

Solos: conceito, fatores de formação, processos gerais e funções ecossistêmicas

1. Introdução

O termo solo origina-se do Latim *solum* = suporte, superfície, base. A concepção de solo depende do conhecimento adquirido a seu respeito, de acordo com o modelo conceitual que ele representa nas diferentes atividades humanas. A Ciência do Solo desenvolveu-se através da contribuição de profissionais das mais diversas áreas (Química, Física, Geologia, Biologia, Geografia, Agronomia e outras). Mas em função da grande ênfase no estudo do solo para a produção de alimentos, ela passou quase que integralmente ao âmbito das instituições de ensino e pesquisa ligadas ao desenvolvimento agrícola.

Como ciência, entretanto, o conhecimento e o estudo do solo transcende o modelo agrícola, sendo de importância à todas as atividades humanas. Além de ser um meio insubstituível para a agricultura, o solo é também um componente vital de processos e ciclos ecológicos, é um depósito para acomodar os nossos resíduos, é um melhorador da qualidade da água, é um meio para a recuperação biológica, é um suporte das infraestruturas urbanas e é um meio onde os arqueólogos e pedólogos lêem a nossa história cultural (Miller, 1993).

Entre os diversos conceitos de solo destacamos os seguintes: (1) o solo como meio para o desenvolvimento das plantas; (2) o solo como regolito; (3) o solo como corpo natural organizado; (4) o solo como sistema aberto.

2. Solo: diferentes conceitos a partir de diferentes visões

Não é fácil de definir o solo pelo fato de ser um material complexo, cujo conceito varia em função da sua utilização. Do ponto de vista geológico, pode-se considerar o solo como o produto da alteração das rochas na superfície, ou seja, o principal produto do intemperismo. Nesse contexto, o solo é então, considerado um produto friável e que pode ser móvel em condições que permitam a erosão (formado em regiões planas, ou de relevo suave e protegidos por cobertura vegetal), formado na superfície da Terra como resultado da desagregação e decomposição das rochas. Quando sofrem erosão, são transportados por agentes da dinâmica externa (vento, gelo, águas) e depositados em bacias de sedimentação continentais ou marinhas.

De certa forma, associado à definição anterior, temos o conceito a partir do ponto de vista pedogenético, cujas noções básicas e fundamentais foram definidas por Dokouchaev em 1877. Neste conceito, o solo deixa de ser considerado simplesmente um corpo inerte, que reflete unicamente a composição da rocha que lhe deu origem, para ser identificado como um material que evolui no tempo sob ação dos fatores ativos de formação (clima, organismos). Em pedologia, surgem outros conceitos, como é o caso do *pedon* (do latim, solo) que é definido como o menor corpo tridimensional de solo que exhibe as características dos processos de formação do solo, refletindo alterações físicas, químicas e biológicas do material de origem em partículas de solo, minerais e horizontes distintos.

Para a agricultura, o solo é o meio necessário para o desenvolvimento das plantas. Nesse caso, é considerado como a camada superficial da Terra que serve como suporte físico, fonte de água e nutrientes para as plantas, sendo essencial para a produção de alimentos. É um recurso natural composto por uma mistura complexa de minerais, matéria orgânica, água, ar e organismos vivos. A sua eficiência agrícola depende das suas características físicas, químicas e biológicas. É nesse caso, idealizado como um sistema que deve apresentar algumas características específicas, como uma textura equilibrada (uma mistura de areia, silte e argila), boa capacidade de retenção de água e boa aeração.

Este é o conceito mais antigo de solo, provavelmente desenvolvido a partir do momento em que a humanidade passou a cultivar plantas para sua subsistência. Evidências arqueológicas indicam o início da agricultura há cerca de 7000 anos AC na Mesopotâmia. Neste contexto, o objetivo final do solo é a produção de alimentos e fibras.

Em outras áreas de estudo, a engenharia define o solo unicamente como o material de base para a fundação de obras civis. Já em arqueologia, o solo é considerado material fundamental para as pesquisas, por servir de registro de populações pretéritas. Em hidrologia, o solo é visto como meio poroso que abriga reservatórios de águas subterrâneas.

Em virtude dessas diferentes abordagens, uma forma de simplificar o estudo do conceito de solo e que se adapta ao propósito das Ciências da Terra, é considerando-o como produto do intemperismo, do remanejamento e da reorganização das camadas superiores da crosta terrestre, sob ação da atmosfera, da hidrosfera, e das trocas de energia envolvidas. Isso permite elencá-lo e defini-lo como regolito ou como um corpo natural organizado ou ainda como um sistema aberto.

2.1. O solo como regolito

O solo compreende a porção superior da crosta terrestre (litosfera), mais precisamente a porção superior do regolito (Figura 1). O regolito é o material solto, constituído de rocha alterada e solo, que ocorre acima da rocha consolidada.

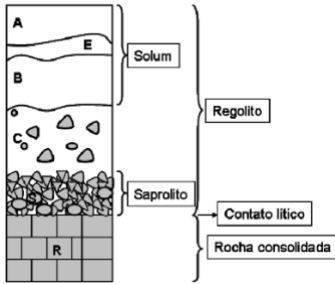


Figura 1. Perfil de solo evidenciando o regolito.

Daí se origina a designação do solo conforme a rocha que lhe deu origem: solo de granito, solo de basalto, solo de arenito, etc. O solo é visualizado como sinônimo de regolito ou rocha alterada pela maioria dos geólogos e engenheiros civis, sendo caracterizado de acordo com sua adequação ou não para mineração, material de construção ou suporte para edificações.

2.2. O solo como um corpo natural organizado

O reconhecimento de que o solo não é apenas o resultado da alteração das rochas, mas sim o produto das interações entre a Litofera, atmosfera, hidrosfera e a biosfera (Figura 2), surgiu no final do século XIX, através dos estudos do geólogo russo V.V. Dokuchaev (1846-1903), e pode ser resumido na seguinte equação 1.

$$S = f(\text{mo}, \text{cl}, \text{r}, \text{o}, \text{t}) \quad (1)$$

Em que o solo (S) é expresso como função das interações entre os fatores ambientais material de origem (mo), clima (cl), relevo (r), organismos vivos (o), atuando ao longo do tempo (t)". Neste contexto, os solos são corpos naturais com características próprias

desenvolvidas durante seu processo de formação, o qual é condicionado pelos fatores ambientais.

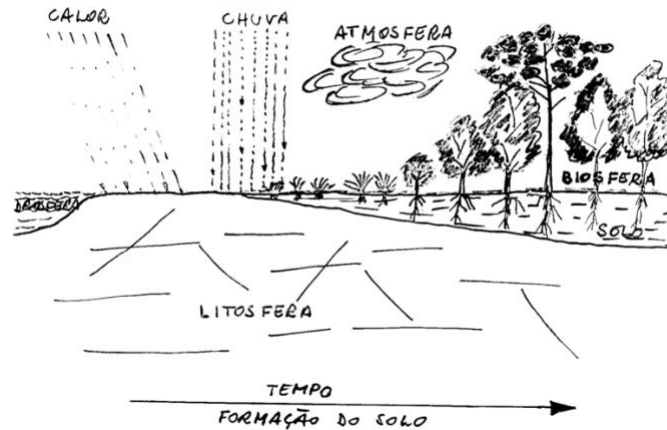


Figura 2. Interações entre a Litosfera, atmosfera, hidrosfera e a biosfera, condicionando a formação do solo.

As inúmeras possibilidades combinatórias dos fatores ambientais (mo, cl, r, o) implicam numa grande diversidade de tipos de solos. Daí a necessidade de agrupá-los em um sistema de classificação, que possibilite sua identificação no terreno e o mapeamento da sua distribuição geográfica. Com base nisso, o Sistema Brasileiro de Classificação do Solo define o solo como sendo uma coleção de corpos naturais, constituídos por partes sólidas, líquidas e gasosas, tridimensionais, dinâmicos, formados por materiais minerais e orgânicos; contêm matéria viva e podem ser vegetados na natureza e, eventualmente, terem sido modificados por ações do homem (Santos et al., 2018).

2.3.O solo como um sistema aberto

O compartimento terrestre onde se dão as interações entre o solo, os organismos que nele vivem, o relevo, a atmosfera, a hidrosfera e a litosfera é definido como geocossistema, ou seja, um sistema consiste num todo organizado, constituído por um conjunto de componentes interdependentes que atuam integradamente, de maneira que a alteração de um componente afeta os demais. Ou seja, a maneira como as partes estão integradas no todo é mais importante do que as partes isoladas.

Nesse caso, o solo é definido como um sistema aberto, porque trocam energia e matéria com sua circunvizinhança. No solo, fluxos de matéria e energia são continuamente transferidos entre minerais, plantas, microorganismos, compostos orgânicos e o ambiente

externo por meio dos processos de formação. Isto significa que o solo é um sistema dinâmico, constantemente perturbado por forças internas e externas. Ocorrem adições (energia, partículas sólidas, água, O₂, MO, sais, etc.), remoções (energia, partículas sólidas, água, nutrientes, etc.), transferências (água, nutrientes, minerais, etc.) e transformações (minerais, MO, etc.).

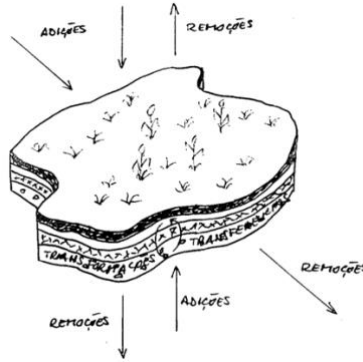


Figura 3. O solo como um sistema aberto, evidenciando os processos gerais de formação do solo.

3. Fatores de formação do solo

3.1. Material de origem

O material parental, ou de origem que são as rochas é um dos fatores de formação do solo. As rochas têm sua alteração intempérica controlada em função dos seus minerais constituintes, sua textura e estrutura.

Uma rocha silicática, como o granito, é mais resistente à alteração que uma rocha carbonática, como o mármore. Isso se dá pelo fato de alguns minerais serem mais susceptíveis às alterações que outros. Isso pode ser observado, por exemplo, para os minerais silicáticos de origem magmática, na série de reações de Bowen (Bowen, 1928), que trata de um conjunto de reações que representa a ordem de cristalização dos minerais a partir do magma (Figura 2).

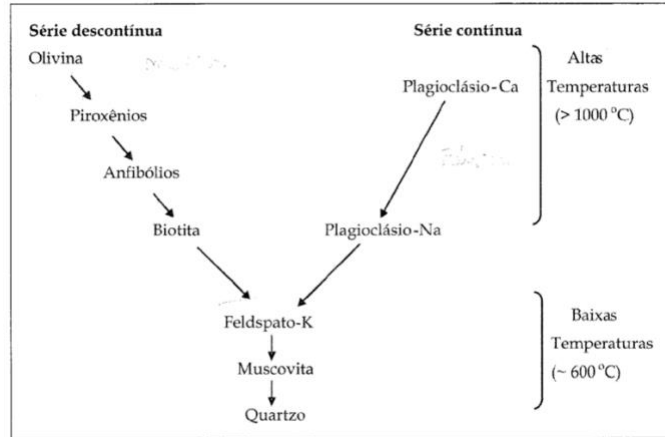


Figura 4. Ordem de cristalização dos principais minerais primários no magma: Série de Bowen. Fonte: Bowen (1928).

A série descontinua tem esse nome, pois à medida que a temperatura diminui, o mineral anteriormente formado reage com o líquido residual, dando origem a um mineral, que em condições de estabilidade, tem composição química e estrutura diferentes do mineral anterior. Já na série contínua ocorre apenas uma troca entre Ca e Na, fazendo com que o mineral formado tenha a mesma estrutura, mas diferente composição mineralógica.

As séries mostram os minerais mais suscetíveis a alterações para os menos susceptíveis, culminando ambas no quartzo, o último mineral a cristalar-se, sendo este o mais resistente ao intemperismo. Entretanto, o quartzo não pode ser considerado inalterável, pois, em condições de clima tropical muito agressivos, o intemperismo químico pode dissolvê-lo.

A composição mineralógica do material parental também é decisiva no processo intempérico no que diz respeito a modificar o pH das soluções percolantes em função das reações químicas que ocorrem. Por conta da ionização da água, íons H⁺, substituem cátions na superfície dos minerais, o que resulta no aumento do pH da fase líquida. A presença de minerais portadores de elementos alcalinos ou alcalinos terrosos possibilita a instalação de pH mais alcalino, já minerais sem elementos desse tipo geram condições de pH mais ácidas. Como visto em seção anterior, o pH da solução de alteração condiciona diferentes processos, com diferentes produtos do intemperismo.

A textura da rocha original influencia o intemperismo a medida em que permite maior ou menor infiltração de água. Entre os materiais sedimentares, os arenosos tendem a ser mais

permeáveis que os argilosos. Considerando outras formações rochosas, aquelas com arranjos mais compactos e texturas mais grossas (menor superfície específica dos grãos) alteram-se mais lentamente que as menos compactas e de textura mais fina. É nesse sentido que o intemperismo químico, com sua ação de quebra do material parental atua auxiliando o intemperismo químico.

3.2.Clima

O clima determina o tipo e a velocidade do intemperismo, sendo o fator, que isoladamente, mais influencia no intemperismo. Os dois mais importantes parâmetros climáticos, a precipitação e a temperatura, regulam a natureza e a velocidade das reações químicas.

A quantidade de água disponível nos perfis de alteração, fornecida pelas chuvas, assim como a temperatura, agem no sentido de acelerar ou retardar as reações do intemperismo, ou ainda modificar a natureza dos produtos neoformados. Já a temperatura desempenha um papel duplo, condicionando a ação da água: ao mesmo tempo que acelera as reações químicas, aumenta a evaporação, diminuindo a quantidade de água disponível para a lixiviação dos produtos solúveis. A cada 10° de aumento da temperatura, as reações químicas tendem a aumentar de 2 a 3 vezes.

Em virtude disso, o intemperismo é mais pronunciado nos trópicos, onde a alteração é intensa, afetando os minerais alteráveis, dando lugar a produtos secundários neoformados. Em geral, os minerais primários estão ausentes, com exceção daqueles mais resistentes, como o quartzo e a muscovita, por exemplo. Os perfis, nesse caso, apresentarão geralmente, maior profundidade. Nos climas mais frios, a alteração afeta os minerais primários menos resistentes, como por exemplo, os ferromagnesianos, deixando inalterados os aluminossilicatos.

3.3.Relevo

A topografia ou relevo, regula a velocidade de escoamento superficial das águas pluviais. Esse escoamento superficial também é dependente da cobertura vegetal. O relevo, portanto, controla a quantidade de água que infiltra nos perfis, cuja a eficiência em promover ação intempérica depende também da eliminação dos componentes solúveis.

As reações do intemperismo ocorrem mais intensamente nos compartimentos do relevo onde é possível boa infiltração da água, percolação por tempo suficiente para a consumação das reações e drenagem para a lixiviação dos produtos solúveis. A repetição deste processo permite que os componentes solúveis sejam eliminados e conseqüentemente ocorre o aprofundamento do perfil.

A figura 5 mostra, esquematicamente, a influência da topografia na intensidade do intemperismo. O setor A apresenta boa infiltração e drenagem, favorecendo o intemperismo químico. O setor B, boa infiltração, porém má drenagem, desfavorecendo o intemperismo químico. E o setor C a apresenta má infiltração e má drenagem, o que além de desfavorecer o intemperismo químico, favorece a erosão.

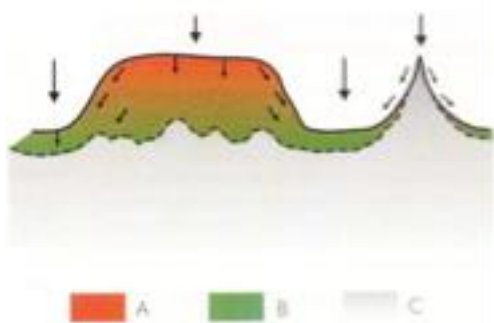


Figura 5. Influência da topografia na intensidade do intemperismo.

3.4. Organismos

Os organismos que vivem ou se utilizam do solo são também de grande importância para a formação dos perfis. Tais organismos compreendem os microrganismos (microflora ou microfauna), os vegetais superiores (macrofauna) e até mesmo o homem.

A biosfera participa de forma mais específica na formação do solo através da formação de moléculas orgânicas que são capazes de complexar cátions dos minerais, colocando-os em solução. Os ácidos orgânicos produzidos por microrganismos são capazes de extrair até mil vezes mais ferro e alumínio dos silicatos que as águas das chuvas. Superfícies rochosas colonizadas por líquens que secretam ácido oxálico e ácidos fenólicos, são atacadas pelo intemperismo químico muito mais rapidamente que superfícies rochosas nuas diretamente expostas a outros agentes.

As plantas superiores, por sua vez, atuam na formação do solo, a grosso modo, pela penetração do sistema radicular nas fendas das rochas, onde, tanto com a pressão exercida pelo crescimento, como por excreções de substâncias orgânicas, irão acelerar o intemperismo. Líquens e musgos podem se estabelecer diretamente sobre a rocha recém-exposta, auxiliando no intemperismo, iniciando as condições para a fixação de plantas superiores. Em florestas de climas temperados úmidos, as folhas dos pinheiros se decompõem produzindo substâncias húmicas muito ácidas, que provocam a dissolução de compostos de ferro, que são translocados e precipitam-se no horizonte B, formando os chamados horizontes espódicos.

Os animais que se abrigam no solo, trituram restos vegetais, cavando galerias e misturando materiais de diversos horizontes. Entre os que podem promover grande movimentação dos materiais do solo, estão as formigas, os cupins, e as minhocas. Além desse revolvimento, suas carcaças e seus resíduos, da mesma forma que a matéria vegetal, contribuem para a formação do húmus e dos agregados.

A matéria orgânica morta no solo, oriunda de restos de organismos decompostos, a medida que decompõe-se, libera CO_2 , cuja concentração nos poros do solo pode ser até 100 vezes mais que na atmosfera, o que diminui o pH das águas de infiltração. O pH no entorno das raízes das plantas fica entre 2 e 4. Isso é particularmente importante no comportamento do alumínio, que sendo pouco solúvel nos meios normais, torna-se bastante solúvel em pH abaixo de 4.

Por fim, o homem tem provocado muitos impactos na formação do solo. A remoção da vegetação natural, o revolvimento do horizonte A (aração), adição de corretivos e fertilizantes, irrigação e aplicação de resíduos orgânicos e industriais estão entre os principais exemplos.

3.5. Tempo

O tempo é o fator que é condicionado pela intensidade dos demais fatores. Em outras palavras, o tempo necessário para o intemperismo diminui, em função do aumento da intensidade dos fatores clima e organismos e do aumento das condições mais favoráveis do material parental e do relevo. Ou seja, em condições de intemperismo pouco agressivas, é

necessário um tempo mais longo de exposição às intempéries para haver o desenvolvimento de um perfil de alteração.

É possível calcular a taxa anual de intemperismo através de estudo de balanço de massa em pequenas bacias. Valores da ordem de 20 a 50 metros por milhão de anos podem ser considerados representativos como velocidade de alteração do perfil de alteração em climas mais agressivos.

4. Processos gerais de formação dos solos

Os processos gerais de formação do solo referem-se à quatro ações principais, condicionadas pelos cinco fatores de formação citados anteriormente. São estas: adições, transformações, translocações e remoções (Figura 6). A maior ou a menor intensidade desses quatro processos origina determinado corpo de solo (*pedon*).

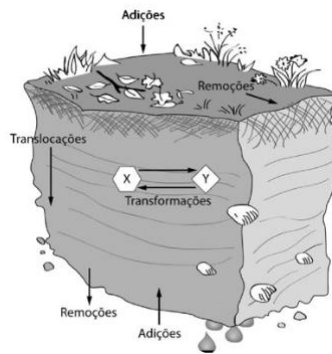


Figura 6. Esquema representativo dos processos gerais de formação do solo.

A ação desses processos, de natureza física, química ou biológica, não ocorre de forma uniforme em toda a profundidade do perfil, o que permite, como resultados da sua ação, a individualização do perfil em camadas (horizontes). Desta maneira, maiores, menores, ou diferentes tipos de adições, transformações, remoções e translocações, fazem com que determinado material de origem, por mais homogêneo que seja, se modifique e se organize nas camadas que chamamos de horizontes.

Esses processos ocorrem em todos os solos, mas com tipo, tempos e intensidades diferentes, sendo subdivididos em processos mais específicos. Por exemplo, a remoção da sílica ocorre tanto em solos formados pelo processo específico de podzolização como de

latolização, ocorrendo no primeiro caso uma remoção mínima e no segundo com o seu máximo grau de expressão.

4.1. Adições

Tudo que é incorporado ao solo em desenvolvimento é considerado como adição. O principal constituinte adicionado é a matéria orgânica proveniente da morte dos organismos que vivem no solo, principalmente a vegetação. Por serem ricos no elemento carbono, esses compostos orgânicos imprimem cores escuras à porção superior do solo.

A quantidade de matéria orgânica incorporada nos solos é muito variável pois depende do tipo de clima e do relevo. Em climas com pouca chuva, a vegetação é escassa, resultando em menor adição de matéria orgânica. Em climas mais chuvosos, a vegetação é mais abundante e a quantidade de matéria adicionada é maior, fazendo com que os solos apresentem a sua parte superficial mais escura e espessa.

O processo específico de deposição faz parte da classe do processo geral de adição, pois trata do acúmulo de partículas minerais na superfície do solo.

4.2. Remoções ou perdas

Durante o seu desenvolvimento os solos perdem materiais na forma sólida (erosão) e em solução (lixiviação). Em relevos muito inclinados os solos são mais rasos em decorrência da perda de materiais por erosão. Estes materiais são removidos pela superfície do solo pela ação da água ou pelo vento.

A água da chuva solubiliza os minerais do solo os quais liberam elementos químicos (principalmente cálcio, magnésio, potássio e sódio) que são levados para as águas subterrâneas. Esse é um processo de perda denominado lixiviação. Em regiões com pouca chuva, as perdas desses elementos químicos são menos intensas, comparativamente àquelas com maior precipitação. Essas perdas por lixiviação explicam a ocorrência de solos muito pobres (baixa fertilidade) mesmo sendo originados a partir de rochas que contêm grande quantidade de elementos nutrientes de plantas.

4.3. Transformações

São denominadas transformações os processos que ocorrem durante a formação do solo produzindo alterações químicas, físicas e biológicas. Como exemplo de alteração química, pode-se citar a transformação dos minerais primários (que faziam parte da rocha) em novos minerais (minerais secundários). As argilas são o exemplo mais comum de minerais secundários. É o caso de muitas rochas que não contêm argila, porém esse material faz parte do solo formado.

As cores vermelha, amarela ou vermelho-amarela são resultantes da formação de compostos (óxidos) a partir do elemento químico ferro liberado pela alteração das rochas, provenientes do processo de migração química da sílica, caracterizando o processo específico de ferralitização. Outro processo específico de transformação, a gleização trata justamente do oposto, a redução do Fe sob condições de excesso de água, produzindo cores acinzentadas nos solos.

Os materiais vegetais que caem no solo (folhas, galhos, frutos e flores) e as raízes que morrem também sofrem transformações. Pela atuação de organismos do solo, transformam-se em húmus, que é um composto mais estável e responsável pela cor preta dos solos. Nesse processo, ocorre liberação de ácidos orgânicos, que também contribuem para a alteração dos componentes minerais do solo.

As transformações ocorridas durante todos os estádios de desenvolvimento dos solos são mais intensas em regiões úmidas e quentes (zonas tropicais). A água é necessária para hidratar e dissolver minerais, processo que é acelerado em temperaturas mais elevadas. Na porção tropical úmida do Brasil, ocorrem solos considerados muito velhos e intemperizados por terem sido submetidos durante muito tempo a esses processos de transformação e perda, sendo, como resultado, muito profundos e muito pobres em nutrientes.

4.4. Translocações

Em decorrência da ação da gravidade e da evapotranspiração (perda de água das plantas e do solo pela ação do calor), pode ocorrer translocação ou transporte de materiais orgânicos e minerais dentro do próprio solo. Essa movimentação pode se dar nos dois sentidos, ou, seja, de cima para baixo ou de baixo para cima. Em condições de clima com poucas chuvas, elementos químicos, como, por exemplo, o sódio, podem ser levados em solução para a superfície do solo e depositados na forma de sal. Em climas úmidos, ácidos

orgânicos e partículas minerais de tamanho reduzido (argila) podem ser transportados pela água para os horizontes mais profundos do solo.

Eluviação e Iluviação são exemplos de processos de translocação. O primeiro caso, trata da saída de materiais em suspensão ou solução, pelo movimento vertical ou lateral da água dentro do solo; já o segundo caso, trata da deposição de materiais removidos de um horizonte para outro.

5. Solos: funções ecossistêmicas

O solo dá suporte à vida e, em consequência, é a base de todos os sistemas de produção vegetal e pecuária para fornecimento à sociedade de alimentos, medicamentos, fibras, madeira e combustíveis. Mas, as funções do solo e seus serviços vão além desses produtos. As principais funções ecossistêmicas do solo incluem a geração de recursos agrônômicos e florestais, a proteção contra inundações e erosão, a manutenção do estoque de água e a retenção de nitrogênio e carbono na atmosfera.

O solo faz parte de todos os habitats terrestres, além de ser o suporte para toda a infraestrutura necessária à ocupação humana e suas atividades. É sobre o solo que são construídas as moradias, as indústrias e as rodovias, e também onde desenvolvemos atividades, não apenas de produção econômica, mas também de lazer, estéticas, educacionais, espirituais e científicas. E no solo ainda encontramos registros arqueológicos de ocupação terrestre e de civilizações, o que o leva a funcionar como forte pilar de herança cultural.

Além disso, os solos abrigam uma grande diversidade de espécies e características dos organismos. Esses organismos e suas relações são indispensáveis para várias funções do solo e interações do ecossistema, como ciclos de nutrientes, decomposição da matéria orgânica, formação da arquitetura do solo, controle de pragas e despoluição e regulação de vários contaminantes. O solo abriga micro e macroorganismos, que compõem a sua biodiversidade e participam de processos essenciais como, por exemplo, a ciclagem de nutrientes e a decomposição de resíduos e poluentes, além de contribuírem para a absorção de água e nutrientes pelas plantas, como é o caso dos fungos micorrízicos, e para a nutrição das plantas, como ocorre na fixação biológica do nitrogênio (FBN).

O solo abriga mais de 25% da biodiversidade do planeta, incluindo uma enorme variedade de bactérias, fungos, vírus, protozoários e invertebrados, o que o torna uma fonte

crucial de recursos genéticos e farmacêuticos, abrigando uma vasta biodiversidade microbiana responsável pela produção da maioria dos antibióticos usados na medicina humana e veterinária.

O solo funciona como o pilar principal para a produção primária. Com raras exceções, tanto a água como os nutrientes só podem ser fornecidos através do solo, que assim, funciona como mediador entre hidrosfera, litosfera, biosfera e atmosfera. Nesse contexto, o solo é fundamental para a produção de alimentos e fibras, atuando como base física para o crescimento das plantas, fornecendo sustentação, água e nutrientes essenciais (, além de abrigar a biodiversidade (microrganismos, animais) que é responsável por reciclar nutrientes e decompor matéria orgânica.

É nesse contexto que atua como componente fundamental para a ciclagem de nutrientes, um processo contínuo onde plantas absorvem nutrientes do solo, os incorporam em sua biomassa, e depois os devolvem ao solo pela decomposição da matéria orgânica (folhas, raízes), tornando-os novamente disponíveis através de micro-organismos (bactérias, fungos) e fauna do solo (minhocas), garantindo a fertilidade e sustentabilidade do ecossistema, sendo vital para a agricultura e florestas.

O estoque de carbono no solo é mais de duas vezes superior ao da atmosfera e também duas vezes superior ao contido na vegetação, sendo considerado o maior reservatório de carbono do nosso ecossistema. Por meio da fotossíntese, as plantas removem o dióxido de carbono (CO_2) da atmosfera e o transferem para o solo através de suas raízes e da decomposição da matéria orgânica. Manter esse carbono armazenado no solo é fundamental para reduzir a concentração de gases de efeito estufa na atmosfera.

O solo influencia diretamente a temperatura e a umidade de uma região. Solos saudáveis, ricos em matéria orgânica, têm maior capacidade de absorver e reter água, o que ajuda a moderar a temperatura da superfície e a umidade do ar, prevenindo a desertificação e eventos climáticos extremos, como secas.

O solo funciona como um filtro natural essencial no ciclo da água, retendo, decompondo e transformando contaminantes à medida que a água da chuva se infiltra através de suas camadas (infiltração e percolação). Esse processo é fundamental para a qualidade da água subterrânea e dos mananciais. Além disso, o solo desempenha um papel fundamental na regulação de enchentes ao atuar como uma esponja natural, absorvendo e armazenando a

água da chuva. Esse processo, conhecido como infiltração, reduz significativamente o volume de escoamento superficial que, de outra forma, sobrecarregaria rios e sistemas de drenagem, causando inundações.