ de criadouros de animais). Esse material orgânico pode ser aplicado diretamente, o que não é recomendado, ou ainda por meio da compostagem, que, segundo o Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo – USP (2012), compreende um processo biológico em que os microrganismos transformam a matéria orgânica – como estrume, folhas, papel e restos de comida – em um material semelhante ao solo, que se chama composto (húmus), e que pode ser utilizado como adubo. Esse processo é chamado de humificação e ocorre de forma natural, decorrente da ação de bactérias, fungos, vermes (minhoca); ou ainda via ação humana, quando aplicados produtos químicos para ocorrer sua formação. Esse produto tem elevada eficiência, visto que o nutriente está prontamente disponível para a planta.

A adubação, seja ela química, seja mineral ou orgânica, só terá efeito se o solo estiver corrigido, ou seja, se seu potencial hidrogênico (pH) – acidez – estiver próximo da neutralidade (levemente ácido). A acidez dificulta a absorção dos nutrientes, portanto, de nada adianta realizar uma adubação adequada se o solo não estiver, antes de tudo, corrigido. Para tal, aplicamos calcário ou gesso, sendo o primeiro mais eficiente na neutralização da acidez do solo.

Outro aspecto a se considerar para o desenvolvimento das plantas é a disponibilidade de água no solo, visto que muitas vezes é necessária a suplementação por meio da irrigação em épocas de seca ou estiagem. No solo devemos considerar a existência de micro e macroporos (pequenos e grandes poros, respectivamente) que interferem diretamente na capacidade de infiltração e retenção de água. Solos com maior quantidade de macroporos permitem uma rápida infiltração, diminuindo assim o escoamento superficial e, conseqüentemente, os processos erosivos, no entanto, sua capacidade de retenção é baixa, podendo causar *déficit* hídrico (murcha) nas plantas em períodos de pouca chuva. Essa característica é comum em solos arenosos. Contudo, solos com maior quantidade de microporos têm uma menor capacidade de infiltração, no entanto, sua capacidade de retenção de água é maior, diminuindo a possibilidade ou frequência de haver murchamento nas plantas. Conforme citado, quando o solo está em *déficit* hídrico, num estágio crítico de desenvolvimento da planta, ou seja, que possa resultar em prejuízos na produtividade, faz-se necessária a irrigação para suplementar essa deficiência.

Todavia, a matéria orgânica com a CTC são as principais responsáveis pela formação de agregados e estrutura do solo. Solos arenosos, devido à predominância de macroporos, apresentam uma maior aeração, fato que resulta em uma rápida decomposição do material orgânico aliada com a baixa carga desses tipos de material, significando que terão poucos agregados e estrutura fraca, tornando-os muito suscetíveis à erosão, mesmo tendo uma elevada velocidade de infiltração.

O manejo adequado dos solos agrícolas possibilita o uso sustentável dos recursos naturais provindos desse substrato, ou seja, atividades agrícolas, desde que bem manejadas, não resultariam no esvaziamento da reserva de nutrientes, na degradação do material orgânico, na pulverização dos agregados ou na perda da biota do solo, fatores que levariam à perda significativa de produtividade e a elevados custos de recuperação edáfica.

SOLOS E SEUS SERVIÇOS ECOSSISTÊMICOS

Os serviços ecossistêmicos, segundo MMA (2017), são os benefícios diretos e indiretos obtidos pelo homem por meio dos ecossistemas naturais. De modo geral, pode ser tratado como o conjunto de processos naturais dos ecossistemas, classificados como de provisão, sustentação, regulação e culturais, capazes de manter e dar suporte à vida. Quando há algum tipo de ação antrópica, que gera um impacto ambiental negativo, pode haver a perda da função ecossistêmica, ou sua redução, ou depreciação. Esses serviços podem ser de provisão, quando relacionados com os produtos obtidos dos ecossistemas, como água doce, alimentos, madeira, minerais, entre outros; de suporte e regulação, que compreendem os benefícios obtidos por meio de processos naturais, enquanto os serviços de suporte se referem àqueles que contribuem para a produção de outros serviços; e culturais, que dizem respeito aos benefícios obtidos da natureza considerados intangíveis, ou seja, relacionados à recreação, à educação, ao paisagismo/à estética, entre outros.

Dentre os serviços ecossistêmicos de provisão relacionados aos solos, destacam-se aqueles referentes à sua capacidade produtiva, já descritos neste capítulo em: 'Importância agrícola dos solos'.

Quanto aos serviços ecossistêmicos de suporte e regulação, ao se abordar um dos assuntos mais discutidos atualmente – a disponibilidade de água com qualidade –, pouco se fala sobre como o solo (características intrínsecas) pode vir a contribuir para a manutenção dessa qualidade. Solos com uma elevada Capacidade de Troca de Cátions (CTC) têm grande poder de filtro, retendo eventuais contaminações do solo, antes mesmo de atingir o aquífero freático ou um corpo hídrico. Solos saturados com água, no entanto, apresentam uma CTC quase nula, consequentemente uma capacidade filtrante baixa, sendo uma das justificativas para a preservação de planícies e porções baixas próximas a canais de drenagem.

Certas características dos solos lhe conferem determinada capacidade filtrante, em que a CTC pode ser considerada como um dos principais agentes desse comportamento. Normalmente, quando determinado tipo de solo apresenta CTC baixa, a profundidade do perfil e a textura acabam compensando tal deficiência. Dessa forma, o uso em locais com solos de baixa CTC, pequena espessura e textura arenosa tem elevado risco de contaminação da água subterrânea.

Assim, podemos concluir que, caso os solos não tivessem características e propriedades filtrantes, a qualidade da água que consumimos estaria seriamente comprometida.

Outro serviço de suporte e regulação dos solos tem relação com a quantidade de material orgânico armazenado. Solos com elevados teores de material orgânico, comuns em áreas de várzea quando drenados, passam pela decomposição acelerada do material orgânico (oxidação) com a liberação de Gases de Efeito Estufa (GEE), principalmente dióxido de carbono e metano (cujo potencial de aquecimento global é vinte e uma vezes superior ao CO_2), considerados por algumas literaturas como os grandes responsáveis pelo aquecimento global. A exemplo disso, se considerarmos os solos de várzea, com solos 'turfosos' de profundidade não inferior a 2 metros, poderíamos atingir cerca de 2.000 toneladas de carbono armazenadas em um hectare, quantidade equivalente ao que uma floresta comercial de pinus, plantada em 3 hectares, fixa em pelo menos 18 anos de ciclo.

A drenagem desses solos tem ainda outras implicações ambientais negativas, entre elas o que chamamos de subsidência, que trata do rebaixamento do nível do solo por perda de volume, inicialmente pela retirada da água, e posteriormente pela decomposição da matéria orgânica de forma acelerada. Esse comportamento pode implicar em danos a eventuais edificações e/ou estruturas que existam nesses solos.

Ainda no que se refere aos solos de várzea, devemos considerar sua importância como regulador hídrico dos rios, visto que atuam como uma ‘esponja’, ou seja, em períodos de chuva, em que se tem a vazão dos rios aumentada, essas áreas absorvem o excedente de água, retendo-o temporariamente, e liberando essa água armazenada gradativamente em períodos de estiagem, mantendo certa constância na vazão dos rios e mitigando os efeitos dos picos de vazão, como cheias, alagamentos, inundações, ou o secamento do curso hídrico, respectivamente.

Entre as décadas de 1970 e 1980, o Ministério da Agricultura promoveu um programa denominado de Pró-várzea, que dava incentivos e facilidade aos agricultores na abertura de novas áreas agrícolas, por meio da drenagem das áreas de várzea. O material orgânico desses solos lhes conferia uma grande fertilidade, porém temporária ou de curto prazo, visto que é rapidamente decomposto, além disso não havia a devida reposição de nutrientes, cujas implicações já foram relatadas. O desenvolvimento de um programa desse tipo só foi possível devido ao conhecimento limitado sobre esses solos, já que para o seu sucesso haveria um grande impacto ambiental, por meio da liberação de grandes quantidades de carbono para a atmosfera, perda de nutrientes, rebaixamento do nível do solo (subsidência), interferência sobre o regime hídrico dos rios e rápido depauperamento dos solos, inviabilizando seu uso futuro na agricultura.

Outro fato importante a se considerar sobre os solos no que tange ao meio ambiente, cada vez mais comuns nos noticiários, é a instabilidade de encostas e o risco de deslizamentos (risco geotécnico) em períodos chuvosos. Na verdade, esses eventos são consequência de uma soma de aspectos: climático (intensidade e frequência de chuvas), pedológico (características do solo) e antrópico (ocupação em áreas de fragilidade ambiental). A dinâmica de deslizamentos ocorre quando o solo superficial, na encosta, fica saturado por água em decorrência de um grande volume de chuva, passando a se comportar como um fluido. Esse processo ocorre naturalmente, e pode ser considerado como um dos fatores responsáveis pela formação dos solos e da paisagem. O problema está na ocupação desordenada e descontrolada das áreas ou a jusante delas, que deveriam ser destinadas à preservação, colocando toda a população em risco.

Por se tratar de áreas de encosta, normalmente os solos são pouco espessos (rasos) por apresentarem impedimento rochoso logo abaixo, diminuindo assim sua capacidade de infiltração, armazenamento de água e estabilidade.

Conforme exposto, a fragilidade dos solos é percebida, suas características e propriedades estão intimamente relacionadas entre si, e qualquer modificação que ocorra em uma delas pode comprometer o sistema (solo) como um todo, implicando não somente em sua degradação, mas também na de toda cadeia ambiental dependente dele: água, flora e fauna, interferindo negativa e significativamente sobre as mais diversas atividades humanas, em especial a agricultura e a construção civil.

As características dos solos e da vegetação formam um complexo indissociável. Em geral, a vegetação é responsável por reduzir os danos causados pelo impacto da gota da chuva sobre o solo, além de aumentar a rugosidade da superfície, facilitando a infiltração da água, bem como reduzindo a energia do escoamento superficial. Esses aspectos têm relação direta com a qualidade da água. Áreas desprovidas de vegetação, quando localizadas em encostas, são altamente suscetíveis a processos erosivos, cujos sedimentos, em áreas agricultadas, podem ser carregados para cursos hídricos, contaminando sua água com defensivos agrícolas e fertilizantes. Conforme citado, o solo em decorrência de sua carga tem um potencial filtrante, sendo assim, quando a água é infiltrada, eventuais contaminantes são retidos pela CTC do solo antes de atingir qualquer corpo hídrico, seja ele subterrâneo, seja superficial.

DEGRADAÇÃO DOS SOLOS

A degradação do solo tem relação com a interferência ou anulação dos serviços ecossistêmicos disponibilizados pelo substrato. Nesse sentido, existem diversos usos ou atividades que resultam nessa degradação, tendo como consequência final impactos diretos ou indiretos sobre os recursos hídricos, sejam eles superficiais, subterrâneos. Esses impactos são o resultado dos processos erosivos, de contaminação do solo e da redução da fertilidade, portanto, o comum é que toda e qualquer degradação do solo resulte em um desses dois impactos.

Na agricultura, principalmente aquela de forma intensiva, podemos elencar os seguintes fatores responsáveis pela degradação do solo ou de seus serviços ecossistêmicos.

- Remoção da camada nativa de vegetação: antes de qualquer uso normalmente é removida a camada de vegetação nativa sobre o solo, expondo-o a fatores climáticos, aumentando assim sua suscetibilidade à erosão.
- Pulverização do solo: aração e subsolagem são procedimentos comuns na agricultura convencional, porém, se empregadas frequentemente podem ocasionar a pulverização do solo, que se trata perda de sua estrutura. Esse fator tem relação direta com o aumento da suscetibilidade à erosão dos solos.
- Queimadas: além da desestruturação do solo, também é responsável por eliminar a biologia dele, e principalmente por queimar a matéria orgânica existente, reduzindo assim sua fertilidade natural. Além disso, a matéria orgânica permite uma melhor estruturação do solo, que caso seja comprometida pela queimada, também implicará em uma maior suscetibilidade à erosão.
- Superdosagens de fertilizantes: a alteração do pH de forma inadequada pelo uso de corretivos e a elevação da concentração de determinado nutriente pode inibir a absorção de outros pelas plantas. Além disso, superdoses de fertilizantes podem conferir aos solos certa toxicidade, bem como resultar na salinização do mesmo, dificultando ou até mesmo impedindo o desenvolvimento de plantas.

- Remoção ou perda de horizontes do solo: os processos erosivos e o próprio preparo do solo implicam na perda ou no revolvimento do solo. Conforme já citado, as camadas superficiais do solo são as mais férteis, principalmente em decorrência da deposição da matéria orgânica, e são justamente essas que são perdidas pela erosão em sulcos. Com o revolvimento do solo, ou ainda sua perda pela erosão, a produtividade agrícola fica comprometida dado a perda desses nutrientes ou sua relocação em camadas não atingidas pelas raízes das plantas.
- Compactação: quando há um tráfego intenso exercendo pressão sobre a superfície do solo temos uma redução/diminuição dos macroporos dele, causando com isso seu adensamento. Isso interfere diretamente sobre a velocidade de infiltração da água no solo, favorecendo assim a instalação de processos erosivos. Além disso, compromete a penetração das raízes das plantas no solo, influenciando negativamente no seu desenvolvimento.
- Uso inadequado de agrotóxicos: pragas nada mais são do que insetos filófagos, que têm um grande estímulo ao crescimento populacional pelo aumento do nível trófico (oferta de alimentos). Com o crescimento dessas populações, a natureza tem mecanismos para promover o ajuste, como o desenvolvimento de inimigos naturais. Assim, o controle de pragas e doenças deve considerar as condições ambientais, utilizando práticas mecânicas, físicas, biológicas e químicas, que denominamos de manejo integrado de pragas. Quando o uso de agrotóxicos é realizado de forma inadequada, sem uma análise sistêmica das causas do surgimento de pragas e doenças, pode causar impactos ambientais, como a contaminação do solo, da água e dos alimentos, além de promover desequilíbrios biológicos que podem ampliar as perdas na agricultura.

Não somente a agricultura, mas outros usos também são responsáveis pela degradação dos solos. Nos centros urbanos é comum haver a contaminação dele por efluentes domésticos em decorrência do sistema de fossas para seu tratamento. Além disso, para as obras de construção civil, as intervenções no solo são muito severas, dentre as quais podemos relacionar:

- corte: obras de corte são necessárias para a eliminação da camada superficial do solo, rica em matéria orgânica, o que lhe confere baixa capacidade de suporte, por isso, para garantir a estabilidade das estruturas e edificações é removida a camada. O corte do solo também é empregado para nivelamento do terreno em projetos urbanísticos, visando adequar o relevo à proposta de ocupação;
- aterro: empregado para, normalmente, corrigir imperfeições do terreno. Tem importância também na mitigação dos efeitos de inundações e alagamentos, com a elevação do nível do terreno. O material utilizado para aterro deve ser adequado, permitindo sua compactação e sua estabilidade após essa etapa, o que interfere significativamente no regime de infiltração dos solos.

Dentre outras atividades relacionadas à degradação dos solos está a disposição de resíduos sobre sua superfície, comuns em aterros sanitários e lixões. Essas atividades, caso não tenham as devidas estruturas de impermeabilização, permitirão que o chorume (resultado da decomposição) se infiltre no solo e atinja o lençol freático, contaminando a água. O solo, até determinado ponto, é capaz de reter essa contaminação com a sua carga (CTC), porém, nesse caso, estamos falando de grandes volumes, impossibilitando o solo de conter toda a contaminação.

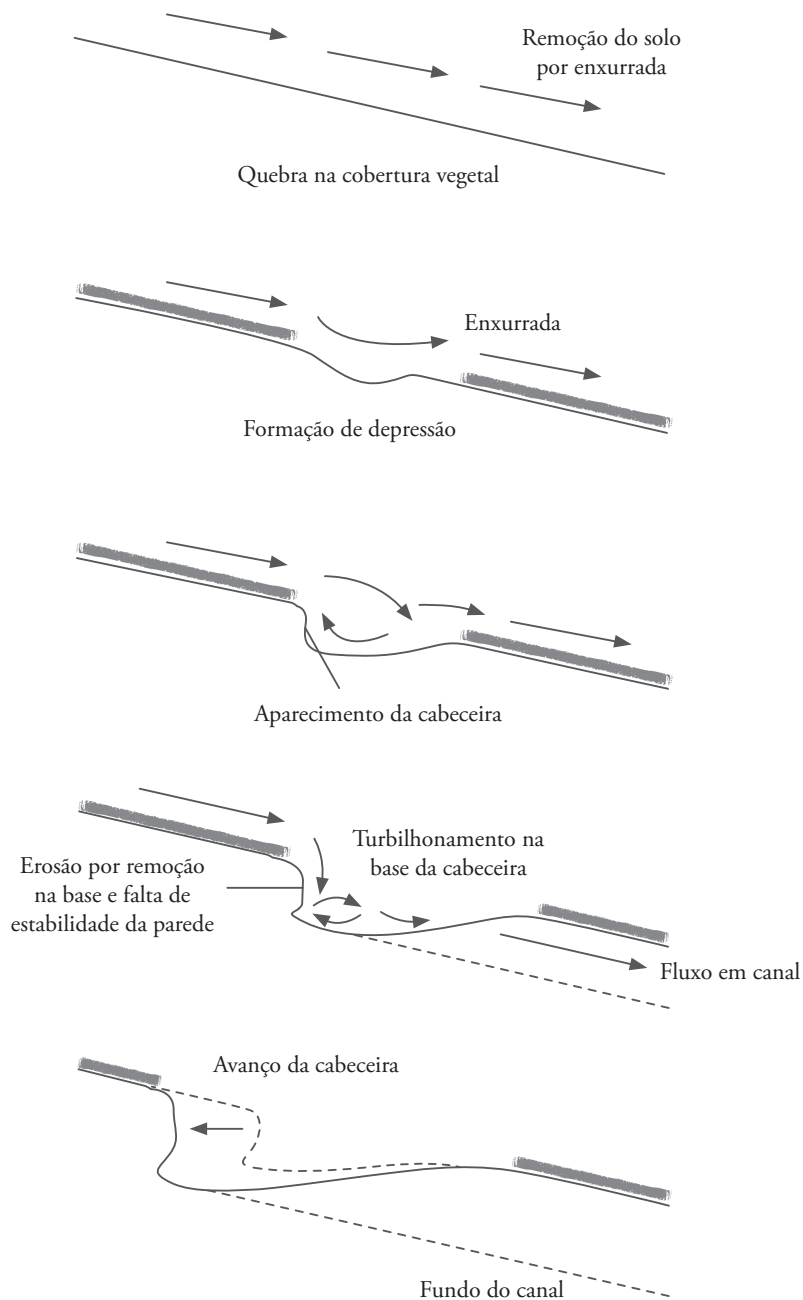
Porém, o principal fator e mais comum dentre os relacionados à degradação dos solos é a erosão, que compreende desde a desagregação de partículas, causada pelo impacto da gota da chuva na superfície do solo, justificando assim a manutenção de uma camada vegetada permanente sobre ela; passando pelo transporte dessas partículas de solo, formando sulcos e canais de erosão, e em casos extremos as voçorocas; e por fim, quando a água perde sua energia de carreamento de partículas, ocorrendo sua deposição, normalmente nas cotas mais baixas do terreno, causando o assoreamento dos rios. Com o solo também são perdidos seus nutrientes, matéria orgânica, fertilizantes e muitas vezes resíduos de agrotóxicos recém-aplicados na agricultura.

Figura 3 – Simulação do impacto da gota no solo.



Fonte – Adaptado de Roloff, 2008.

Figura 4 – Modelo esquemático da formação de processo erosivo.



Fonte – Adaptado de Roloff, 2008.

Kamiyama (2011) considera a erosão um dos principais problemas ambientais decorrentes da agricultura, não apenas pelos alarmantes números de perdas de solo, mas também pelos desequilíbrios causados nos ecossistemas, com impactos negativos em outros importantes recursos naturais, como a

água. Tal fato é corroborado por Moraes e Sales (2017) quando afirmam que a erosão é um dos problemas ambientais mais importantes na atualidade, atingindo indiscriminadamente regiões agrícolas, centros urbanos e áreas naturais.

Na década de 1970, período em que a agricultura não era tecnificada como atualmente, estima-se que as áreas sob mecanização intensiva tinham perda de solo na ordem de 15 a 20 toneladas por hectare por ano, representando uma camada de aproximadamente 1 cm de solo perdido por ano. Não somente o solo, mas juntamente a ele se perdem os nutrientes em uma quantidade estimada de 20 kg de nitrogênio, 0,2 kg de fósforo e 2,3 kg de potássio por hectare ano, representando grandes montantes financeiros no ato da reposição. (ROLOFF, 2008).

Segundo Telles (2015), a degradação das terras agrícolas pela erosão do solo pode ser considerada como uma questão central no debate econômico, visto os prejuízos causados para os agricultores e a sociedade como um todo, tornando-se um obstáculo para a sustentabilidade.

A erosão é dependente das características da chuva (erosividade) e da suscetibilidade à erosão dos solos (erodibilidade). Aliado a esses fatores temos a inclinação e o comprimento da rampa, além da cobertura do solo. Esses últimos três fatores determinam a velocidade da enxurrada, que quanto maior for pior será seu efeito sobre a superfície do solo.

O pior cenário do ponto de vista erosivo seria uma chuva de intenso volume, com gotas grandes, solo arenoso e sem cobertura, com uma inclinação significativa e rampas longas, o que resultaria em uma enxurrada com grande velocidade, capacidade de desagregação e arraste de partículas, abrindo facilmente no terreno sulcos e canais de erosão. Ao contrário deste último cenário, o ideal, visando à mitigação dos efeitos erosivos, seria uma chuva leve e de gotas pequenas, solo com textura argilosa e boa infiltração, em superfícies pouco inclinadas e de pequena extensão, gerando um escoamento superficial muito pequeno, e com uma capacidade de desagregação e transporte de partículas pouco significativa.

Nesse aspecto a vegetação tem forte influência. Uma cobertura vegetal herbácea ou arbustiva, aliada à presença de serapilheira, reduzem significativamente a intensidade da energia da gota sobre a superfície do solo, reduzindo assim a erosão responsável pela desagregação de partículas. Todavia, nove metros de altura já são suficientes para a gota atingir sua velocidade terminal, portanto, florestas sem sub-bosque, contrariando o senso comum, não são consideradas uma boa cobertura no que se refere à proteção do solo.

Uma técnica bastante comum na agricultura é o plantio direto na palha, porém, ao contrário do que muitos pensam, não dispensa os terraços, conhecidos comumente como curvas de nível no controle da erosão. Essas estruturas têm a função de reduzir o comprimento da vertente, diminuindo assim a capacidade da água da enxurrada em causar erosão. Com sua ausência, as rampas, sob a ótica do escoamento superficial, permanecem alongadas, aumentando a energia, a capacidade e competência do fluxo superficial da água em causar a erosão.

O plantio direto, além de auxiliar no controle da erosão, também tem papel importante na reposição de nutrientes no solo por meio da palhada (matéria orgânica) que permanece na superfície do solo após a colheita. Essa cobertura também é responsável por manter a temperatura do solo constante,

criar condições favoráveis ao desenvolvimento de uma microfauna no solo, bem como auxiliar na estruturação do mesmo, permitindo um ambiente mais favorável para as raízes das plantas e com uma melhor disponibilidade de água.

Porém, ao contrário do que normalmente se pensa, a erosão não é um problema exclusivo de áreas rurais, como consequência das atividades agrícolas. Em grandes centros urbanos os processos erosivos também são bastante comuns. Os sedimentos carreados pela enxurrada têm origem em jardins, áreas permeáveis, pavimentos, construção civil, entre outros. O impacto resultante da erosão urbana é evidenciado por meio do entupimento de galerias pluviais, geralmente ocasionando pequenas inundações, cujas consequências se veem no trânsito, e principalmente nos prejuízos de comerciantes e moradores que perdem seus bens.

Além da instalação de processos erosivos, a atividade agrícola pode afetar a qualidade do ar e da atmosfera de formas diferentes.

Segundo a Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura – FAO (2012), as emissões de GEE da agricultura, incluindo produção agropecuária, silvicultura e mudanças associadas ao uso da terra, são responsáveis por uma fração significativa das emissões induzidas pelo homem – até 30% no mundo, segundo o Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC). Dentre as fontes se destacam a fermentação entérica de animais ruminantes, os sistemas de manejo de adubo, os fertilizantes sintéticos, resíduos culturais, o cultivo do arroz, os solos orgânicos cultivados e a queima de resíduos de culturas. Essas emissões aumentaram em média 1,6% ao ano desde 1990.

Apesar da principal fonte de GEE ser decorrente da pecuária, especialmente da fermentação entérica de ruminantes (gado), as emissões decorrentes do cultivo em solos orgânicos têm crescido significativamente. (FAO, 2014).

O uso inadequado do solo pode promover a degradação dos recursos hídricos pelo lançamento difuso por meio do escoamento superficial de água de enxurrada, que carrega junto fertilizantes, agrotóxicos e resíduos da pecuária. Além disso, a irrigação agrícola é o setor de maior consumo de água do mundo: segundo a FAO (2014), a agricultura irrigada responde por cerca de 70% das captações de água em todo o mundo.

Geralmente a precipitação é suficiente para a manutenção hídrica das culturas agrícolas, especialmente em regiões mais úmidas. Contudo, considerando o solo atual como um reservatório natural de água, em áreas de clima árido a irrigação é fundamental para suprir a deficiência hídrica.

MEDIDAS E AÇÕES PARA A CONSERVAÇÃO DOS SOLOS

Existem diversas técnicas que podemos empregar no intuito de mitigar ou controlar a degradação do solo e suas consequências. No entanto, essas técnicas aplicadas serão diferenciadas considerando o uso do solo, pois muitas vezes o que se aplica ao meio rural não é viável ao urbano e vice-versa.

Conforme exposto até então, as principais formas de degradação do solo, que devem ser evitadas, mitigadas ou controladas são: perdas de solo por processos erosivos; contaminação do solo por resíduos diversos; uso agrícola intensivo; superdosagens de insumos agrícolas, sendo estes últimos dois exclusivos de áreas rurais, enquanto os primeiros podem ocorrer também em áreas urbanizadas.

Visando reduzir ou controlar a degradação do solo, podemos adotar três diferentes linhas de atuação (EPAMIG, 2009):

1. Práticas de caráter vegetativo: visa à manutenção ou à instalação de cobertura vegetal sobre o solo, que terá importante papel em aumentar a rugosidade do solo (redução da velocidade da enxurrada) ou ainda facilitar a infiltração da água no solo. Algumas técnicas permitem a incorporação da massa verde no solo como forma de adubação. Dentre as práticas podemos citar:
 - Plantio direto na palha – cobertura do solo, menor revolvimento, em contrapartida maior compactação do solo;
 - Pousio – descanso do solo e incorporação de massa verde;
 - Rotação de culturas – redução de pragas, adubo verde, ciclagem de nutrientes, incorporação de nutrientes (fixação de nitrogênio);
 - Manutenção da cobertura vegetal nativa – pouca intervenção no solo além da cobertura atuar na mitigação dos processos erosivos, o mesmo pode ser realizado com a silvicultura;
 - Manejo de pastagem em áreas de pecuária – evitar a pressão de pastagem em demasia, principalmente na formação de caminhos preferenciais dos animais, realização de adubação e calagem da pastagem, evitando o surgimento de manchas de solo exposto.
2. Práticas de caráter edáfico: tem relação com as características e propriedades do solo, normalmente são dependentes das outras duas práticas. Dentre as técnicas temos a determinação da capacidade de uso dos solos, que irá permitir o planejamento do uso do solo; a incorporação da massa verde como adubo; eliminação de queimadas; correção da acidez do solo (calagem) e adubações.
3. Práticas de caráter mecânico: envolvem procedimentos e equipamentos específicos para serem realizadas, independem de processos e fatores naturais. Dentre essas práticas podemos citar a instalação de canais e terraços perpendiculares ao sentido do fluxo de água superficial com o objetivo de diminuir o comprimento de rampa e, conseqüentemente, a energia da enxurrada; planejar as rotas (logística) durante o projeto de cultivo, a fim de mitigar os efeitos da compactação do solo em decorrência do tráfego de veículos; plantio em nível, nunca no sentido do relevo.

Especialmente para as atividades agrícolas, Roloff (2008) diz que para um sistema ser sustentável deve, simultaneamente,

- manter ou aumentar a produtividade ao longo do tempo – pilares da sustentabilidade;
- reduzir os riscos da produção – segurança;
- proteger o potencial dos recursos naturais – proteção;
- ser viável economicamente – viabilidade;
- ser socialmente aceitável – aceitabilidade.

Sendo assim, por meio de técnicas de manejo e de medidas de conservação ambiental de áreas de fragilidade, podemos garantir uma menor degradação do solo e, conseqüentemente, a manutenção da qualidade e dinâmica dos recursos hídricos, sejam superficiais, sejam profundos, visto a atuação do solo, principalmente como filtro e regulador hídrico. Inicialmente essas medidas implicam em custos elevados, porém insignificantes se comparados aos custos futuros que teremos para explorar e tratar a água de forma que satisfaça nossas necessidades.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Por fim, vimos neste capítulo a importância dos solos para a vida, seja por meio da produção de alimentos, seja pela sua capacidade de filtro, ou simplesmente pelo seu suporte para as nossas atividades. O solo é um sistema vivo e dinâmico, onde qualquer alteração pode desencadear uma série de processos e impactos ambientais, bem como simples medidas de controle ambiental podem mitigar, de forma eficiente, esses diversos impactos ambientais relacionados ao solo.

Diamond (2007) afirma que os solos utilizados para a agricultura são erodidos numa proporção de 10 a 40 vezes maior que sua capacidade de regeneração, sofrendo de 500 a 10 mil vezes mais erosão que em solos florestados, havendo com isso uma perda ativa de solo apto para a agricultura.

A disponibilidade de áreas aptas à agricultura, proporcionalmente à demanda futura por alimentos, tenderá a ser reduzida, justificando sua preservação e conservação por meio de ações que visem, principalmente, a contenção dos processos erosivos e redução no consumo de água. Segundo FAO (2014), em 2011 cerca de 4,9 bilhões de hectares, 37,4% da superfície terrestre, era utilizada na produção vegetal, sendo reduzido o espaço para a expansão das terras agrícolas. Isso se deve ao fato de que áreas, mesmo potencialmente aptas à agricultura, por alguma razão não estão disponíveis, geralmente por serem de preservação ou utilizadas em assentamentos urbanos.

Para poder suprir uma demanda crescente por alimentos será necessária a adoção de novas tecnologias. Nos últimos 50 anos, a produção agrícola cresceu de 1,5 a 3 vezes, contudo a área cultivada aumentou apenas 12% (FAO, 2012), demonstrando a importância da adoção de novos meios e tecnologias de produção, como exemplo o melhoramento genético. O The World Watch Institute (2011) afirma que para 2050 a demanda por inovações extraordinárias no campo do melhoramento de espécies vegetais será determinante na produção de alimentos no futuro.

Em valores, estima-se que em 2050 a população exija uma elevação de 70% da produção global atual de alimentos, equivalente a mais de 1 milhão de toneladas de cereais e 200 milhões de toneladas de produtos de origem animal. (FAO, 2012).

Além das questões relacionadas ao depauperamento do solo em decorrência do uso agrícola e de uma possível falta de alimento até 2050, as atividades agrícolas também são responsáveis por 75% do consumo de água e 15% das emissões de gases do efeito estufa, em países em desenvolvimento esse valor pode chegar a 75%. (THE WORLD WATCH INSTITUTE, 2011).

Tudo isso comprova a importância dos solos e de sua conservação. A medida que a agricultura adotar uma postura intensiva e predatória, haverá uma significativa e contínua redução de áreas aptas para a agricultura, fato que, num futuro próximo, mesmo com a adoção de novas tecnologias, não permita a produção de alimentos em quantidade suficiente para suprir a crescente demanda prevista.

BIBLIOGRAFIA

- BATISTA, M. A. *et al.* **Solos para todos: perguntas e respostas**. Rio de Janeiro: EMBRAPA Solos, 2018.
- BRASIL ESCOLA. **Constituição do solo**. Disponível em: <http://www.brasilecola.com/biologia/constuicao-solo.htm>. Acesso em: 18 nov. 2019.
- CURI, N. *et al.* **Vocabulário de Ciência do Solo**. Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1993.
- DIAMOND, J. **O colapso: como as sociedades escolhem o fracasso ou o sucesso**. 5. ed. Rio de Janeiro: Record, 2007.
- EMBRAPA. **Florestas, laboratório de monitoramento ambiental e UFPR**: Mapa simplificado de solos do estado do Paraná. Londrina, 2012.
- EMBRAPA. **Mapa de Solos do Estado do Paraná**. Rio de Janeiro: EMBRAPA Solos, 2007.
- EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 5. ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA Solos, 2018.
- EPAMIG. **Práticas conservacionistas: vegetativas, edáficas e mecânicas**. Belo Horizonte: Secretaria de Estado de Agricultura, 2009.
- FAO. **Statistical Yearbook 2012: world food and agriculture**. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Roma, 2012.
- FAO. **Statistical Yearbook 2014: Latin America and the Caribbean**. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Santiago, 2014.
- FAQs – Ministério do Meio Ambiente. **Cidades sustentáveis – Área de Preservação Permanente (APP) Urbana**. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/perguntasfrequentes?catid=5>. Acesso em: 18 nov. 2019.
- FOUCAULT, M. **A verdade e as formas jurídicas**. 2. ed. Rio de Janeiro: Nau, 2001.
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatísticas. **Manual técnico de pedologia**. 3. ed. Rio de Janeiro: IBGE, 2015.

KAMIYAMA, A. **Agricultura sustentável**. Secretaria do Meio Ambiente – Coordenadoria de Biodiversidade e Recursos Naturais. São Paulo: SMA, 2011.

LEPSCH, I. F. **Formação e conservação dos solos**. São Paulo: Oficinas de Textos, 2002.

LIMA, V. C. *et al.* **Conhecendo os principais solos do Paraná**: abordagem para professores do ensino fundamental e médio. Curitiba: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo – Núcleo Estadual do Paraná, 2012.

MORAIS, R. C. S.; SALES, M. C. L. Estimativa do potencial natural de erosão dos solos da Bacia Hidrográfica do Alto Gurguéia, Piauí-Brasil, com uso de sistema de informação geográfica. **Caderno de Geografia**, v. 27, n. 1, 2017.

ROLOFF, G. **Apostila da disciplina de erosão e conservação dos solos**: Curso de Agronomia. Curitiba: UFPR, 2008.

TELES, T. S. **Conservação dos solos e preços de terras agrícolas no Brasil**. Campinas: Universidade Federal de Campinas, 2015.

THE WORLD WATCH INSTITUTE. **O estado do mundo**: inovações que nutrem o planeta. Washington: UMA Editora, 2011.

USDA – United States Department of Agriculture. **Keys to Soil Taxonomy**. 12. ed. United States: Twelfth Edition, 2014.

Links

CPTEC – Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos. Disponível em: <http://videoseducacionais.cptec.inpe.br>. Acesso em: 18 nov. 2019.

Pedologia Fácil. Disponível em: <http://pedologiafacil.com.br>. Acesso em: 18 nov. 2019.

UFPR – Programa Solo na Escola. Disponível em: <http://www.escola.agrarias.ufpr.br>. Acesso em: 18 nov. 2019.

USP – Instituto de Biociências. Disponível em: <http://www.ib.usp.br>. Acesso em: 18 nov. 2019.

