

Terra e Educação em Ciências

7 Intemperismo, erosão e a formação dos solos



Iniciaremos o estudo sobre o ciclo das rochas a partir do processo de intemperismo e dos seus produtos, os **sedimentos**, dentre os quais os solos têm grande relevância para a biosfera e a noosfera como bem natural que sustenta e dá suporte à vida. Posteriormente, esses sedimentos sofrem processos de sedimentação e litificação para a formação de rochas **sedimentares**.

Agradecemos a Prof^ª Dr^ª Fernanda Keila Marinho Silva pela colaboração na elaboração do conteúdo desta semana.

Relações entre o ciclo das rochas e o ciclo da água

Ao estudar o ciclo das rochas, inevitavelmente associamos todas as esferas terrestres. A interação entre a litosfera e a hidrosfera pode ser um caminho muito interessante para compreender os processos de transformação da crosta terrestre de forma mais integrada. Dessa forma, pensamos numa associação entre o **ciclo das rochas** e o **ciclo hidrológico** (ciclo da água).

O ciclo hidrológico é muito abordado no ensino fundamental, desde o primeiro ciclo. Contudo, muitas vezes há algumas lacunas em suas abordagens. Nesta aula, vamos apenas retomar o ciclo hidrológico de forma esquemática para compreender as funções da água nos processos do ciclo das rochas.

Muitas das abordagens educacionais que se concentram no tema água acabam reduzindo seu estudo apenas às possibilidades de **utilização** da água como recurso, como já discutimos na aula 4. Mas, ao estudar a água, podemos interpretá-la como um **agente geológico**, ou seja, um agente de transformação da litosfera, que modifica os minerais e as rochas imprimindo as **formas fixadas** na crosta terrestre.

O intemperismo

O texto **O Ciclo das Rochas na Natureza**, que lemos na aula passada, descreve de forma bem detalhada o processo de intemperismo. Para estudar a formação dos solos, precisamos compreender os processos de intemperismo e erosão.

O processo de intemperismo está associado ao ciclo hidrológico, especialmente aos processos de precipitação, infiltração e escoamento superficial que influenciam na velocidade do intemperismo. Para compreender os processos de intemperismo com mais clareza, fazemos uma divisão em fenômenos físicos, químicos e biológicos, que agem sobre a rocha e levam à formação de partículas não consolidadas. Mas devemos destacar que essa caracterização dos processos só é realizada para fins de entendimento, pois os processos ocorrem simultaneamente.

Intemperismo físico: promove a modificação das propriedades físicas das rochas (morfologia, resistência, textura) através da desagregação ou separação dos grãos minerais antes coesos, acarretando um aumento da superfície das partículas, mas não modificando sua estrutura. Sua atuação é acentuada em virtude de mudanças bruscas de temperatura. Ciclos de aquecimento e resfriamento devido ao clima dão origem a tensões que conduzem à formação de fissuras nas rochas, desagregando-as. A mudança cíclica de umidade também pode causar expansão e contração da rocha, o que leva à desagregação. A figura 7.1 mostra a desagregação de uma rocha granítica: há blocos de rochas de dimensões variadas resultantes do intemperismo físico.

Espécies vegetais de raízes profundas, ao penetrarem nos vazios existentes, também provocam aumento de fendas, deslocamento de blocos de rochas e desagregação. A superfície exposta ao ar e à água, aumentada pela fragmentação, abre caminho e facilita o intemperismo químico.

Intemperismo químico: ocorre quando estratos geológicos são expostos a águas correntes providas de compostos que reagem com os componentes minerais das rochas e alteram significativamente sua constituição. Esse fenômeno é o intemperismo químico, que provoca o acréscimo de hidrogênio (hidratação), oxigênio (oxidação) ou carbono e oxigênio (carbonatação) em minerais que antes não continham nenhum desses elementos. Muitos minerais

secundários formaram-se por esses processos. Este tipo de intemperismo é mais comum em climas tropicais úmidos.

Na figura 7.2, visualizamos a atuação do intemperismo físico, já ressaltado na figura 1, juntamente com o processo químico. Podemos perceber vários fragmentos de rochas e uma desagregação maior na formação do sedimento. A superfície das rochas está desgastada e bastante irregular, pois os minerais menos resistentes ao intemperismo químico já sofreram alteração e foram arrancados da superfície, formando os sedimentos. Os grãos de minerais mais resistentes ao intemperismo ainda se encontram na superfície da rocha.



Figura 7.1 Matacões de granito no Pico das Cabras - Campinas/SP. O maciço rochoso que aflorou inicialmente sofreu desagregação, transformando-se em fragmentos de dimensões variadas. / Foto: Ermelinda Patata - 12/2010.



Figura 7.2 Processo de intemperismo em granitos - Pico das Cabras - Campinas/SP. / Foto: Fernando Lamanna - 12/2010.

Intemperismo biológico: é caracterizado por rochas que perdem alguns de seus nutrientes essenciais para organismos vivos e plantas que crescem em sua superfície. O crescimento de fungos e líquens na superfície das rochas altera a composição química, pois eles liberam ácidos que atacam as rochas, aumentando a velocidade do intemperismo químico.

Os seguintes fatores são condicionantes da velocidade do intemperismo:

Material de origem: a ação do intemperismo nas rochas depende de seus materiais constituintes, sua estrutura e composição mineralógica;

Clima: a precipitação e a temperatura regulam a natureza e a velocidade das reações químicas. A disponibilidade de água (chuvas) e a temperatura agem acelerando ou retardando as reações do intemperismo;

Relevo: a topografia e a cobertura vegetal regulam a velocidade do escoamento superficial das águas pluviais. Isso interfere na quantidade de água que infiltra e percola no solo. Esse processo (em tempo suficiente) é essencial para a consumação das reações e drenagem;

Micro-organismos: a decomposição de matéria orgânica libera gás carbônico, cuja concentração no solo pode ser até 100 vezes maior que na atmosfera. Isso diminui o pH das águas de infiltração. Alguns minerais, como alumínio, tornam-se solúveis somente em pH ácido, isto é, necessitam dessa condição para se desprender de sua rocha de origem. Outros produtos de metabolismo, como ácidos orgânicos secretados por líquens, influenciam também os processos de intemperismo, assim como raízes que exercem força mecânica nas rochas, que pode acarretar a sua desagregação;

Tempo: variável dependente de outros fatores que controlam o intemperismo, principalmente dos constituintes do material de origem e do clima. Em condições de intemperismo pouco agressivas, é necessário um tempo de exposição mais longo para haver o desenvolvimento de um perfil de alteração.

Formação de solos

O solo tem grande importância na vida de todos os seres vivos do planeta, pois é no solo que vivemos e de onde retiramos quase todos os recursos para a nossa sobrevivência. Assim, com exceção das áreas cobertas por geleiras e das áreas vulcânicas muito recentes, todas as paisagens superficiais da Terra são recobertas por capas externas de materiais em pequenas partículas - os solos. (Gonçalves e Carneiro, 2006)

A importância do estudo dos solos na disciplina de ciências está no fato de que o solo é muito importante na manutenção do ecossistema, pois sustenta a base da cadeia alimentar e também porque nele acontece parte do ciclo de diversas substâncias do ambiente. "O gás carbônico passa da atmosfera para o solo pela ação dos seres vivos. O cálcio e o potássio são liberados pela transformação das rochas, e, a partir do solo, passam a fazer parte das plantas e de outros organismos. No solo também acontece a reciclagem do nitrogênio e do oxigênio, que passam da atmosfera para os microrganismos que habitam esse ambiente e vice-versa." (Gonçalves e Carneiro, 2006)

DEFINIÇÕES DE SOLO

O solo possui diversas denominações, conforme o enfoque desejado. Assim, para a área de estudos da Engenharia Civil, solo significa material escavável, que perde sua resistência quando em contato com a água. Para a Agronomia, o solo é a camada superficial de terra arável, possuidora de vida microbiana. Na Arqueologia, o solo se constitui como

material no qual se encontram registros de civilizações e organismos fósseis. A Geologia o compreende como produto do intemperismo físico e químico das rochas.

A Pedologia é a ciência que estuda a formação do solo e foi iniciada na Rússia por Dokuchaiev no ano de 1880. Na sua compreensão, o solo é a camada viva que recobre a superfície da Terra, em evolução permanente, por meio da alteração das rochas e de processos pedogenéticos comandados por agentes físicos, biológicos e químicos.

COMO O SOLO SE FORMA?

O solo é o resultado de algumas mudanças que ocorrem nas rochas. Essas mudanças são bem lentas, sendo que as condições climáticas e a presença de seres vivos são os principais responsáveis pelas transformações que ocorrem na rocha até a formação do solo. Os solos são sedimentos, que estão sujeitos a processos específicos de integração entre todas as esferas terrestres, resultando em produtos com características químicas, físicas e biológicas distintas.

Os solos são formados pelo processo de intemperismo já explicitado acima, que ocorre simultaneamente à erosão. À medida que há a fragmentação das rochas, resultante do intemperismo, o material é transportado pela ação da gravidade, do vento, do gelo, das águas pluviais e fluviais. Esses processos de transporte são caracterizados como erosão. A erosão movimenta os sedimentos para regiões mais distantes.

Os solos se consolidam através da sequência abaixo:

1. Os processos de intemperismo e erosão que atuam nas rochas formam os sedimentos;
2. Microrganismos como bactérias e algas depositam-se nos espaços entre os grãos dos sedimentos, ajudando a decompor a rocha através das substâncias produzidas;
3. Ocorre acúmulo de água e restos dos microrganismos;
4. Organismos um pouco maiores, como fungos e musgos, começam a se desenvolver;
5. O solo vai ficando mais espesso e outros vegetais vão surgindo, além de pequenos animais;
6. Vegetais maiores colonizam o ambiente, protegidos pela sombra de outros;
7. O processo continua até atingir o equilíbrio, determinando a paisagem de um local.

Todo este processo leva muito tempo para ocorrer. Calcula-se que cada centímetro do solo se forma num intervalo de 100 a 400 anos! Os solos usados na agricultura demoram entre 3.000 a 12.000 anos para se tornarem produtivos. (Retirado de **Programa Educ@r – Ciências – Recursos Naturais – Solo**. Acesso em 29/11/2010. Clique [aqui](#) para acessar.)

O processo ilustrativo da formação do solo ocorre, resumidamente, da seguinte forma:

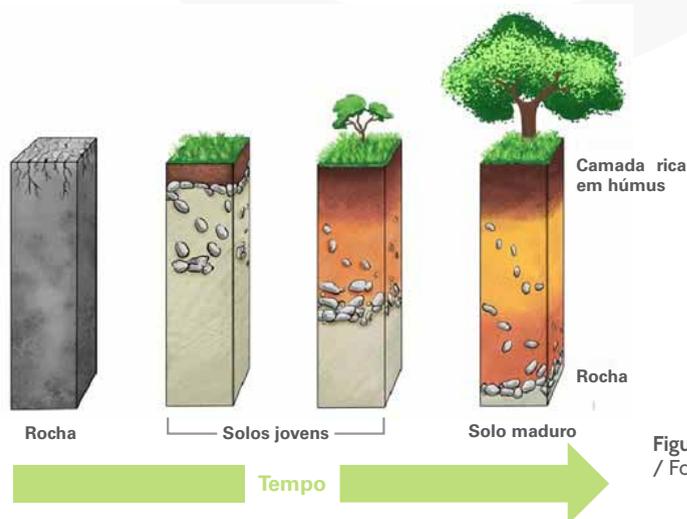


Figura 7.3 Formação do solo.
/ Fonte: adaptado de: idem.

À medida que o intemperismo vai atuando ao longo do tempo, a camada de detritos torna-se mais espessa e diferencia-se em subcamadas (horizontes do solo), que em conjunto formam o perfil do solo. O processo de diferenciação dos horizontes ocorre com incorporação de matéria orgânica no seu interior. Partículas migram descendentemente, levadas pela gravidade, e até realizam movimentos ascendentes, carregadas com a ascensão do lençol freático. Ainda deve ser considerada a atuação de plantas, cujas raízes absorvem elementos em profundidade, que são incorporados à superfície. (Fonte: idem)

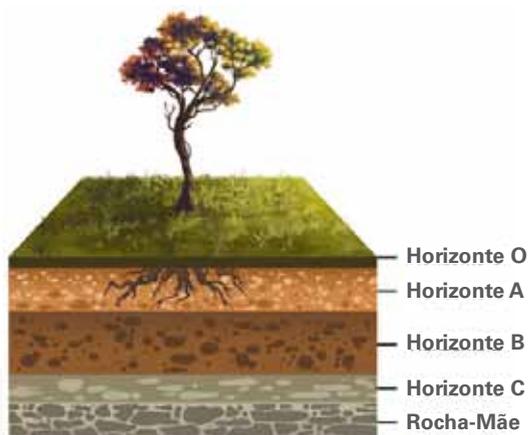


Fig.4 Horizontes do solo. / Fonte: adaptado de Blog João Vitor.

Erosão

A erosão é o processo de **transporte** de material, que pode ocorrer pela ação eólica e hídrica. A erosão ocorre devido às condições naturais dos terrenos, como:

- **Chuvas**

Ação erosiva ocasionada pelo impacto das gotas de chuva no solo e por meio da enxurrada. A força das gotas de chuva no solo ou nos sedimentos mistura-se a essas matérias que serão arrancadas. Quanto maior a velocidade da enxurrada maior a erosão na superfície do solo. A erosão depende da distribuição pluviométrica e sua intensidade.

- **Cobertura vegetal**

A cobertura vegetal em um terreno, especialmente com a presença de árvores, serve como defesa natural de um terreno contra a erosão, devido aos seguintes fatores:

- a. proteção contra o impacto direto das gotas de chuva;
- b. dispersão e quebra da energia das águas de escoamento superficial;
- c. infiltração da água pela produção de poros no solo pela ação das raízes;
- d. aumento e capacidade de retenção de água pela estruturação do solo por efeito da produção e incorporação de matéria orgânica.

- **Topografia**

A intensidade erosiva aumenta com a declividade e o comprimento da encosta.

TIPOS DE SOLO

A erosão vai depender de:

- Propriedades físicas – textura, estrutura, permeabilidade e densidade.
- Propriedades químicas, biológicas e mineralógicas.

A textura, ou seja, o tamanho das partículas influi na capacidade de infiltração e de absorção da água de chuva – solos de textura arenosa são mais porosos, permitindo infiltração mais rápida das águas de chuva.

Solos com estrutura granular, como os latossolos, apresentam alta porcentagem de poros e alta permeabilidade; apresentam agregação entre as partículas, aumentando a resistência do solo ao arraste de partículas.

A matéria orgânica incorporada ao solo permite maior agregação e coesão entre as partículas, tornando o solo mais estável em presença de água, mais poroso, e com maior poder de retenção da água.

A espessura do perfil de solo também influi na erosão – solos rasos permitem rápida saturação dos horizontes superiores, favorecendo o desenvolvimento de enxurradas.

- **Erosão Laminar**

É a remoção do solo de uma área inclinada em camadas finas.

O ressecamento e a lavagem da encosta são formas de erosão laminar.

- **Erosão Linear**

Para compreender a erosão linear, devemos conhecer o comportamento das águas de chuva e do lençol freático.

1. **Sulcos e Ravinas** – Sua formação ocorre pela remoção do solo pela água por canais visíveis ou canaletas muito pequenas, mas bem definidas, onde há concentração do fluxo sobre o solo. Ação das águas superficiais.
2. **Voçorocas (ou boçorocas)** – Canais d'água intermitentes, maiores do que as ravinas.

Com a formação e aprofundamento dos sulcos, interceptando o lençol freático, há a ação conjunta das águas superficiais e subsuperficiais, fazendo com que o ravinamento atinja altas dimensões. Há a remoção de partículas no interior do solo, formando canais que evoluem em sentido contrário ao do fluxo de água, podendo dar origem a colapsos no terreno, com desabamentos que alargam a voçoroca.

Fenômenos: erosão superficial, erosão interna, solapamentos, desabamentos e escorregamentos.



Figura 7.5 Ravina – Pico das Cabras, Campinas/SP. / Fonte: Ermelinda Pataca, Dezembro de 2010.



Figura 7.6 Voçoroca de grandes proporções na borda da mata Santa Terezinha, no município de Paulínia/SP. A voçoroca tem uma extensão de aproximadamente 700 metros na borda da mata (d). Em alguns pontos, a profundidade da fenda chega a aproximadamente 10 metros, como vemos nas figuras a e b. Podemos visualizar o afloramento do lençol freático na figura c.

MOVIMENTO DE MASSA

Movimento descendente de materiais que formam a encosta – rochas, solos, enchimentos artificiais. Envolve o deslizamento, tombamento, queda ou dilatação de massas razoavelmente grandes.

Esse é um grande problema vivenciado em centros urbanos, especialmente na época de chuvas intensas, quando normalmente escutamos ou vivenciamos em nossas cidades deslizamentos de terra.

Atividades

Fórum

Após a leitura do texto: [Uma análise das classificações de solo utilizadas no Ensino Fundamental](#), discuta como o tema solos está inserido no Ensino fundamental, relacionando o texto com a Proposta Curricular do Estado de São Paulo e com o livro didático que você utiliza. Quais são os conceitos sobre solos abordados nos materiais indicados?

Blog

Avalie as atividades sistematizadas no texto [Projeto Solo na escola](#), pensando no papel da vegetação para a conservação dos solos pela contenção das partículas, evitando a erosão.

Escreva um texto de no máximo 1.000 caracteres, explicitando as relações entre a vegetação (biosfera), a hidrosfera no ciclo da água e a litosfera.

Questionário



Figura 7.7 O ciclo hidrológico. / Fonte: adaptado de Wikipedia.

Interprete o diagrama acima, que mostra de forma esquemática o ciclo hidrológico. Explique os seguintes processos:

1. Precipitação, infiltração, escoamento superficial, evaporação, transpiração, evapotranspiração.
2. Nos processos de intemperismo, erosão, deposição e sedimentação do ciclo das rochas, descreva como a água atua como agente geológico, relacionando esse processo com os processos descritos no ciclo da água.

Referências Bibliográficas

ALMEIDA, Fernando F. M. de. **Continentes em movimento**. Ciência Hoje na Escola, 10: Geologia – SBPC. 3ª Edição – Rio de Janeiro, Ciência Hoje, 2006.

GUERRA, A.J.T. e CUNHA, S.B. da. **Geomorfologia e Meio Ambiente**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1996.

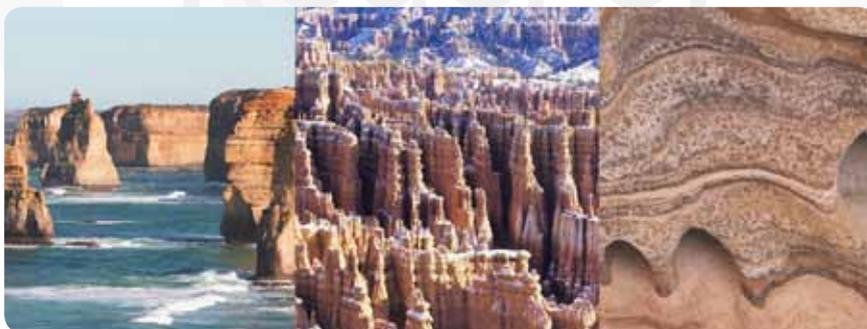
LEPSCH, I.F. **Formação e conservação dos solos**. São Paulo: Oficina de textos, 2002.

TEIXEIRA, W. (Org). **Decifrando a Terra**. São Paulo: Oficina de Textos, 2003.

Vale a pena consultar

Links

- [Solos no Estado de São Paulo](#)
- [Mapa pedológico do Estado de São Paulo](#)
- [Relatório de qualidade ambiental do Estado de São Paulo](#)



Fonte: CEPA