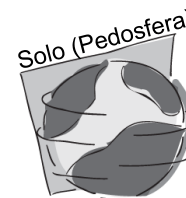


Introdução



Os solos são um dos recursos naturais essenciais da Terra, mas são frequentemente tidos como certos. A maioria das pessoas não percebe que o solo é um mundo vivo e respiratório, que suporta quase toda a vida terrestre. Os solos e as funções que desempenham dentro de um ecossistema variam muito de um local para outro, como resultado de muitos fatores, incluindo diferenças no clima, a vida animal e vegetal que vive neles, o material de base do solo, a posição do solo na paisagem e a idade do solo.

Cientistas, engenheiros, agricultores, desenvolvedores e outros profissionais consideram as características físicas e químicas do solo, o teor de umidade e a temperatura para tomar decisões como:

- Onde é o melhor lugar para construir um edifício?
- Que tipos de culturas crescerão melhor em um campo específico?
- O porão de uma casa inundará quando chover?
- Como a qualidade das águas subterrâneas na área pode ser melhorada?

Usando os dados coletados na [Investigação sobre o Solo GLOBE \(Pedosfera\)](#), alunos ajudam cientistas a descrever solos e entender como eles funcionam. Eles determinam como os solos mudam e como afetam outras partes do ecossistema, como clima, vegetação e hidrologia. As informações sobre solos são integradas aos dados de outras investigações do protocolo GLOBE para obter uma melhor visão da Terra como um sistema.

Por que investigar solos?

Os solos se desenvolvem no topo da superfície terrestre como uma camada fina, conhecida como a **pedosfera**. Essa fina camada é um recurso natural precioso e afeta tão profundamente todas as partes do ecossistema que costuma ser chamada de “grande integradora”. Por exemplo, os solos retêm nutrientes e água para plantas e animais. Eles filtram e limpam a água que passa por eles. Eles podem alterar a química da água e a quantidade que recarrega as águas subterrâneas ou retornar à atmosfera para formar chuva. Os alimentos que ingerimos e a maioria dos materiais que usamos para papel, prédios e

roupas dependem do solo. Os solos desempenham um papel importante na quantidade e tipos de gases na atmosfera. Eles armazenam e transferem calor, afetam a temperatura da atmosfera e controlam as atividades de plantas e outros organismos que vivem no solo. Ao estudar essas funções que o solo desempenha, alunos e cientistas aprendem a interpretar o clima, a geologia, a vegetação, a hidrologia e a história humana de um local. Eles começam a entender o solo como um componente importante de todo ecossistema terrestre da Terra e do Sistema Terrestre como um todo.

Cientistas Precisam de Dados do GLOBE

Os dados coletados pelos alunos através das medições de solo GLOBE são inestimáveis para os cientistas em muitos campos. Por exemplo, os cientistas do solo usam os dados para entender melhor como os solos se formam, como devem ser gerenciados e qual é o seu potencial para o crescimento de plantas e outros usos da terra. Os hidrologistas usam os dados para determinar o movimento da água através de um solo e uma bacia hidrográfica e o efeito dos solos na química da água. Eles também examinam os efeitos de diferentes tipos de solo na sedimentação de rios e lagos. Meteorologistas e climatologistas utilizam dados do solo em modelos de previsão do tempo e clima. Cientistas atmosféricos querem saber o efeito dos solos na umidade, temperatura, luz refletida e fluxos de gases como CO₂ e metano. Biólogos examinam as propriedades do solo para entender seu potencial de sustentar a vida vegetal e animal. Antropólogos estudam o solo para reconstruir a história humana de uma área.

Quando existem dados disponíveis para muitas áreas do mundo, os cientistas estudam os padrões espaciais das propriedades do solo. Quando um conjunto completo de dados da atmosfera, hidrologia, cobertura do solo e solo do GLOBE existe em um local específico, os cientistas podem usar as informações para executar modelos de computador para entender como funciona todo o ecossistema e fazer previsões sobre como será o ecossistema no mundo no futuro.

A Visão Geral

Composição do Solo

Os solos são compostos de quatro componentes principais:

- Partículas minerais de diferentes tamanhos.
- Materiais orgânicos dos restos de plantas e animais mortos.
- Água que preenche espaços porosos abertos.
- Ar que preenche espaços porosos abertos.

O uso e a função de um solo dependem da quantidade de cada componente. Por exemplo, um bom solo para o cultivo de plantas agrícolas possui cerca de 45% de minerais, 5% de *matéria orgânica*, 25% de ar, e 25% de água. As plantas que vivem em áreas úmidas requerem mais água e menos ar. Os solos usados como matéria-prima para tijolos precisam estar completamente livres de matéria orgânica.

Os Cinco Fatores de Formação do Solo

As propriedades de um solo são o resultado da interação entre os *Cinco Fatores de Formação do Solo*. Esses fatores são:

1. *Material de base*: O material a partir do qual o solo é formado determina muitas de suas propriedades. O material de base de um solo pode ser base rochosa, material orgânico, material de construção ou material solto depositado pelo vento, água, geleiras, vulcões ou movido por uma ladeira por gravidade.
2. *Clima*: Calor, chuva, gelo, neve, vento, luz do sol e outras forças ambientais quebram o material de base, movem o material solto do solo, determinam os animais e plantas capazes de sobreviver em um local e afetam as taxas de processos de formação do solo e as propriedades do solo resultantes.
3. *Organismos*: O solo abriga um grande número de plantas, animais e microorganismos. As propriedades físicas e químicas de um solo determinam o tipo e o número de organismos que podem sobreviver e prosperar nesse solo. Os organismos também moldam o solo em que vivem. Por exemplo, o crescimento de raízes e o movimento de animais e microorganismos deslocam materiais e produtos químicos no perfil do solo. Os restos mortos dos organismos do solo se tornam matéria orgânica que enriquece o solo com carbono e nutrientes.

Animais e micro-organismos que vivem no solo controlam as taxas de decomposição de materiais orgânicos e resíduos. Os organismos no solo contribuem para a troca de gases como dióxido de carbono, oxigênio e nitrogênio entre o solo e a atmosfera. Eles também ajudam o solo a filtrar as impurezas na água. As ações humanas também transformam o solo, à medida que cultivamos, construímos, represamos, cavamos, processamos, transportamos e descartamos resíduos.

4. *Topografia*: A localização de um solo em uma paisagem também afeta sua formação e suas propriedades resultantes. Por exemplo, solos no fundo de uma colina receberão mais água que solos na encosta, e solos nos declives que enfrentam o sol serão mais secos que solos nas encostas que não enfrentam o sol.
5. *Tempo*: A quantidade de tempo que os outros 4 fatores listados acima interagiram entre si afeta as propriedades do solo. Algumas propriedades, como temperatura e teor de umidade, mudam rapidamente, geralmente em minutos e horas. Outros, como mudanças minerais, ocorrem muito lentamente ao longo de centenas ou milhares de anos. A Figura SOIL-I-1 lista diferentes propriedades do solo e o *tempo aproximado necessário para que elas mudem*.

Perfil do Solo

Os cinco fatores de formação do solo diferem de um lugar para outro, fazendo com que as propriedades do solo variem de um local para outro. Cada área do solo em uma paisagem tem características únicas. Uma seção vertical em um local é denominada **perfil de solo**. Veja a figura SOIL-I-2. Quando examinamos atentamente as propriedades de um perfil de solo e consideramos os cinco fatores formadores do solo, o histórico do solo naquele local e a formação da área são revelados.

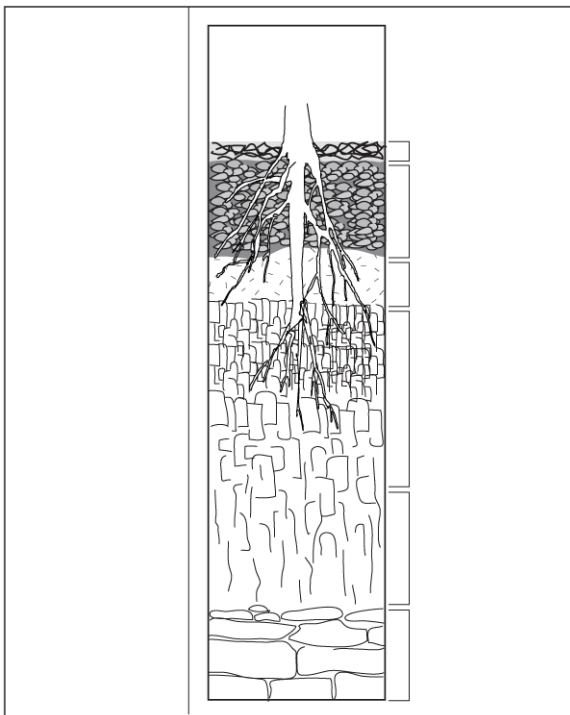
Os capítulos da história do solo em qualquer local são lidos nas camadas do perfil do solo. Essas camadas são conhecidas com **horizontes**. Os horizontes do solo podem ser tão finos quanto alguns milímetros ou mais espessos que um metro. Horizontes individuais são identificados pelas propriedades que eles contêm que são diferentes dos horizontes acima e abaixo deles. Alguns horizontes do solo são formados como resultado do intemperismo de minerais e da decomposição de materiais orgânicos que se movem pelo perfil do solo ao longo do tempo.

Figura SOIL-I-1

Propriedades do Solo que Mudam ao Longo do Tempo		
Propriedades que mudam ao longo de minutos ou horas	Propriedades que mudam ao longo de meses ou anos	Propriedades que mudam ao longo de centenas e milhares de anos
Temperatura Teor de umidade Composição local do ar	PH do solo Cor do solo Estrutura do solo Densidade aparente Matéria orgânica do solo Fertilidade do solo Microrganismos, animais, plantas	Teor mineral Distribuição de tamanho de partícula Horizontes Densidade de partículas

Esse movimento, chamado *iluviação*, influencia a composição e as propriedades do horizonte. Outros horizontes podem ser formados pela perturbação do perfil do solo devido à erosão, deposição ou atividade biológica. Os solos também podem ter sido alterados pela atividade humana. Por exemplo, os construtores compactam o solo, alteram sua composição, movem o solo de um local para outro ou substituem os horizontes em uma ordem diferente da formação original.

Figura SOIL-I-2: Perfil do Solo



Umidade no Solo

A umidade desempenha um papel importante nas atividades químicas, biológicas e físicas que ocorrem no solo. Quimicamente, a umidade transporta substâncias através do perfil. Isso afeta as propriedades do solo, como cor, textura, pH e fertilidade. Biologicamente, a umidade determina os tipos de plantas que crescem no solo e afeta a maneira como as raízes são distribuídas. Por exemplo, em áreas desérticas onde os solos são secos, plantas como cactos devem armazenar água ou enviar raízes profundas para o solo, para extrair água enterrada dezenas de metros abaixo da superfície. As plantas nas regiões tropicais têm muitas de suas raízes próximas à superfície, onde o material orgânico armazena grande parte da água e dos nutrientes de que as plantas precisam. As plantas agrícolas crescem melhor em solos onde a água ocupa aproximadamente um quarto do volume do solo como vapor ou líquido. Fisicamente, a umidade do solo faz parte do ciclo hidrológico. A água cai na superfície do solo como precipitação. Essa água penetra no solo em um processo chamado *infiltração*. Depois que a água se infiltra no solo, ela é armazenada nos horizontes, ocupada pelas plantas, movida para cima por *evaporação*, ou movida para baixo na rocha subjacente, tornando-se a *água subterrânea*. A quantidade de umidade contida no solo pode mudar rapidamente, às vezes aumentando em minutos ou horas. Por outro lado, pode levar semanas ou meses para o solo secar. Se um horizonte de solo for compactado, tiver espaços porosos muito pequenos ou estiver *saturado* com água, a infiltração ocorrerá lentamente, aumentando o potencial de inundação em uma área. Se a água não puder descer rapidamente para o solo, ela fluirá sobre a superfície como *escoamento* e poderá acabar

rapidamente em córregos ou outros corpos d'água.

Quando o solo não for coberto por vegetação e a inclinação da terra for íngreme, ocorre a *erosão da água*. Cicatrizes profundas são formadas na paisagem como resultado da força combinada da água do escoamento e das partículas do solo que fluem sobre a superfície. Quando um horizonte de solo estiver seco ou possuir grandes espaços de poros com tamanho semelhante ao horizonte acima, a água se infiltra no horizonte rapidamente. Se o solo ficar muito seco e não for coberto por vegetação, poderá ocorrer *erosão do vento*.

A camada superficial do solo está em conteúdo direto com a atmosfera e a umidade que entra ou sai do solo passa por essa camada. Exceto em condições hiper áridas, a única propriedade do solo que pode ser medida a partir de satélites é a umidade nos 5 cm superiores. A NASA realizou a missão SMAP (Passivo Ativo à Umidade do Solo) para medir essa propriedade ambiental. A calibração e validação dos dados SMAP precisam de medições in situ da umidade da superfície do solo, e o GLOBE e o SMAP fizeram uma parceria para obter esses dados dos participantes do GLOBE.

Temperatura do Solo

A temperatura de um solo pode mudar rapidamente. Perto da superfície, muda quase tão rapidamente quanto a temperatura do ar, mas como o solo é mais denso que o ar, suas variações de temperatura são menores. Ciclos diários e anuais de temperatura do solo podem ser medidos. Durante um dia típico, o solo é fresco pela manhã, aquece durante a tarde e depois esfria novamente à noite. Veja a figura SOIL-I-3. Ao longo do ano, o solo aquece ou esfria com as estações do ano. Como a temperatura do solo muda mais lentamente que a temperatura do ar, ela atua como isolante, protegendo os organismos do solo e os tubos enterrados dos extremos das variações de temperatura do ar. Em regiões temperadas, o solo da superfície pode congelar no inverno e derreter na primavera, enquanto em alguns climas mais frios, é encontrada uma camada permanente de gelo, denominada **permafrost**, abaixo da superfície do solo. Em ambos os casos, o solo nunca congela abaixo de uma certa profundidade. O solo subjacente atua como isolamento, de modo que a temperatura das camadas mais profundas do solo é quase constante ao longo do ano. A temperatura afeta muito a atividade química e biológica no solo.

Geralmente, quanto mais quente o solo, maior a atividade biológica dos microrganismos que vivem no solo. Os microrganismos em solos tropicais quentes quebram os materiais orgânicos muito mais rapidamente do que os microrganismos em solos de clima frio. Perto da superfície, a temperatura e a umidade do solo afetam a atmosfera à medida que o calor e o vapor de água são trocados entre a terra e o ar. Esses efeitos são menores que os das superfícies de oceanos, mares e grandes lagos, mas podem influenciar significativamente as condições climáticas locais. Verificou-se que os furacões se intensificam quando passam sobre o solo saturado com água. Os meteorologistas descobriram que suas previsões podem ser melhoradas se levarem em consideração a temperatura e a umidade do solo em seus cálculos.

Solos ao Redor do Mundo

A seguir, exemplos de seis diferentes perfis e paisagens do solo. Veja as figuras SOIL-I-4 a I-9.

Figura SOIL-I-3

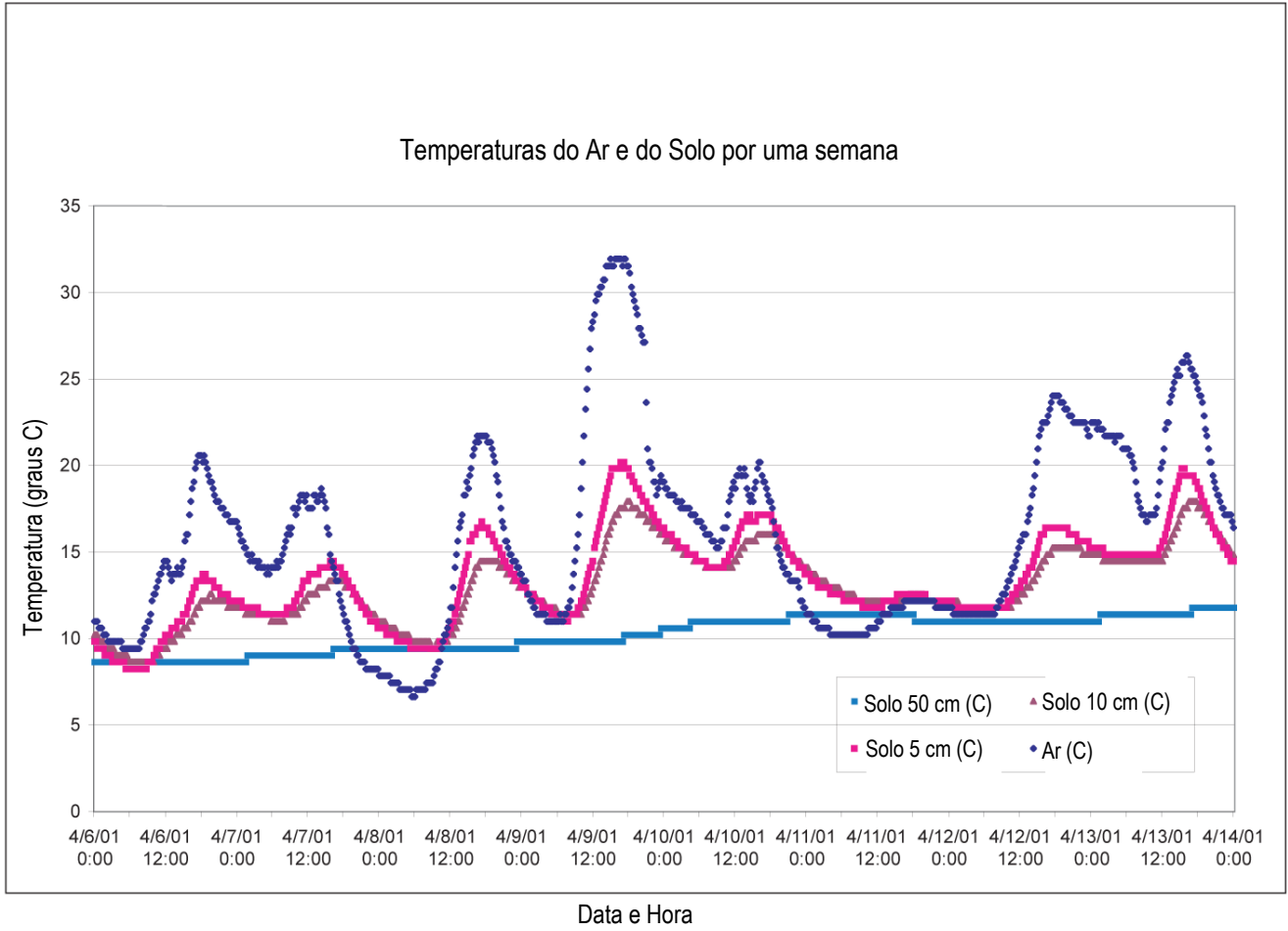


Figura SOIL-I-4: Solos de pastagem amostrados na parte sul do Texas nos EUA



Esses solos são comuns no centro-oeste dos EUA e nas pastagens da Argentina e da Ucrânia. Eles geralmente são de cor profunda e escura e estão entre os melhores solos para o cultivo. Sua cor escura é causada por muitos anos de raízes morrendo, decompondo e construindo o teor de matéria orgânica que permite ao solo reter a água e os nutrientes necessários para um excelente crescimento das plantas.

Figura SOIL-I-5: Solo formado sob uma floresta no extremo leste da Rússia, perto da cidade de Magadan.



A maior parte da matéria orgânica deste solo provém das folhas e raízes de árvores coníferas que morrem e se decompõem perto da superfície. Quando essa matéria orgânica em decomposição se mistura com a chuva, os ácidos formam essa *lixiviação* ou removem materiais dos horizontes superiores do solo. A camada branca que você vê abaixo da camada escura da superfície foi causada por ácidos orgânicos que removeram os nutrientes, orgânicos, argilas, ferro e outros materiais da camada e deixaram para trás partículas do solo que são apenas minerais na composição. Abaixo desse horizonte, há um horizonte escuro que contém materiais que foram lixiviados do horizonte acima e depositados ou iluviados. Este horizonte tem uma cor escura por causa da matéria orgânica depositada lá. O próximo horizonte tem uma cor vermelha devido ao óxido de ferro trazido do horizonte acima e ao revestimento das partículas do solo. O horizonte abaixo deste possui menos ou diferentes tipos de óxidos de ferro que revestem as partículas inorgânicas do solo, criando uma cor amarela. O horizonte mais baixo no perfil é o material original do qual o solo se formou. Neste local, o material original é um depósito arenoso das geleiras. Ao mesmo tempo, todo o solo parecia esse horizonte inferior, mas com o

tempo, os processos de formação de solo alteraram suas propriedades.

Figura SOIL-I-6: Um ambiente tropical no norte de Queensland, Austrália



Observe as cores vermelhas brilhantes e a profundidade com que o solo é uniforme. É muito difícil distinguir horizontes únicos. Temperaturas quentes e muita chuva ajudam a formar solos intemperizados como este. Nos climas tropicais, a matéria orgânica se decompõe muito rapidamente e se transforma em material inativo que se liga à argila. A maioria dos nutrientes foi lixiviada deste solo por chuvas intensas. São deixados para trás minerais intemperizados revestidos por óxidos de ferro, dando ao

solo sua cor vermelha brilhante.

Figura SOIL-I-7: Solo formado sob um clima muito frio perto de Inuvik, no território noroeste do Canadá.



A superfície "hummocky" ou ondulada deste solo é causada pelo congelamento e descongelamento da água armazenada no solo ano após ano. As zonas negras indicam locais onde os materiais orgânicos se acumularam durante os ciclos de congelamento e descongelamento. O processo de congelamento, descongelamento e agitação do solo é chamado de *crioturbação*. Este solo não é muito desenvolvido e possui apenas pequenas indicações de horizontes que podem ser vistos por pequenas diferenças de cores. Na parte inferior do perfil, há uma camada chamada *permafrost*, que consiste em gelo, solo ou uma mistura de ambos. A camada de permafrost permanece abaixo de 0 °C ao longo do ano. O material orgânico escuro e espesso neste solo se acumula porque a decomposição é muito lenta em climas frios.

Figura SOIL-I-8: Solo formado sob condições muito secas ou áridas no Novo México, EUA.



Um horizonte marrom claro na superfície é frequentemente encontrado em ambientes onde a matéria orgânica é limitada. Altas quantidades de matéria orgânica formam solos escuros. Em locais secos, a matéria orgânica não é devolvida ao solo porque muito pouca vegetação cresce lá. Quando a chuva ocorre nesse ambiente, a textura arenosa do solo permite que os materiais sejam transportados para baixo nos horizontes inferiores do perfil. As faixas brancas próximas à parte inferior

desse perfil são formadas a partir de depósitos de carbonato de cálcio que podem se tornar muito duros à medida que se acumulam horas extras.

Figura SOIL-I-9: Amostras de solo úmido na Louisiana, EUA



Solos úmidos são encontrados em muitas partes do mundo. O horizonte da superfície é geralmente escuro porque a matéria orgânica se acumula quando o solo está saturado com água. Quando essas condições ocorrem, não há oxigênio suficiente para os organismos decomporem o material orgânico. As cores do horizonte inferior geralmente são acinzentadas. Às vezes, como nesta figura, a cor cinza do solo possui faixas alaranjadas ou marrons, denominadas *manchas*. As cores cinza indicam que o solo ficou úmido por um longo período de tempo, enquanto as manchas nos mostram onde algum oxigênio estava presente no solo.

Dr. John Kimble e Sharon Waltman do Serviço de Conservação de Recursos Naturais do USDA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Lincoln. Nebraska forneceu as fotografias mostradas aqui.

Medições GLOBE

Que medições são feitas?

Na investigação do solo GLOBE, são feitos dois conjuntos de medições do solo. O primeiro conjunto, conhecido como Caracterização do Solo, descreve as características físicas e químicas de cada horizonte em um perfil do solo. Algumas medições de Caracterização do Solo são realizadas em campo, enquanto outras são realizadas em laboratório ou sala de aula. As medições de caracterização do solo são realizadas uma vez para um local identificado. O segundo conjunto de medidas é a Umidade e a Temperatura do Solo, que determinam as propriedades da água e da temperatura do solo em profundidades especificadas. As medições de umidade e temperatura do solo são realizadas repetidamente e podem ser comparadas diretamente com as medições de temperatura e precipitação do ar descritas em [Investigação sobre Atmosfera](#). Embora esses dois conjuntos de medições do solo sejam diferentes, a caracterização e a umidade do solo em um determinado local fornecem a maior quantidade de informações significativas. Por exemplo, diferenças na temperatura e umidade do solo entre um local e outro que têm a mesma temperatura do ar e precipitação podem ser devidas a diferenças nas propriedades de caracterização do solo. A compreensão das propriedades físicas e químicas do solo ajudará a interpretar os padrões de umidade e temperatura do solo.

Medições de Caracterização do Solo

Realizadas no Campo

- Descrição do Local
- Profundidades do Horizonte
- Estrutura do Solo
- Cor do Solo
- Consistência do Solo
- Textura do Solo
- Raízes
- Rochas
- Carbonatos

* As medições de laboratório usam amostras coletadas em campo.

*Realizadas na Sala de aula ou no Laboratório **

- Densidade aparente
- Densidade de Partículas
- Distribuição do Tamanho de Partícula
- pH
- Fertilidade do solo (N, P, K)

Medições de Umidade e Temperatura do Solo

Realizadas no Campo

- Temperatura do solo
- Monitoramento de Umidade do Solo

*Realizadas na Sala de aula ou no Laboratório **

- Umidade Gravimétrica e Volumétrica do Solo

Medições individuais

Caracterização do Solo

No local do solo, os horizontes no perfil do solo são diferenciados entre si por diferenças em sua estrutura, cor, consistência, textura e quantidade de raízes, rochas e carbonatos livres que eles contêm. Análises laboratoriais ou em sala de aula de densidade aparente, densidade de partículas, distribuição de tamanho de partículas, pH e fertilidade do solo também revelam diferenças entre os horizontes.

Estrutura

Estrutura refere-se à forma natural de agregados de partículas do solo, chamadas pedos, no solo. A estrutura do solo fornece informações sobre o tamanho e a forma dos espaços porosos no solo através dos quais a água, o calor e o ar fluem e em que as raízes das plantas crescem. A estrutura de agregados de partícula do solo é descrita como *granular*, *em blocos*, *prismática*, *colunar*, ou *plana*. Se o solo não possui estrutura, ele é descrito como de *granulação simples* ou *maciço*.

Cor

A cor do solo é determinada pelos revestimentos químicos das partículas, pela quantidade de matéria orgânica no solo e pelo teor de umidade do solo. Por exemplo, a cor do solo tende a ser mais escura quando a matéria orgânica está presente. Minerais, como ferro, podem criar tons de vermelho e amarelo na superfície das partículas do solo. O solo em áreas secas pode parecer branco devido a revestimentos de carbonato de cálcio nas partículas do solo.

A cor do solo também é afetada pelo teor de umidade. A quantidade de umidade contida no solo depende de quanto tempo o solo está drenando livremente ou se está saturado com água. Normalmente, quanto maior o teor de umidade do solo, mais escura é a cor.

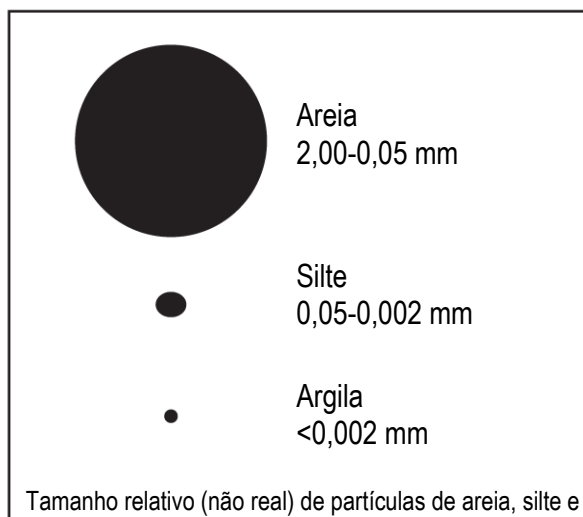
Consistência

Consistência descreve a firmeza dos agregados de partículas de solo individuais e o grau em que eles se separam. Os termos usados para descrever a consistência do solo são *solto*, *friável*, *firme* e *extremamente firme*. Um solo com consistência friável será mais fácil para as raízes, pás ou arados se moverem do que um solo com consistência firme.

Textura

A *textura* descreve como um solo se sente e é determinado pelas quantidades de partículas de partículas de *areia*, *silte* e *argila* presentes na amostra de solo. A textura do solo influencia a quantidade de água, calor e nutrientes que serão armazenados no perfil do solo. As mãos humanas são sensíveis à diferença no tamanho das partículas do solo. A areia é o maior grupo de tamanho de partícula e parece arenosa. O Silte é o próximo grupo de tamanho de partícula e parece suave ou *farinhento*. A argila é o menor grupo de tamanho de partícula e parece pegajosa e difícil de espremer. Veja a Figura SOIL-I-10. A quantidade real de partículas do tamanho de areia, silte e argila em uma amostra de solo é chamada de *distribuição do tamanho de partículas* e é medida em um laboratório ou sala de aula.

Figura SOIL-I-10: Grupos de Tamanhos de Partículas



Raízes

Uma estimativa das raízes em cada horizonte em um perfil do solo ilustra a profundidade em que as raízes vão obter nutrientes e água. Quanto mais raízes forem encontradas no horizonte, mais água e nutrientes serão removidos do solo e mais matéria orgânica será devolvida. O conhecimento da quantidade de raízes em cada horizonte permite aos cientistas estimar a fertilidade do solo, densidade aparente, capacidade de retenção de água e profundidade. Por exemplo, um horizonte muito compacto inibirá o desenvolvimento radicular, enquanto um horizonte poroso não.

Rochas

Uma estimativa do número de rochas em cada horizonte ajuda a entender o movimento da água, do calor e do ar pelo solo, o crescimento radicular e a quantidade de material do solo envolvido em reações físicas e químicas.

Partículas de solo com mais de 2 mm de tamanho são consideradas rochas.

Carbonatos

Carbonatos de cálcio ou outros elementos se acumulam em áreas onde há pouco desgaste da água. A presença de carbonatos no solo pode indicar um clima seco ou um tipo específico de material parental rico em cálcio, como calcário. Carbonatos livres geralmente revestem as partículas do solo em solos básicos (pH maior que 7). Estes solos são comuns em climas áridos ou semi-áridos. Carbonatos são geralmente brancos e podem ser riscados facilmente com a unha. Às vezes, em climas secos, os carbonatos formam um horizonte duro e denso semelhante ao cimento, e as raízes das plantas não podem crescer através dele. Para testar carbonatos, um ácido, como o vinagre, é esguichado no solo. Se houver carbonatos, haverá uma reação química entre o vinagre (um ácido) e os carbonatos (uma base) para produzir dióxido de carbono. Quando o dióxido de carbono é produzido, o vinagre borbulha ou *efervesce*. Quanto mais carbonatos presentes, mais bolhas ou efervescência ocorre.

Densidade aparente

Densidade Aparente do Solo é uma medição de quão densamente compactado ou denso o solo é e é medida pela massa de solo seco em uma unidade de volume (g/cm^3). Veja a Figura SOIL-I-11. A densidade aparente do solo depende da composição do solo, da estrutura dos agregados de partículas do solo, da distribuição das partículas de areia, silte e argila, do volume do espaço poroso e da força com que as partículas são compactadas.

Os solos feitos de minerais (areia, silte e argila) terão uma densidade aparente diferente dos solos feitos de material orgânico. Em geral, a densidade aparente dos solos varia de $0,5 \text{ g/cm}^3$ em solos com muitos espaços, a até $2,0 \text{ g cm}^3$ ou maior em horizontes minerais muito compactos.

Conhecer a densidade aparente de um solo é importante por vários motivos. A densidade aparente indica como as partículas do solo são compactadas e a facilidade com que as raízes podem crescer através dos horizontes do solo. A densidade aparente também é usada na conversão entre massa e volume para uma amostra de solo. Se a massa de uma amostra de solo é conhecida, seu volume é calculado dividindo-se a massa da amostra pela densidade aparente do solo. Se o volume de uma amostra de solo é conhecido, a massa é calculada multiplicando o volume da amostra pela densidade aparente do solo.

Densidade de Partículas

A *densidade da partícula* de uma amostra de solo é a massa de solo seco em um volume específico do solo quando todos os espaços aéreos foram removidos.. Veja a Figura SOIL-I-11. O tipo de minerais de que são feitas as partículas do solo afeta a densidade das partículas. Os solos constituídos por partículas de quartzo puro geralmente têm uma densidade de $2,65 \text{ g/cm}^3$. Os solos constituídos por partículas feitas de minerais que não o quartzo terão uma massa diferente para o

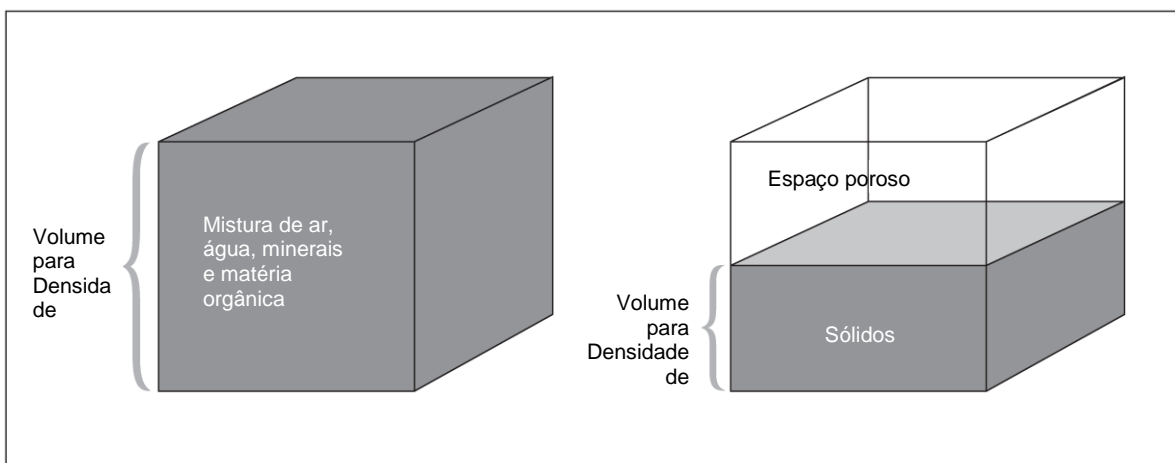
mesmo volume de partículas. Conhecendo a densidade de partículas e a densidade aparente, a *porosidade* (a proporção do volume do solo que é o espaço poroso) pode ser calculada. A porosidade estabelece a quantidade de ar ou água que pode ser armazenada ou movida pelo solo.

Distribuição do Tamanho de Partícula

A proporção de cada grupo de tamanho de partícula (areia, silte ou argila) no solo é chamada de *distribuição do tamanho da partícula*. A areia é a maior partícula do solo, o silte é de tamanho intermediário e a argila é a menor. A distribuição do tamanho de partícula de uma amostra de solo determina sua classe textural exata (que é "estimada" no campo por meio do Protocolo de Textura do Solo). Também ajuda a determinar a quantidade de água, calor e nutrientes que o solo reterá, a rapidez com que a água e o calor se moverão pelo solo e a estrutura e consistência do solo.

A quantidade de areia, silte e argila em uma amostra de solo é determinada por um método de sedimentação usando um instrumento chamado *hidrômetro*. Uma amostra seca de solo é primeiro dispersa para que nenhuma das partículas se grude e depois é suspensa na água e deixada sedimentar. As partículas maiores (areia) se sedimentam em minutos, enquanto as menores partículas (argila) ficam suspensas por dias. Um hidrômetro é usado para medir a gravidade específica da suspensão do solo após a sedimentação ter ocorrido por períodos específicos.

Figura SOIL-I-11: Uma Comparação da Densidade Aparente e da Densidade de Partículas



A densidade aparente é uma medida da massa de todos os sólidos em uma unidade de volume de solo, incluindo todo o espaço poroso preenchido por ar e água. Se o volume fosse comprimido para que não houvesse espaço de poros para o ar ou a água, a massa das partículas divididas pelo volume que ocupam seria a densidade das partículas.

PH do solo

O pH de um horizonte de solo (o qual é ácido ou básico) é determinado pelo material original do qual o solo é formado, pela natureza química da chuva ou outra água que entra no solo, práticas de manejo da terra e as atividades de organismos (plantas, animais e microorganismos) que vivem no solo. Assim como o pH da água, o pH do solo é medido em uma escala logarítmica (ver [Introdução da Investigação sobre Hidrologia](#) para uma descrição do pH). O pH do solo é uma indicação da química e fertilidade do solo. A atividade das substâncias químicas no solo afeta os níveis de pH. Diferentes plantas crescem em diferentes valores de pH. Às vezes, os agricultores adicionam materiais ao solo para alterar seu pH, dependendo dos tipos de plantas que desejam cultivar. O pH do solo também afeta o pH da água subterrânea ou de corpos d'água próximos, como riachos ou lagos. O pH do solo pode estar relacionado ao pH da água medido na *Investigação sobre Hidrologia* e ao pH da precipitação medido na *Investigação sobre Atmosfera*.

Fertilidade do solo

A **fertilidade** de um solo é determinada pela quantidade de nutrientes que ele contém. Nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K) são três dos nutrientes mais importantes necessários para as plantas para o crescimento ideal das plantas. Cada horizonte em um perfil do solo pode ser testado quanto à presença desses nutrientes. Os resultados dessas medições ajudam a determinar a adequação de um solo para o cultivo de plantas. A fertilidade do solo pode estar relacionada às medições da química da água realizadas na *Investigação sobre Hidrologia*.

Umidade do solo

A umidade do solo, também conhecida como **Teor de Água no Solo** (SWC), pode ser calculada por massa (gravimétrica) ou por volume (volumétrica) e é apresentada como uma razão água/solo. Ao medir a umidade gravimétrica do solo, a razão é a massa de água contida em uma amostra de solo e a massa de matéria seca nessa amostra. Essa proporção normalmente varia de 0,05 g/g a 0,50 g/g. Ao medir a umidade volumétrica do solo, a razão é o volume de água contido em um volume de solo. O teor volumétrico do solo pode chegar a 0,5 cc/cc; a razão de volume varia tipicamente de 0,05 cc/cc a 0,50 cc/cc. Somente solos extremamente secos que retêm uma pequena quantidade de água, como aqueles em um deserto, têm valores abaixo de 0,05 g/g (gravimétrico) ou 0,05 mL/mL (volumétrico).

Somente solos ricos em orgânicos, turfa ou algumas argilas absorvem grandes quantidades de água e têm valores acima de 0,50 g/g (gravimétrico) ou 0,05 mL/mL (volumétrico). A medição da umidade do solo ajuda a definir o papel do armazenamento do solo na dinâmica do ecossistema. Por exemplo, as medições de umidade do solo revelam a capacidade do solo de reter ou transmitir água que afeta a recarga das águas subterrâneas, o escoamento superficial e a **transpiração** e evaporação de água na atmosfera. Também descreve a capacidade do solo de fornecer nutrientes e água às plantas, afetando seu crescimento e sobrevivência.

Temperatura do Solo

O solo atua como isolante do fluxo de calor entre a terra sólida abaixo do solo e a atmosfera. Assim, as temperaturas do solo podem ser relativamente baixas no verão ou relativamente quentes no inverno. Essas variações de temperatura do solo afetam o crescimento das plantas, o momento da brotação ou queda das folhas e a taxa de decomposição dos materiais orgânicos.

As temperaturas do solo geralmente têm um intervalo diário menor do que as temperaturas do ar e as temperaturas mais profundas do solo geralmente variam menos. Os extremos de temperatura do solo variam de 50 °C para solos no deserto próximos à superfície do verão (mais quentes que a temperatura máxima do ar!) a valores abaixo de zero em solos de alta latitude ou altitude no inverno.

Seleção de Locais de Estudo do Solo

Locais de estudo do solo para a realização de medições de caracterização do solo e medições de umidade e temperatura do solo devem ser cuidadosamente selecionados.

Para medições de caracterização do solo, deve-se considerar um local que permita aos alunos cavar um buraco com uma pá ou um trado. O objetivo é expor um perfil de solo com um metro de profundidade. Se isso não for possível, os alunos têm a opção de amostrar os 10 cm superiores do perfil do solo. É importante verificar com as empresas de serviços públicos locais para garantir que não haja canos ou fios enterrados no local escolhido para escavação. Um local escolhido próximo ao local onde estão sendo feitas medições de umidade e temperatura do solo ajudará a entender melhor essas medições. Um local de caracterização do solo escolhido próximo ou no local de estudo da Cobertura do Solo ajudará a interpretar o papel que as propriedades do solo desempenham no controle do tipo e da quantidade de crescimento das

plantas.

Para medições de umidade do solo, um local aberto deve ser considerado. O local não deve ser irrigado, deve ter características de solo **uniformes**, ser relativamente imperturbável e ser seguro para escavação. As amostras de umidade do solo são coletadas da superfície (0-5 cm) e 10 cm de profundidade. As amostras também podem ser coletadas em profundidades de 30 cm, 60 cm e 90 cm para obter um perfil de profundidade. Se possível, o local deve estar a 100 m de um Local de Estudo da Atmosfera GLOBE ou de outro local onde as medições de precipitação estão sendo coletadas.

Para medições de temperatura do solo, deve ser selecionado um local adjacente ao Local de Estudo de Atmosfera GLOBE, ou algum outro local onde são realizadas medições de temperatura do ar. Alternativamente, a temperatura do solo pode ser medida em um local de estudo de umidade do solo. O local deve estar ao ar livre e representativo dos solos na área. As medições de temperatura do solo são feitas nas profundidades de 5 e 10 cm com todos os protocolos e também a 50 cm com protocolos de monitoramento.

Descrição do Local

Depois que os alunos selecionam um local para suas medições de solo, eles usam os seguintes fatores de identificação para definir e descrever o local que planejam estudar: latitude e longitude (usando receptores GPS), elevação, inclinação, aspecto (a direção da inclinação mais íngreme), tipo de vegetação que cobre o solo, material de base, práticas atuais de uso da terra e posição do solo na paisagem. Os alunos determinam algumas dessas propriedades no local, enquanto outras são estabelecidas usando recursos locais, como mapas, relatórios de levantamento de solo e especialistas locais.

Frequência das Medições

As medições de caracterização do solo devem ser realizadas uma vez para cada Local de Estudo de Caracterização do Solo. Mais de um local de estudo pode ser usado para identificar propriedades do solo em diferentes locais (como nos locais de umidade e temperatura do solo, local de cobertura da terra ou em diferentes partes da paisagem, por exemplo).

Para ajudar a entender a imagem global da umidade do solo, o GLOBE fez uma parceria com a Missão SMAP da NASA. A prioridade é criar uma série temporal de dados de umidade do solo

na superfície. Idealmente, as amostras são coletadas todas as manhãs quando o SMAP sobrevoa um local - 3 vezes a cada 8 dias na maioria dos locais. Dados periódicos de 5 cm e 10 cm são úteis para caracterizar os padrões sazonais e anuais de um local. Se as observações forem feitas por um período de tempo limitado, tente escolher um momento em que o solo esteja secando ou se tornando úmido.

Os dados diários e contínuos de umidade do solo dos sensores são amplamente úteis e geralmente não estão disponíveis.

As medições de temperatura do solo são realizadas pelo menos uma vez por semana. O [Protocolo de Temperatura de Solo e Ar Máx/Mín/Atual Digital de Múltiplos Dias](#) fornece a temperatura diária e mínima da temperatura máxima e máxima uma profundidade de 10 cm. Protocolos opcionais estão disponíveis para medir as temperaturas máximas e mínimas diárias do solo nas profundidades de 5 e 50 cm e para coletar a temperatura do solo e do ar a cada 15 minutos, usando um registrador de dados.

Considerações de Campo

Muitos professores acham que seus alunos têm muito orgulho e satisfação em cavar uma cova no solo para expor um perfil do solo. Ocasionalmente, são necessários voluntários adultos para ajudar, ou alguém na área com uma retroescavadeira pode ser solicitado para ajudar. Ao cavar, todas as precauções necessárias devem ser tomadas para evitar que utilitários enterrados. Para evitar que o buraco seja um risco para pessoas e animais, a cova deve ser aberto apenas enquanto os alunos estiverem realizando suas observações. Deve ser mantido bem coberto quando a classe não estiver trabalhando nela.

Gerenciamento de Alunos

Dependendo do tamanho da cova no solo e do número de alunos, pode ser possível trabalhar na cova como uma classe. Em outros casos, é melhor permitir que grupos de 3 a 5 alunos entrem na cova de cada vez. Existem muitas estratégias para usar vários grupos de alunos para coletar dados de diferentes horizontes ou coletar amostras duplicadas. Os professores devem esperar que as medições de caracterização do solo e os procedimentos de amostragem levem várias horas. Alguns professores optam por realizar as medições em visitas repetidas. Especialistas em Ciência do Solo de universidades locais, o Serviço de

Figura SOIL-I-12

Padrões Nacionais de Educação Científica	Protocolos Básicos					Protocolos Avançados			Atividades de Aprendizagem	
	Caracterização	Temperatura	Umidade do solo	Densidade aparente	PH do solo	Distribuição do Tamanho de Partícula	Densidade de Partículas	Fertilidade do Solo	Apenas de Passagem	Apenas de Passagem - Início
Conceitos de Ciências da Terra e do Espaço										
Materiais da terra são rochas sólidas, solos, água, biota e os gases da atmosfera.			■	■		■	■			
Os solos têm propriedades de cor, textura, estrutura, consistência, densidade, pH, fertilidade; eles apoiam o crescimento de muitos tipos de plantas.	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
A superfície da Terra muda.	■	■	■		■			■		
Os solos são frequentemente encontrados em camadas, cada uma com uma composição e textura química diferente.	■				■			■	■	■
Os solos consistem em minerais (menos de 2 mm), material orgânico, ar e água.	■		■	■		■	■	■	■	■
A água circula pelo solo, alterando as propriedades do solo e da água.	■	■	■	■	■			■	■	■
Conceitos de Ciência Física										
Objetos têm propriedades observáveis.	■	■	■	■	■	■	■	■		
A energia é conservada.		■								
O calor se move de objetos mais quentes para objetos mais frios.		■								
Reações químicas ocorrem em todas as partes do ambiente.					■			■		
Conceitos de Ciências da Vida										
Átomos e moléculas circulam entre os componentes vivos e não-vivos do ecossistema.								■		
Habilidades de Investigação Científica										
Identificar perguntas passíveis de respostas.	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Projetar e conduzir uma investigação.	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Usar ferramentas e técnicas apropriadas, incluindo matemática, para coletar, analisar e interpretar dados	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Desenvolver descrições e explicações, previsões e modelos usando evidências.	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Comunicar procedimentos e explicações.	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■

Conservação de Recursos Naturais do USDA, e outras agências agrícolas podem prestar assistência na escavação, descrição do local e caracterização do solo.

As amostras de umidade do solo devem ser coletadas da maior área possível ao redor da escola. Para comparação com dados SMAP, mais de 10 locais em um raio de 20 km são ideais. Isso permite que todos os alunos (e pais) participem. Equipes de alunos e pais podem trabalhar juntos para coletar descrições do local, coordenadas de GPS, amostras gravimétricas próximas à superfície e quaisquer outros dados do GLOBE que interessem à classe. Outros grupos de alunos podem ser responsáveis por pesar o solo úmido assim que possível após a coleta de amostras e, em seguida, iniciar o processo de secagem. Pode ser útil entrar em contato e trabalhar com cientistas do solo de faculdades locais, o Serviço de Conservação de Recursos Naturais do USDA e outras agências para ajudar a secar amostras. Geralmente, uma equipe de dois ou três alunos é apropriada para coletar amostras de umidade do solo ou ler manualmente os sensores de umidade do solo.

As leituras de temperatura do solo a partir do termômetro digital máx/min são feitas juntamente com as leituras de temperatura do ar pelo menos uma vez a cada 7 dias. As medições da sonda de temperatura são melhor realizadas por equipes pequenas (2 a 3 alunos) em um cronograma diário ou semanal. Uma estratégia bem-sucedida é ter um aluno experiente ajudando um aluno menos experiente, que mais tarde se torna o mentor de novos membros da equipe. A coleta de dados leva de 10 a 20 minutos.

Combinando as Medições

Na [Investigação sobre Solos GLOBE](#), alunos estudam as propriedades do solo que mudam muito lentamente (caracterização do solo) e aquelas que mudam rapidamente (temperatura e umidade do solo). Sem conhecer as propriedades que mudam lentamente do perfil do solo, é difícil entender as mudanças dinâmicas de umidade e temperatura que ocorrem. Da mesma forma, os padrões de umidade e temperatura no solo ao longo do tempo afetam a formação do solo. Os professores são incentivados a combinar as medidas de caracterização do solo com as medições de temperatura e umidade do solo, para que os alunos obtenham um entendimento verdadeiro da maneira como a pedosfera funciona e afeta o resto do ecossistema.

Objetivos Educacionais

Os alunos que participam das atividades apresentadas neste capítulo devem adquirir habilidades de investigação científica e compreensão de vários conceitos científicos. Veja a figura SOIL-I-12. Essas habilidades incluem o uso de uma variedade de instrumentos e técnicas específicas para fazer medições e analisar os dados resultantes, juntamente com abordagens gerais para a investigação. As Habilidades de Investigação Científica listadas na Figura SOIL-I-12 e nas caixas cinzas no início de cada protocolo são baseadas no pressuposto de que o professor concluiu o protocolo, incluindo a seção Exame dos Dados. Se esta seção não for usada, nem todas as habilidades de investigação serão abordadas. Os Conceitos de Ciência incluídos na figura e nas caixas cinza estão descritos nos Padrões Nacionais de Educação Científica dos Estados Unidos, conforme recomendado pelo Conselho Nacional de Pesquisa dos EUA, e incluem os de Ciências da Terra e do Espaço e Ciências Físicas. A Figura SOIL-I-12 fornece um resumo indicando quais conceitos e habilidades são abordados em quais protocolos ou atividades de aprendizagem.