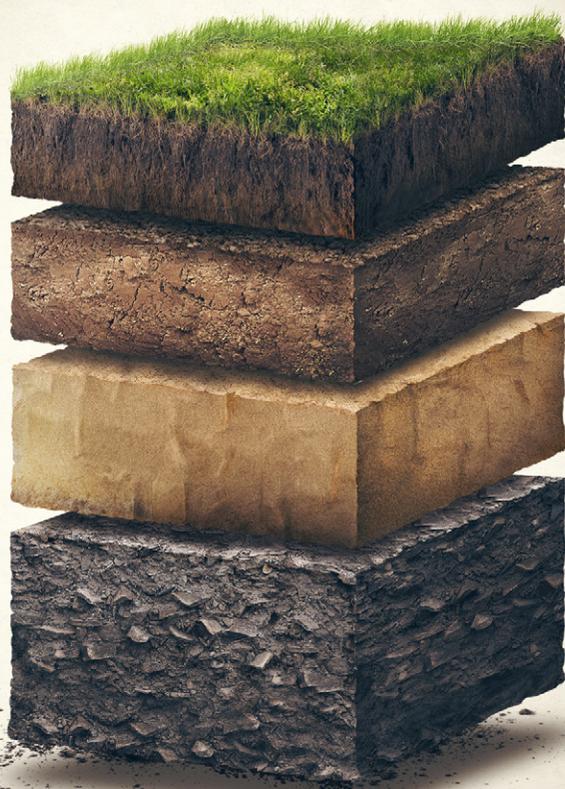


ORGANIZADORAS:
Natália Costa Rodrigues
Daniele Correia

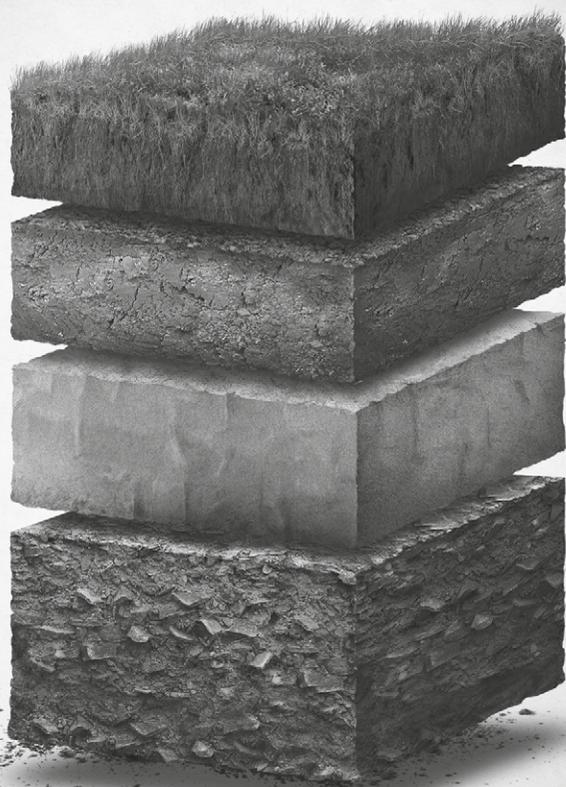
A QUÍMICA DOS SOLOS

UMA PERSPECTIVA DE APRENDIZAGEM ATIVA



A QUÍMICA DOS SOLOS

UMA PERSPECTIVA DE APRENDIZAGEM ATIVA



Reitor

Marcelo Augusto Santos Turine

Vice-Reitora

Camila Celeste Brandão Ferreira Ítavo

Obra aprovada pelo

CONSELHO EDITORIAL DA UFMS
RESOLUÇÃO Nº 126-COED/AGECOM/UFMS,
DE 8 DE AGOSTO DE 2022

Conselho Editorial

Rose Mara Pinheiro (presidente)
Adriane Angélica Farias Santos Lopes de Queiroz
Ana Rita Coimbra Mota-Castro
Andrés Batista Cheung
Alessandra Regina Borgo
Delasnieve Miranda Daspert de Souza
Elizabete Aparecida Marques
Geraldo Alves Damasceno Junior
Maria Lígia Rodrigues Macedo
William Teixeira

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
(Diretoria de Bibliotecas – UFMS, Campo Grande, MS, Brasil)

A Química dos solos [recurso eletrônico] : uma perspectiva de aprendizagem ativa /
organizadoras Natália Costa Rodrigues, Daniele Correia -- Campo Grande, MS :
Ed. UFMS, 2022.

Dados de acesso: <https://repositorio.ufms.br>
ISBN 978-65-89995-39-5

1. Química do solo. 2. Biologia do solo. 3. Solo – Uso. 4. Solos – Formação. 5.
Solos – Degradação. I. Rodrigues, Natália Costa. II. Correia, Daniele.

CDD (23) 631.41

Bibliotecária responsável: Tânia Regina de Brito – CRB 1/2.395

ORGANIZADORAS
Natália Costa Rodrigues
Daniele Correia

**A QUÍMICA
DOS SOLOS:
UMA PERSPECTIVA DE
APRENDIZAGEM ATIVA**

Campo Grande - MS
2022



© das autoras:

Natália Costa Rodrigues

Daniele Correia

1ª edição: 2022

Projeto Gráfico, Editoração Eletrônica

TIS Publicidade e Propaganda

Revisão

A revisão linguística e ortográfica

é de responsabilidade dos autores

A grafia desta obra foi atualizada conforme o Acordo Ortográfico da Língua Portuguesa, de 1990, que entrou em vigor no Brasil em 1º de janeiro de 2009.

Direitos exclusivos para esta edição



Secretaria da Editora UFMS - SEDIT/AGECOM/UFMS

Av. Costa e Silva, s/nº - Bairro Universitário

Campo Grande - MS, 79070-900

Universidade Federal de Mato Grosso do Sul

Fone: (67) 3345-7203

e-mail: sedit.agecom@ufms.br

Editora associada à



Associação Brasileira
das Editoras Universitárias

ISBN: 978-65-89995-39-5

Versão digital: agosto de 2022



Este livro está sob a licença Creative Commons, que segue o princípio do acesso público à informação. O livro pode ser compartilhado desde que atribuídos os devidos créditos de autoria. Não é permitida nenhuma forma de alteração ou a sua utilização para fins comerciais. br.creativecommons.org

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	07
CAMADAS DA TERRA.....	08
ESTADOS FÍSICOS DA MATÉRIA.....	10
A FORMAÇÃO DOS SOLOS.....	12
AS ROCHAS	14
MINÉRIOS.....	17
METAIS	18
OS TIPOS DE SOLO.....	22
FÓSSEIS	25
DATAÇÃO FÓSSIL	26
COMBUSTÍVEIS FÓSSEIS	27
PROCESSOS DE SEPARAÇÃO DE MISTURAS.....	30
REAÇÕES DE COMBUSTÃO.....	31
PARA SABER MAIS: ENERGIA RENOVÁVEL.....	33
O CICLO DA ÁGUA	40
OS ELEMENTOS QUÍMICOS NO SOLO.....	42
TABELA PERIÓDICA.....	43

FERTILIDADE DO SOLO	48
CICLO DO NITROGÊNIO	51
PROCESSO DE SÍNTESE DA AMÔNIA	53
PH DO SOLO	57
ÁCIDOS E BASES.....	58
PARA SABER MAIS: CAVERNAS.....	61
SAIS.....	62
PARA SABER MAIS: OSMOSE	64
DEFENSIVOS AGRÍCOLAS.....	64
REVOLUÇÃO VERDE	68
O MUNDO SEM FERTILIZANTES E AGROTÓXICOS	69
CUIDADOS COM OS ALIMENTOS.....	71
TRANSGÊNICOS.....	72
TÉCNICAS INSUSTENTÁVEIS DE PLANTIO.....	74
TÉCNICAS DE PLANTIO SUSTENTÁVEL	77
DEGRADAÇÃO DO SOLO	82
O SOLO E A NOSSA SAÚDE	85
LIXO.....	86
REFERÊNCIAS.....	92

INTRODUÇÃO

O ser humano utiliza o solo para cultivar plantas e criar animais. Também, por meio dos minérios contidos nas rochas, é possível construir ferramentas, materiais de construção, carros, estradas, entre muitos outros materiais que você encontra em seu dia a dia.

Todo ser vivo depende do solo para seu sustento. Os vegetais adquirem nutrientes do solo e os animais adquirem nutrientes dos vegetais. Praticamente, tudo o que comemos depende do solo para ser produzido, até mesmo os alimentos industrializados têm como origem vegetais cultivados ou animais criados no campo.

Ao longo dos anos, o solo vem sofrendo transformações e a química, por sua vez, nos ajuda a compreendê-las. Seu estudo é fundamental para entendermos o processo de construção de materiais cuja matéria-prima é fornecida pelo solo, como medicamentos, roupas, cosméticos, móveis, materiais para construção civil e muitos outros objetos de uso cotidiano.

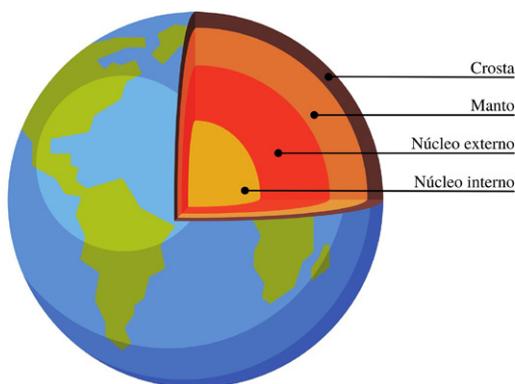
No entanto, ao mesmo tempo em que os conhecimentos químicos nos proporcionaram usufruir de recursos disponibilizados pelo solo, também trouxeram diversos problemas ambientais. Atualmente, as principais preocupações da sociedade giram em torno do meio ambiente. A exploração demasiada de minérios e o uso excessivo de defensivos agrícolas e fertilizantes químicos causam impactos ao solo. Para controlar esses impactos, mais uma vez, é necessário entender a química e fundamental ter o conhecimento do solo para conservá-lo e garantir o sustento e a sobrevivência de futuras gerações.

Este e-book visa abordar conteúdos de química, relacionando-os à temática solos, com enfoque ambiental e de maneira interdisciplinar, com contribuições, principalmente, da geografia e da biologia.

CAMADAS DA TERRA

Para entendermos a química dos solos, precisamos primeiramente compreender a estrutura do nosso planeta. Você já parou para pensar sobre o que há no interior do planeta Terra? Há cerca de 4,5 bilhões de anos, o jovem planeta Terra era uma esfera composta de magma quente – uma mistura de matéria derretida (metais, minerais, água, gases, entre outros) devido às altas temperaturas. Com o passar do tempo, o planeta foi resfriando, as substâncias mais pesadas – especialmente alguns metais – afundaram-se no centro da Terra e as rochas se solidificaram. Assim, o material da Terra separou-se nas três camadas que conhecemos hoje: o núcleo, o manto e a crosta, conforme representado na Figura 1.

Figura 1. Camadas da Terra



Fonte: adaptado de www.canva.com

O núcleo é a camada mais interna e quente do planeta, podendo chegar a 6000°C. Estima-se que ele é formado principalmente pelos metais ferro e níquel e é composto por duas subcamadas: o núcleo interno e o núcleo externo. O **núcleo externo** faz fronteira com o

manto e é composto, principalmente, por metais que, devido à alta temperatura, se apresentam no estado líquido. O **núcleo interno** apresenta maior temperatura que o núcleo externo, mas, surpreendentemente, seu estado é sólido! Isso ocorre porque, à medida que a profundidade aumenta, além do aumento da temperatura, ocorre o aumento da pressão. As altas pressões comprimem o material do núcleo interno da Terra tornando-o sólido.

O **manto** é a camada situada entre o núcleo e a crosta, é composto basicamente de material rochoso no estado sólido. No entanto, em algumas regiões do manto, em que as temperaturas são mais elevadas, podendo atingir 3000°C, a essa temperatura as rochas adquirem um aspecto pastoso chamado magma.

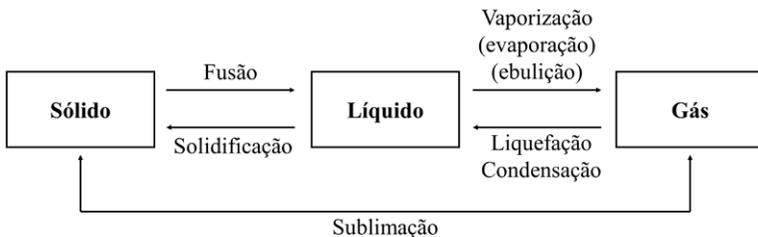
A **crosta** terrestre é a camada mais externa do planeta. É sobre essa camada que vivemos. Estima-se que ela pode chegar a 40 km de profundidade. No entanto, quando comparada ao raio da Terra (6370 Km), representa uma fina camada. O **solo** é a camada de material que cobre a crosta terrestre (HIRANAKA; HORTENCIO, 2018).

ESTADOS FÍSICOS DA MATÉRIA

Vimos que, no início, a Terra era formada por magma (um líquido extremamente quente) que, ao resfriar, deu origem às rochas (material sólido). Vimos também que o núcleo interno da Terra, embora apresente elevadas temperaturas, é sólido devido à alta pressão. Você já parou para pensar de que forma a temperatura e a pressão influem nos estados físicos da matéria? A química explica!

Em nosso dia a dia, as substâncias podem se apresentar em três estados físicos: sólido, líquido e gasoso. As mudanças de estado físico recebem nomes diferentes, conforme mostra o esquema abaixo.

Figura 2. Denominações das mudanças de estados físicos da matéria



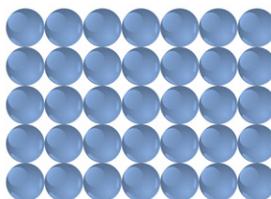
Fonte: Autoras

A matéria é constituída por partículas (átomos e moléculas). O estado físico da matéria de uma substância irá depender de como suas partículas se movimentam. Condições físicas como temperatura (aquecimento ou resfriamento) e pressão afetam o estado físico da matéria.

As partículas em um sólido:

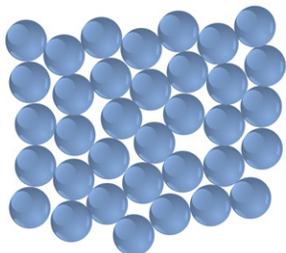
- estão em um arranjo regular;
- vibram em uma posição fixa;
- permanecem em contato umas com as outras;
- mantêm a forma e o volume.

Figura 3. Representação das partículas no estado sólido



Fonte: Autoras

Figura 4. Representação das partículas no estado líquido



Fonte: Autoras

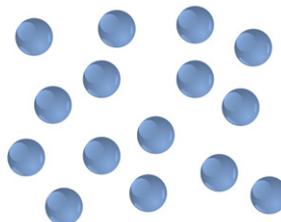
As partículas em um líquido:

- são arranjadas aleatoriamente;
- estão em contato;
- movem-se em relação umas às outras;
- adquirem a forma do recipiente em que estão contidas.

As partículas em um gás:

- são arranjadas aleatoriamente;
- movem-se rapidamente em todas as direções;
- estão distantes;
- expandem-se ou contraem-se para preencherem o recipiente em que estão armazenadas.

Figura 4. Representação das partículas no estado líquido



Fonte: Autoras

Quando a energia térmica (calor) é transferida para uma substância sólida, o aquecimento fará com que aumente a agitação das partículas até que comecem a se mover com maior velocidade uma em relação às outras, transformando o sólido em líquido (fusão). O aquecimento contínuo fará com que ocorra aumento da energia cinética das partículas e elas se distanciarão uma das outras, transformando o líquido em gás (vaporização).

Com a diminuição da temperatura, o sistema perde energia. No estado líquido, as partículas diminuem seu grau de agitação, indo para o estado sólido (solidificação). É o processo que ocorre quando o magma se transforma em rocha! (BROWN *et al.*, 2016).

Quando a pressão exercida sobre uma substância líquida aumenta, pode causar a solidificação da substância. O aumento da pressão faz com que as partículas se mantenham unidas, como é o caso do núcleo interno da Terra.

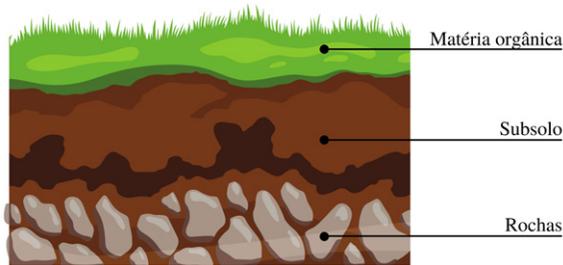
A FORMAÇÃO DOS SOLOS

No início, após o resfriamento do planeta e a formação das rochas, não havia vegetação. Com o decorrer dos anos, as rochas foram sofrendo deterioração por agentes naturais como: variação de temperatura, substâncias químicas e ação biológica. Esses fatores são chamados de **intemperismo** (LUCCI; BRANCO; MENDONÇA, 2016). As rochas foram modificando-se e sendo transformadas em partículas menores até constituírem o que chamamos de solo.

A palavra solo tem origem do latim *solum*, que significa “base” ou “chão”. Ele é originado pela decomposição das rochas e composto de matéria inorgânica (partículas minerais, ar, água) e matéria orgânica (vegetais e organismos vivos). O processo de formação do solo é ex-

tremamente lento: estima-se que, para que seja formado 1 (um) cm de solo, isso leve de 100 a 400 anos. Para que esse solo seja apropriado para agricultura, são necessários 3 (três) mil a 12 (doze) mil anos. Conforme a Figura 6, o solo pode ser dividido em camadas, chamadas **horizontes do solo** (ROSA; ROCHA, 2003).

Figura 6. Camadas do solo



Fonte: adaptado de www.canva.com

A camada superior apresenta a maior quantidade de **matéria orgânica**, é onde cresce a vegetação. Com o aumento da profundidade, a quantidade de matéria orgânica diminui e a de matéria mineral aumenta, formando o **subsolo**. Mais profundamente, existem fragmentos (pedaços) de rochas. Já, nas camadas mais profundas, encontra-se a **rocha matriz** ou **rocha-mãe**, que é a rocha que dá origem ao solo (LIMA; MELO, 2007).

AS ROCHAS

As rochas são formadas por combinações de minerais. Embora seja possível utilizar microscópios de alta potência para identificar alguns minerais, a maioria é reconhecível por algumas de suas propriedades como a cor, a dureza, a transparência, o brilho e o tipo de cristal que é formado.

As rochas diferem-se entre si, basicamente, pelos minerais que as formam e pela maneira como foram constituídas. Elas são geralmente classificadas de acordo com os processos envolvidos em sua formação. Elas podem ser ígneas ou magmáticas, sedimentares e metamórficas (SILVA; OLIC; LOZANO, 2016).

As **rochas ígneas** ou **magma** **máticas**, como o próprio nome sugere, são formadas a partir do resfriamento do magma terrestre. Elas formam a maior parte da crosta terrestre. No entanto, não são muito observadas pois, geralmente, ficam debaixo do solo ou de outro tipo de rocha. As rochas magmáticas podem ser classificadas em intrusivas e extrusivas. As rochas magmáticas intrusivas solidificam-se abaixo da superfície da Terra a partir de um lento resfriamento. Um exemplo desse tipo de rocha é o **granito** (Figura 7).

Figura 7. Granito



Fonte: www.canva.com

As rochas magmáticas extrusivas são originadas quando a lava expelida por vulcões esfria e fica sólida, um exemplo desse tipo de rocha é o **basalto** (Figura 8).

Figura 8. Basalto



Fonte: www.canva.com

As **rochas sedimentares** são formadas na superfície da Terra ou próximo à superfície, pelo acúmulo de sedimentos (partículas de outras rochas) que se unem. As partículas depositam-se em camadas e, devido ao peso das partículas superiores, vão ficando cada vez mais compactas. Além disso, a água deixa os grãos grudados – ou cimentados. Esse processo ocorre lentamente, levando milhares ou até milhões de anos para acontecer. As rochas sedimentares podem conter fósseis de animais e plantas presos nos sedimentos durante a sua formação. Um exemplo de rocha sedimentar é o **calcário** (Figura 9).

Figura 9. Calcário



Fonte: www.canva.com

As **rochas metamórficas** são aquelas que se originam da transformação (metamorfose) de outras rochas, sejam magmáticas ou sedimentares. Essa transformação ocorre devido a fatores como pressão e temperatura. Um exemplo de rocha metamórfica é o **mármore** (Figura 10), que é originado da transformação do calcário. Nesse caso, o que muda é a organização dos minerais, que se transformam em outros, dando origem a uma rocha com propriedades diferentes (MARTINEZ; VIDAL; 2016).

Figura 10. Mármore



Fonte: www.canva.com

MINÉRIOS

Como já mencionado, os minerais fazem parte da composição química das rochas. Cada região do planeta contém uma composição diferente de minerais. Alguns minerais são mais abundantes, sendo encontrados em várias regiões, enquanto outros são raros e específicos de alguns locais. O nióbio, por exemplo, é um minério raro e 98% de suas reservas conhecidas estão no Brasil.

O uso de minerais, ao longo da história, foi se tornando cada vez mais frequente e diversificado. Atualmente, utilizamos direta ou indiretamente praticamente todos os minerais conhecidos. O aproveitamento dos minerais está relacionado às suas propriedades como cor, brilho e resistência.

Os minerais que apresentam importância econômica são chamados de **minérios**. O local onde um minério é encontrado em grande quantidade é denominado **jazida**. Jazidas oficialmente autorizadas pelo governo para exploração são chamadas de **minas**. O processo de extração mineral é chamado de **mineração**.

O processo de mineração deve ser realizado conforme determinadas regras, pois pode ocasionar impactos ambientais e intenso desgaste do solo. Os impactos podem ser reduzidos com o planejamento de recuperação do local como a reposição do solo e o plantio de árvores.

A hematita é um dos minerais mais abundantes na superfície da Terra e o minério de ferro é o mais importante. É composto, principalmente, de óxido de ferro (Fe_2O_3) e é encontrado em rochas sedimentares, metamórficas e magmáticas em locais de todo o mundo.

Figura 11. Minério de ferro



Fonte: www.canva.com

METAIS

A maioria dos metais são encontrados em minérios. Apesar de um conceito amplo, alguns especialistas consideram minério apenas os minerais dos quais se podem extrair um ou mais metais. A técnica para a obtenção do metal a partir de seu minério é chamada de **metalurgia**. Alguns processos de obtenção de metais podem receber nomes conforme o metal a ser extraído, por exemplo, a **siderurgia**, que é o processo de obtenção do ferro. A palavra deriva do grego *síderos*, que significa ferro.

Os metais são frequentemente associados a minérios específicos. No Brasil, são encontrados e explorados diversos minérios, por exemplo, a bauxita (de onde se extrai o alumínio) e a hematita (de onde se extrai o ferro), que são metais bastante utilizados na fabricação de peças de automóveis, utensílios domésticos e construção civil. A calcopirita é o minério utilizado para a obtenção do cobre, amplamente utilizado para a fabricação de fios condutores.

A obtenção de um metal a partir de seu minério ocorre por meio de um processo industrial. Por exemplo, para a obtenção do ferro, o minério hematita é aquecido a uma temperatura de cerca de

1500°C. Nessa temperatura, o minério funde-se (passa para o estado líquido) e o ferro – que inicialmente estava ligado ao oxigênio, se separa – e transforma-se em ferro metálico. Ainda, no estado líquido, o ferro pode ser colocado em moldes para que, durante o resfriamento, adquira o formato desejado (REIS, 2013).

Grande parte desses metais estão distribuídos na crosta terrestre em forma de **óxidos**, ou seja, combinados ao elemento oxigênio. O Quadro 1 apresenta os principais minérios na forma de óxidos encontrados na crosta terrestre.

Quadro 1. Principais minérios em forma de óxidos

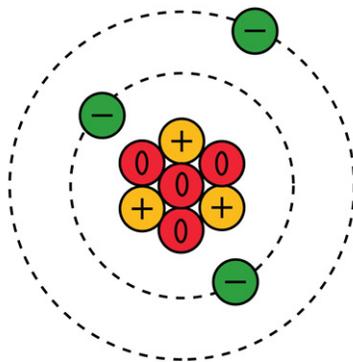
Metal	Forma encontrada na natureza		Minério
Alumínio	Óxido de alumínio	Al_2O_3	Bauxita
Ferro	Óxidos de ferro (III)	Fe_2O_3	Hematita
Manganês	Óxido de manganês (IV)	MnO_2	Pirolusita
Estanho	Óxido de estanho (IV)	SnO_2	Cassiterita
Cobre	Óxido de cobre (I)	Cu_2O	Calcopirita
Titânio	Óxido de titânio (IV)	TiO_2	Rutilo

Fonte: PRESS, F.; GROTZINGER, J.; SIEVER, R.; JORDAN, T. H. Para Entender a Terra. Tradução: MENEGAT, R. (coord.). 4a edição. Porto Alegre: Bookman, 2006.

A maior parte dos elementos químicos conhecidos são metais. Na tabela periódica, os elementos químicos são divididos em metais e não metais, 91 dos 118 elementos conhecidos até hoje são metais. Ao olharmos ao nosso redor, podemos observar uma infinidade de objetos que apresentam metais em sua composição, desde os talheres que usamos em nossas refeições até em nossos aparelhos eletrônicos. Os metais são uma classe de substâncias caracterizadas por alta condutividade elétrica e térmica, e que apresentam características específicas, tais como, são maleáveis, dúcteis e refletem a luz. Afinal, por que os metais apresentam essas características? A química explica!

Primeiramente, é conveniente relembramos a estrutura de um átomo (Figura 12). Os átomos consistem em duas regiões principais: o núcleo e a eletrosfera. O **núcleo** é formado por prótons (partículas positivas) e nêutrons (partículas neutras). A **eletrosfera** é região em que os elétrons (partículas negativas) orbitam em camadas eletrônicas em torno do núcleo. **Elementos químicos** são átomos que se diferem pela quantidade de prótons que apresentam em seus núcleos.

Figura 12. Representação do átomo



Fonte: www.canva.com

Um átomo neutro apresenta o mesmo número de prótons e elétrons. Contudo, os átomos podem perder ou ganhar elétrons tornando-se eletricamente carregados, ou seja, o número de prótons é diferente do número de elétrons. Esses átomos eletricamente carregados são chamados de **íons**. Quando um átomo perde elétrons, ele terá uma maior quantidade de cargas positivas e assim se origina um íon positivo, chamado de **cátion**. Quando um átomo ganha elétrons, ele terá uma maior quantidade de cargas negativas e assim se origina um íon negativo, chamado de **ânion**.

Os metais apresentam a tendência de perder elétrons e, conseqüentemente, formar cátions. Em uma estrutura metálica, os cátions permanecem em posição fixa e são rodados por um “mar” de elétrons, provenientes do próprio átomo do metal. Esses elétrons possuem a liberdade de se movimentarem livremente pela estrutura metálica e, dessa forma, conduzir eletricidade e calor. Esses elétrons livres também são responsáveis por características metálicas como a maleabilidade (capacidade de produzir lâminas) e ductibilidade (capacidade de produzir fios).

Figura 13. Fio de cobre



Fonte: www.canva.com

Alguns metais são classificados como nobres ou pesados. Os **metais nobres** são conhecidos por serem pouco reativos e resistentes à corrosão. São relativamente raros e, muitos deles, considerados preciosos. Enquadram-se como metais nobres, por exemplo, o ouro, a prata e a platina. Os **metais pesados** ganharam esse nome devido a suas altas densidades. Alguns metais pesados são notoriamente tóxicos, outros nem tanto. Metais pesados como cádmio, mercúrio e chumbo são extremamente venenosos. Metais como ferro e zinco, por outro lado, desempenham funções muito importantes no organismo (CANTO, 2016).

OS TIPOS DE SOLO

Você, provavelmente, já observou que existem diferentes tipos de solos, com cores e texturas distintas. O tipo de solo depende de vários fatores, como o tipo da rocha matriz que o originou (magmática, sedimentar ou metamórfica), o clima da região, a quantidade de matéria orgânica, a vegetação que o recobre e o tempo que ele levou para se formar.

Existem muitas maneiras de classificar os solos. A mais comum leva em consideração a sua **textura**, que depende basicamente do tamanho das partículas de rocha (grãos) que o forma. As fragmentações ocasionadas pelo desgaste das rochas dão origem a três partículas que são classificadas de acordo com seu tamanho: areia, silte e argila.

Tabela 1. Classificação das partículas de solo de acordo com o tamanho

Grão	Tamanho (mm)
Areia	0,05 a 2
Silte	0,005 a 0,05
Argila	Até 0,005

Fonte: HIRANAKA, R. A. B.; HORTENCIO, T. M. de A. Inspire Ciências. 1. ed. São Paulo: FTD, 2018.

A proporção entre esses componentes afeta diversas características do solo, inclusive a fertilidade. Com base na proporção desses grãos, o solo pode ser classificado como **arenoso** ou **argiloso**.

Você já percebeu que poucas plantas conseguem crescer na areia? Solos com maior proporção de grãos de areia são chamados de **solos arenosos**. Esses tipos de solos secam com bastante facilidade, pois são muito permeáveis: como os grãos são maiores, há grande espaços entre eles e a água os atravessa com facilidade. Dessa forma, os nutrientes para as plantas, como sais minerais e matéria orgânica, são carregados pela água e, por isso, geralmente são pobres em nutrientes. Além disso, eles apresentam pouca coesão, isto é, os grãos de areia se separam facilmente uns dos outros.

Figura 14. Solo arenoso



Fonte: www.canva.com

Os **solos argilosos** são aqueles em que predominam as partículas de argila. Eles apresentam características opostas ao solo arenoso: são pouco permeáveis e apresentam alta coesão. Como a argila é formada por grãos bastante pequenos, eles apresentam uma maior agregação (estão mais juntos), isso faz com que ocorra uma maior retenção de água e nutrientes, tornando esse solo mais fértil para a agricultura. Quando esse tipo de solo está seco, a ação do vento levanta uma poeira bem fina. Quando molhados, forma-se um barro mole. Como a permeabilidade é baixa, a água pode demorar a ser absorvida e fica empoçada. A argila, quando misturada com a água, forma uma pasta, popularmente, conhecida como barro, que pode ser moldada e, em seguida, aquecida em fornos, formando a cerâmica. Além disso, pode ser utilizada na produção de pisos, louças, porcelanas, cimento, telhas, tijolos e muitos outros.

Figura 15. Solo argiloso



Fonte: www.canva.com

Os solos também podem ser classificados como humíferos (predominância de material orgânico). Os materiais orgânicos, ou matéria orgânica do solo, são organismos vivos (insetos, minhocas, bactérias, fungos e outros), substâncias em decomposição (animais mortos e resto de plantas) e dejetos animais, como as fezes. Esse conjunto de material orgânico forma o composto chamado **húmus**, que possui coloração escura e funciona como fertilizante natural para as plantas.

Figura 16. Húmus



Fonte: www.canva.com

FÓSSEIS

Fósseis são os restos ou vestígios de seres vivos que foram preservados por processos naturais e são encontrados soterrados. Existem fósseis de organismos inteiros ou partes deles, podendo ser ossos, conchas, folhas, entre outros. Os fósseis podem ter desde tamanhos muito grandes (como os ossos de dinossauros) até muito pequenos.

Figura 17. Fóssil de dinossauro



Fonte: www.canva.com

É importante ressaltar que o processo de formação de fósseis, a fossilização, é rara. A maior parte dos organismos se decompõe rapidamente após a morte. As partes duras, como ossos e conchas, são mais facilmente preservados, uma vez que as partes mais moles do organismo apodrecem mais facilmente.

A formação de fósseis depende de alguns fatores. O aspecto mais importante é que os restos ou vestígios dos organismos devem ser enterrados o mais rápido possível. Quanto maior a exposição, maior será a probabilidade de serem destruídos por microrganismos decompositores ou por fatores químicos e físicos. Após enterrados, os minerais começam a preencher as lacunas dos restos mortais do organismo ou até mesmo substituí-los, basicamente, transformando-os em pedra.

Por meio dos fósseis, muitos organismos que já viveram na Terra podem ser conhecidos e estudados. Podemos aprender sobre como os animais e as plantas viviam e se comportavam há milhões de anos (LOPES; AUDINO, 2018).

DATAÇÃO FÓSSIL

Como vimos, o estudo dos fósseis nos permite conhecer os organismos que viveram no passado. Um aspecto importante é a idade do fóssil, que permite aos cientistas juntar “peças” para a compreensão da história evolutiva. Para estabelecer a idade de um fóssil, os pesquisadores baseiam-se no **decaimento radioativo** natural de certos elementos, por exemplo, o carbono.

Anteriormente, vimos que os elementos químicos são átomos que contêm prótons e nêutrons localizados no núcleo e elétrons que orbitam ao redor do núcleo. Em um mesmo tipo de elemento, o número de prótons é constante, enquanto o número de nêutrons e

elétrons pode variar. Átomos do mesmo elemento, mas com número diferente de nêutrons, são chamados de **isótopos**. Cada isótopo é identificado por sua **massa atômica**, que é o número de prótons mais nêutrons. Por exemplo, o elemento carbono tem seis prótons, mas pode ter seis, sete ou oito nêutrons. Assim, o carbono tem três isótopos: carbono 12 (^{12}C), carbono 13 (^{13}C) e carbono 14 (^{14}C).

Embora a maioria dos isótopos sejam estáveis, alguns isótopos, como o carbono 14 (^{14}C), têm um núcleo instável e são **radioativos**. Isso significa que, devido à instabilidade, o isótopo mudará seu número de prótons, nêutrons ou ambos. Essa mudança é chamada de **decaimento radioativo**. Por exemplo, ^{14}C que é instável se transforma em nitrogênio estável (^{14}N). A abundância do isótopo radioativo em uma amostra pode ser usada para determinar a sua idade.

Cada tipo de isótopo tem uma velocidade de decaimento radioativo específica. A quantidade de tempo que leva para metade do isótopo decair é chamada de meia-vida. Se a **meia-vida** de um isótopo é conhecida, a sua abundância pode ser medida e a quantidade de tempo decorrido pode ser calculada.

Por exemplo, a meia-vida do ^{14}C , ou seja, o tempo para que metade da quantidade de ^{14}C se transforme em ^{14}N , é de 5.730 anos. Se a quantidade de ^{14}C e ^{14}N em um osso for igual, uma meia vida se passou e o osso tem 5.730 anos. Se houver 25% de ^{14}C em relação ao ^{14}N , significa que duas meias-vidas se passaram e a amostra tem 11.460 anos (PEPPE; DEINO, 2013).

COMBUSTÍVEIS FÓSSEIS

Plantas e outros organismos em decomposição, enterrados sob sedimentos e rochas, após milhares de anos, tornaram-se depósitos ricos em carbono, que hoje chamamos de combustíveis fósseis. Eles

são, atualmente, a principal fonte de energia do mundo. São combustíveis, pois são utilizados para fornecerem energia por meio da reação de combustão (queima). No entanto, combustíveis fósseis são recursos finitos, ou seja, irão acabar. Além disso, podem causar danos irreparáveis ao meio ambiente. Os gases liberados na combustão desses combustíveis contribuem para o efeito estufa e podem causar mudanças climáticas. Alguns exemplos de combustíveis fósseis são o carvão mineral, o gás natural e o petróleo.

Carvão mineral: Primeiramente, é importante destacar que o carvão mineral não deve ser confundido com o carvão que se usa para fazer churrasco, pois o carvão para churrasco é chamado de carvão vegetal e é obtido da combustão (queima) da madeira. Apesar do termo “mineral”, o carvão não é um mineral, pois foi formado a partir de matéria orgânica de plantas que foram soterradas há milhões de anos. O carvão fornece cerca de um terço de toda a energia em todo o mundo. É usado, principalmente, em usinas termelétricas e na siderurgia.

Figura 18. Carvão mineral



Fonte: www.canva.com

A combustão do carvão libera poluentes atmosféricos, como dióxido de enxofre (SO_2) e óxido de nitrogênio (NO), que induz à chuva ácida. Para a obtenção do carvão mineral, é necessária a extração através da mineração, que também pode ser prejudicial ao meio ambiente, podendo resultar na destruição da camada superficial do solo e a vegetação local.

Gás natural: É um gás inodoro composto principalmente por metano (CH_4). O gás natural geralmente fica em depósitos que, como os do carvão, se formaram há milhões de anos a partir de matéria vegetal e organismos em decomposição. O gás natural é principalmente usado para produzir calor ou eletricidade. O gás metano (CH_4), presente na composição do gás natural, também pode ser gerado de lixos urbanos em aterros sanitários e esterco da produção animal. O metano é um gás de efeito estufa cerca de 20 (vinte) vezes mais potente que o dióxido de carbono (CO_2)

Petróleo: O petróleo bruto é um líquido escuro, composto principalmente de carbono e hidrogênio (hidrocarbonetos). Foi formado por um lento processo de transformação de restos de seres vivos – como plânctons, algas e outras matérias orgânicas que afundaram no fundo dos antigos mares e foram enterrados – ao longo de milhares de anos. As reservas de petróleo estão localizadas em regiões da crosta terrestre em que as rochas porosas permitem a infiltração e o acúmulo desse líquido, podendo ser em regiões oceânicas e também continentais.

O petróleo é a principal fonte mundial de combustível para transporte. A combustão do petróleo é responsável por cerca de um terço das emissões de gases poluentes do mundo. Além disso, a perfuração de poços e o transporte do petróleo podem causar acidentes graves, como vazamentos no mar que provocam a morte de peixes e de outras vidas aquáticas (NUNEZ, 2019).

PROCESSOS DE SEPARAÇÃO DE MISTURAS

O petróleo é uma mistura de vários hidrocarbonetos (substâncias que apresentam carbono e hidrogênio em suas estruturas), que incluem *óleo diesel*, gasolina, querosene e gás de cozinha. Além disso, a demanda por petróleo cresce a cada dia, impulsionada não apenas pelos combustíveis, mas por muitos outros produtos como plásticos, pesticidas, fertilizantes e produtos farmacêuticos. Os componentes do petróleo são separados por **processos de separação de misturas**.

Antes de ser transportado para uma refinaria, o petróleo bruto extraído dos depósitos é processado para separá-lo da água, do sal e de componentes “grosseiros” indesejáveis como areia, pedras ou folhas. Para isso, existem vários métodos de separação que podem ser usados.

As substâncias sólidas como areia, pedras e folhas podem ser separadas dos líquidos (petróleo e água) pela **filtração**. Essa técnica consiste no uso de uma superfície porosa denominada filtro. Ao passar a mistura pelo filtro, os componentes sólidos ficam retidos e a parte líquida atravessa. O sal, como é solúvel em água, não é retido pelo filtro.

A **decantação** é um processo que pode ser usado para separar sólidos ou líquidos imiscíveis entre si, como o petróleo e a água. Esse processo é baseado na diferença de densidade. Durante o processo de decantação, a substância mais densa (pesada) irá ocupar a parte inferior do recipiente e a menos densa, a parte superior, formando duas ou mais fases. Por exemplo, o petróleo é menos denso que a água e ficará na parte superior. Após divididas as fases, as substâncias podem ser separadas por sucção ou com funil de separação. Nas indústrias, são utilizados tanques de decantação.

Para separar o sal solubilizado em água, pode ser empregada a **destilação simples**. A solução é aquecida e a água entra em ebulição, mas o sal não. O vapor de água passa pelo condensador, em que é resfriado por água corrente. Em contato com as paredes frias do condensador, o vapor é transformado novamente em líquido e recolhido.

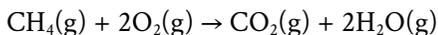
Ao chegar nas refinarias, o petróleo bruto é processado para criar seus derivados. Esses constituintes do petróleo podem ser separados por meio da **destilação fracionada**. Basicamente, a destilação fracionada é um processo de separação para mistura de líquidos que apresentam temperaturas de ebulição diferentes. O petróleo bruto é colocado em uma coluna de destilação e aquecido. Os componentes mais voláteis atravessam a coluna de fracionamento e se condensam (voltam ao estado líquido) ao passar pelo condensador, sendo recolhidos separadamente.

REAÇÕES DE COMBUSTÃO

Agora sabemos que a combustão (queima) de combustíveis fósseis causa danos ao meio ambiente devido à liberação de gases de efeito estufa. Mas como ocorre essa reação?

Uma **reação química** é uma transformação. As substâncias que participam de reação química e serão transformadas são chamadas de **reagentes** e as substâncias produzidas no final da reação são chamadas de **produtos**. Podemos representar uma reação química por meio de uma **equação química** em forma de fórmulas e símbolos. Em uma equação química, uma seta é desenhada entre os reagentes e produtos para indicar a direção da reação, embora nem sempre a reação ocorra apenas em um sentido (veremos melhor esse aspecto ao estudarmos o processo de síntese da amônia).

Por exemplo, a reação de combustão do metano (CH₄) pode ser descrita como:



As substâncias do lado esquerdo da seta são as espécies iniciais que irão reagir e, por isso, são chamadas de reagentes (CH₄(g) + 2O₂(g)), e as do lado direito são as substâncias finais que, após formadas, são denominadas de produtos (CO₂(g) + 2H₂O(g)).

O índice indica a quantidade de átomos de cada elemento químico em uma molécula da substância e faz parte da fórmula molecular, que é a representação de uma molécula da substância. Ele é escrito de forma menor no lado direito do elemento em questão. Assim, a molécula de metano (CH₄) é formada por 1 (um) átomo de carbono (C) e 4 (quatro) átomos de Hidrogênio (H).

Os números que acompanham as moléculas (como o 2 próximo ao O₂ e H₂O) são chamados de **coeficientes**, eles devem ser incluídos para tornar a equação **balanceada**, o que significa que o número de átomos de cada elemento é o mesmo dos dois lados da equação. As equações devem ser balanceadas devido à **lei da conservação da massa** que diz que a soma das massas dos reagentes é igual à soma das massas dos produtos.

As equações químicas, além de mostrarem as fórmulas das substâncias, podem nos fornecer outras informações importantes, por exemplo, o **estado físico das substâncias**. Os estados físicos das substâncias são declarados entre parênteses após a sua fórmula química: sólido (s), líquido (l), gasoso (g) e aquoso (aq). No exemplo apresentado, todas as substâncias participantes da reação estão no estado gasoso (g).

Nas **reações de combustão**, uma substância reage com o oxi-

gênio do ar. O gás oxigênio alimenta todas as reações de combustão e, por isso, é denominado de **comburente**. A substância que reage com o gás oxigênio é chamada de **combustível**. Os produtos das reações de combustão são compostos de oxigênio chamados **óxidos**. Esse tipo de reação produz luz e calor em forma de chama.

Na reação apresentada, o metano é o combustível que irá reagir com o oxigênio (comburente). Como o metano é composto de átomos de carbono e hidrogênio, os produtos de sua reação de combustão são óxidos e de carbono e hidrogênio. Os nomes desses óxidos são dióxido de carbono (CO_2) e água (H_2O).

Alguns outros exemplos de reações de combustão que são muito comuns no cotidiano são a queima do gás de cozinha, a queima de combustíveis para o funcionamento de automóveis, a queima dos palitos de fósforo e a explosão de fogos de artifício.

PARA SABER MAIS: ENERGIA RENOVÁVEL

Os combustíveis fósseis como petróleo, carvão mineral e gás natural, levaram milhões de anos para serem formados. A cada dia, a demanda pelo uso desses combustíveis aumenta e, como foi observado anteriormente, eles são recursos limitados e correm risco de acabar. Além disso, a queima desses combustíveis para a geração de energia ocasiona impactos ambientais, devido à liberação de gases de efeito estufa para a atmosfera.

Por esses motivos, a implementação de energias renováveis é necessária. Essas energias recebem o adjetivo renovável por serem consideradas inesgotáveis, ou seja, podem ser repostas à medida que são consumidas, possibilitando seu uso permanente. No entanto, se acaso a velocidade de consumo for maior que a de reposição, esses recursos também podem se esgotar (VICHÍ; MANSOR, 2009).

Energias como a solar e a eólica apresentam uma energia limpa e com menores impactos ambientais, pois não emitem gases poluentes. Mas atenção! “Renovável” não significa necessariamente sustentável, por exemplo, a produção de etanol e a construção de hidrelétricas também geram impactos ambientais, como veremos adiante.

Energia hidrelétrica: A energia hidrelétrica é a maior fonte mundial de energia renovável. No Brasil, aproximadamente 90% da energia elétrica é fornecida pelas usinas hidrelétricas. Para a construção dessas usinas, os rios são represados por barragens, formando quedas d’água. A força da água ao cair faz girar turbinas que geram eletricidade.

Embora a energia hidrelétrica seja teoricamente uma fonte de energia limpa – por não liberar gases poluentes – e renovável – por ser reabastecida pela chuva, ela apresenta algumas desvantagens. As usinas hidrelétricas (especialmente as maiores) podem afetar os ecossistemas fluviais, causando a extinção de espécies. Além disso, a construção de grandes represas provoca alterações nos ambientes naturais e nas cidades, prejudicando população local.

Figura 19. Usina hidrelétrica



Fonte: www.canva.com

Energia eólica: O aproveitamento da energia do vento é uma prática antiga e está se espalhando por todo o mundo. Atualmente, a energia mecânica provocada pela força do vento é convertida em energia elétrica por meio de turbinas eólicas. Esse tipo de fonte de energia é renovável e sustentável, tem um impacto muito menor no meio ambiente em comparação à queima de combustíveis fósseis. No Brasil, os melhores locais para a instalação de parques eólicos são as regiões litorâneas, em que a velocidade do vento é mais alta. A energia eólica não é, portanto, produtiva em locais de pouco vento.

Figura 20. Parque eólico



Fonte: www.canva.com

Todavia, os custos de construção e manutenção de parques eólicos são significativamente mais elevados que outros meios de fornecimento de energia. O giro das hélices das turbinas provoca ruídos, um dos motivos pelos quais as instalações devem ser feitas distantes da cidade. Além disso, os “cataventos” podem impactar a vida de pássaros que, ao sobrevoarem regiões de parques eólicos, podem ser atingidos pelas hélices das turbinas.

Energia solar: é a tecnologia usada para aproveitar a energia do sol e torná-la utilizável, transformando-a em energia elétrica ou ener-

gia térmica. A energia é captada por painéis solares (células fotovoltaicas). As células são placas metálicas feitas de materiais semicondutores – como os encontrados em chip de computador. Quando a luz atinge as células, libera os elétrons de seus átomos, gerando corrente elétrica e, portanto, eletricidade.

Figura 21. Painéis solares



Fonte: www.canva.com

A energia solar é elogiada por ser uma fonte de energia inesgotável, não poluente e sem ruídos. É ideal para locais com muita incidência solar. Entretanto, a energia solar não funciona a noite e o tempo nublado pode tornar a tecnologia não confiável durante o dia. A instalação de tecnologias solares necessita de um investimento inicial alto, mas com a economia gerada, o valor pode ser recompensado entre cinco e dez anos.

Energia de biomassa: Os materiais de biomassa mais comuns usados para energia são plantas, como a cana-de-açúcar e o milho, lenha ou resíduos de madeira e matéria orgânica do lixo. A biomassa pode ser queimada para que o calor (energia térmica) seja convertido em energia elétrica ou em biocombustível.

O etanol é feito por fermentação de biomassa rica em carboi-

dratos, como cana-de-açúcar, milho ou trigo. É considerado uma fonte de energia renovável pois, à medida que é consumido, pode ser replantado. No entanto, grandes áreas que poderiam ser utilizadas para produção de alimentos perdem lugar para o plantio de matéria-prima para combustíveis.

Figura 22. Plantação de cana de açúcar



Fonte: www.canva.com

Cientistas vêm explorando outros materiais que têm o potencial de servir como biocombustível sem as preocupações associadas com o suprimento de alimentos e o impacto ambiental. O etanol de segunda geração (etanol celulósico) pode ser obtido por meio de material vegetal que seria descartado, por exemplo, a palha e o bagaço da cana-de-açúcar, palha de milho, resíduos de madeira, entre outros.

O *biodiesel* é produzido a partir de gordura animal ou óleo vegetal, é usado, principalmente, como combustível para grandes veículos, como ônibus, tratores e caminhões, podendo substituir óleo *diesel* obtido do petróleo. As principais vantagens é que não são tóxicos e nem corrosivos, aumentam a vida útil dos motores e apresentam facilidade de armazenamento e transporte. As principais desvantagens são o elevado custo dos insumos, que faz com a que produção seja mais cara que o *diesel* comum e, por isso, existem poucos postos de abastecimento que oferecem essa opção.

Portanto, a principal vantagem dos biocombustíveis, é o fato de serem recursos renováveis e podem substituir o uso de combustíveis fósseis. O problema é que a energia da biomassa também contribui para a poluição do ar. A combustão dos biocombustíveis, assim como dos combustíveis fósseis, libera gases poluentes para a atmosfera, contribuindo para o efeito estufa e, conseqüentemente, o aquecimento global.

Energia nuclear: é a energia armazenada no núcleo de um átomo. No processo de fissão nuclear, os átomos são divididos e é liberada energia que pode ser convertida em eletricidade.

O urânio é o elemento químico radioativo mais usado para produzir energia nuclear. Isso ocorre porque os átomos de urânio se dividem com relativa facilidade. O urânio também é um elemento muito comum, encontrado em rochas de todo o mundo. Além da utilização em usinas nucleares, o urânio também pode ser usado para gerar bombas atômicas.

As usinas nucleares possuem reatores, que são máquinas que podem controlar a fissão (divisão) nuclear para a produção de eletricidade. Nos reatores, esses átomos são forçados a se dividirem, e a energia liberada dessa reação faz com que outros átomos também se dividam, iniciando uma reação em cadeia. A energia liberada dessa reação em cadeia gera calor, que é usado para aquecer, geralmente, a água. O vapor d'água gira turbinas que geram eletricidade.

A construção de reatores nucleares requer um alto nível de tecnologia, por isso a maioria das usinas nucleares está localizada em países desenvolvidos. No Brasil, a primeira usina nuclear foi construída no Município de Angra dos Reis, no estado do Rio de Janeiro.

As usinas nucleares produzem energia limpa e renovável. Não poluem o ar e nem liberam gases de efeito estufa. Elas podem ser

construídas em áreas urbanas ou rurais e não alteram radicalmente o ambiente ao seu redor. Entretanto, as usinas nucleares trazem o risco de acidente nuclear, que se caso ocorra, pode ter consequências muito graves. A boa notícia é que, quando bem construída e mantida sob constante supervisão, o risco é pequeno.

Figura 23. Usina nuclear



Fonte: www.canva.com

O subproduto da energia nuclear é material radioativo. Isso significa que são átomos instáveis. Esses átomos podem afetar organismos e o meio ambiente ao seu redor. Eles podem ser extremamente tóxicos, causar queimaduras e decomposição óssea. Além disso, depois de um certo tempo, o contato com a radiação pode causar doenças graves como câncer ou gerar filhos com problemas sérios.

O lixo radioativo é duradouro, a radioatividade pode permanecer em roupas e ferramentas por centenas de anos. A solução de descarte para esse tipo de lixo é colocá-los em recipientes e cimentos e/ou metálico (como chumbo e aço) e enterrá-los em minas profundas. Entretanto, alguns cientistas não consideram essa solução completamente segura.

A energia nuclear também pode ser produzida por meio da fusão ou junção de átomos. O sol, por exemplo, está constantemente passan-

do por fusão nuclear à medida que os átomos de hidrogênio se fundem para formar o hélio. Como toda a vida em nosso planeta depende do sol, podemos dizer que a fusão nuclear torna possível a vida na Terra.

O CICLO DA ÁGUA

As águas vindas de lençóis freáticos são a fonte mais importante de abastecimento de água em muitas regiões. A água é comprimida nas pequenas lacunas entre o solo e as rochas, até chegar às camadas de rochas impermeáveis, o corpo de água formada no subsolo é chamado de aquífero. Mas como essa água vai parar no solo?

Todo esse processo faz parte do ciclo da água. Quando chove, parte da água consegue viajar através da superfície subterrânea até chegar ao lençol freático e se tornar parte de um aquífero. Para termos acesso a essa água, devemos criar um poço cuja perfuração alcance o aquífero, os poços artesianos. As águas de lençóis freáticos também podem ser descarregadas naturalmente em nascentes.

Os aquíferos filtram naturalmente as águas subterrâneas, forçando-as a passar por pequenos poros e sedimentos, o que ajuda a remover as substâncias da água. Entretanto, esse processo pode não ser suficiente para remover todos os contaminantes.

A água dos lençóis freáticos pode ser contaminada quando uma quantidade excessiva de agrotóxicos é pulverizada em áreas agrícolas. Além disso, a água subterrânea pode se esgotar se a usarmos em uma taxa mais rápida do que ela possa se reabastecer. O esgotamento dos aquíferos aumentou principalmente devido à expansão da irrigação agrícola.

As plantações precisam da água para seu desenvolvimento, mas a chuva nem sempre é suficiente. Locais com chuvas escassas não po-

deriam sustentar a agricultura sem a irrigação. Por isso, alguns agricultores dependem da água armazenada no solo ou de canais que transportam a água de reservatórios (lagos ou rios, por exemplo) para os campos. Estima-se que a agricultura consome cerca de 70% da água doce disponível no mundo.

Figura 24. Sistema de irrigação



Fonte: www.canva.com

As plantações podem ser irrigadas por vários métodos: inundando um campo inteiro, canalizando a água entre fileiras de plantas, borrifando água por meio de grandes irrigadores ou deixando a água cair nas plantas através de buracos em canos. Esse último método é conhecido como irrigação por gotejamento, e é considerado um dos meios mais eficientes de irrigação, pois concentra a água na própria planta. Outros métodos podem desperdiçar água, permitindo que ela seja absorvida pelo solo onde não há plantas.

É importante lembrar que a água é fundamental para o bom desenvolvimento das plantas, mas seu excesso pode prejudicá-las, devido à falta de circulação de ar, e, conseqüentemente, de oxigênio no solo. Muitos microrganismos importantes para o desenvolvimento das plantas necessitam de oxigênio para seu metabolismo. Dessa forma, nos casos de excesso de água no solo, é necessária a remoção do excesso de água por tubos, valas, túneis ou canais de **drenagem**.

OS ELEMENTOS QUÍMICOS NO SOLO

O solo é um verdadeiro laboratório de química. Ele é composto por uma grande variedade de combinações de elementos químicos. Alguns são prejudiciais às plantas se estiverem presentes em uma quantidade muito alta – como alumínio e chumbo – enquanto outros, são usados pelas plantas em vários processos metabólicos para ajudá-las a crescer e a se reproduzir.

Como foi apresentado anteriormente, o solo é uma combinação de minerais e matéria orgânica. A maior parte do solo é composta de silicatos (combinação entre silício e oxigênio) e óxidos de metais. A Tabela abaixo apresenta a massa dos dez principais elementos químicos em 1 (um) kg de terra.

Figura 24. Sistema de irrigação

Elemento químico	Massa Média em 1 kg de terra
Oxigênio	460 g
Silício	270 g
Alumínio	82 g
Ferro	63 g
Cálcio	50 g
Potássio	29 g
Sódio	23 g
Magnésio	23 g
Titânio	6,5 g
Hidrogênio	1,5 g

Fonte: SANTOS, W. L. P. dos; MOL, G. de S. **Química Cidadã**. 2. ed. São Paulo: AJS, 2013.

Os vegetais são formados por vários elementos químicos e muitos deles são retirados do solo. É fundamental conhecer a disponibilidade no solo desses elementos essenciais para as plantas para se intervir de forma positiva em seu crescimento e desenvolvimento, e aumentar a qualidade e a produtividade das lavouras.

Os vegetais são formados por elementos não minerais: carbono (C), hidrogênio (H) e oxigênio (O), que são absorvidos, principalmente, através da fotossíntese, por meio do gás carbônico (CO₂) e água (H₂O). Esses elementos constituem cerca de 95% de todos os organismos vivos, tanto animal quanto vegetal, e são os principais constituintes de carboidratos, proteínas e lipídeos.

Além de elementos não minerais, os vegetais são formados por elementos minerais (macronutrientes e micronutrientes). Os macronutrientes – incluem o nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e enxofre (S) – são elementos químicos que as plantas precisam em grandes quantidades para desempenhar funções básicas como crescimento e reprodução.

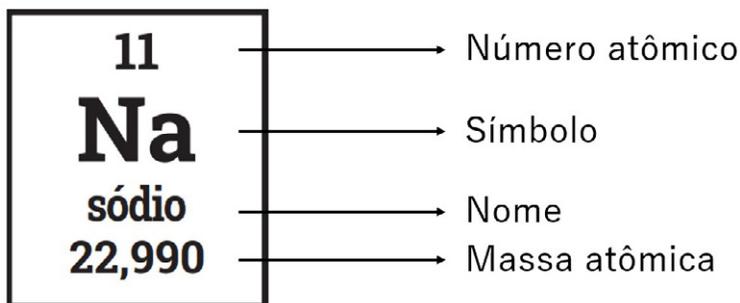
Os micronutrientes são absorvidos em quantidades muito menores do que os macronutrientes, mas ainda são vitais para o crescimento e o metabolismo das plantas. Os micronutrientes incluem boro (B), cobre (Cu), ferro (Fe), manganês (Mn), zinco (Zn) e outros (MOTTA; BARCELLOS, 2017).

TABELA PERIÓDICA

Agora que já conhecemos vários elementos químicos que estão presentes no solo, como os metais e nutrientes, é um momento oportuno para entendermos como esses elementos são organizados na **Tabela Periódica**.

Na Tabela Periódica, cada elemento é representado por um símbolo. Esse símbolo pode ser uma letra maiúscula ou duas letras, sendo a primeira sempre maiúscula. Por exemplo, o símbolo do carbono é C e o símbolo do sódio é Na. Cada “quadrado” da Tabela Periódica contém informações importantes sobre o elemento como número atômico, símbolo, nome e massa atômica.

Figura 25. Informações do sódio na Tabela Periódica



Fonte: www.canva.com

A partir do século XIX, muitos novos elementos químicos foram descobertos e, com isso, veio a necessidade de categorizá-los de acordo com suas características. Para isso, os elementos foram organizados em ordem crescente de número atômico, que é a quantidade de prótons que um elemento tem em seu núcleo. Como podemos ver na Tabela Periódica a seguir, o número atômico cresce da esquerda para direita.

Figura 26. Tabela Periódica

GRUPO		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
PERÍODO	1	1 H hidrogênio 1,008																	2 He hélio 4,0026	
	2	3 Li lítio 6,94	4 Be berílio 9,0122												5 B boro 10,81	6 C carbono 12,011	7 N nitrogênio 14,007	8 O oxigênio 15,999	9 F flúor 18,998	10 Ne neônio 20,180
	3	11 Na sódio 22,990	12 Mg magnésio 24,305												13 Al alumínio 26,982	14 Si silício 28,085	15 P fósforo 30,974	16 S enxofre 32,06	17 Cl cloro 35,45	18 Ar argônio 39,948
	4	19 K potássio 39,098	20 Ca cálcio 40,078(4)	21 Sc escândio 44,956	22 Ti titânio 47,867	23 V vanádio 50,942	24 Cr crom 51,996	25 Mn manganês 54,938	26 Fe ferro 55,845(2)	27 Co cobalto 58,933	28 Ni níquel 58,693	29 Cu cobre 63,546(3)	30 Zn zinco 65,38(2)	31 Ga gálio 69,723	32 Ge germânio 72,630(8)	33 As arsênio 74,922	34 Se selênio 78,971(8)	35 Br bromo 79,904	36 Kr criptônio 83,798(2)	
	5	37 Rb rubídio 85,468	38 Sr estrôncio 87,62	39 Y ítrio 88,906	40 Zr zircônio 91,224(2)	41 Nb nióbio 92,906	42 Mo molibdênio 95,95	43 Tc tecnécio [98]	44 Ru rutênio 101,07(2)	45 Rh ródio 102,91	46 Pd paládio 106,42	47 Ag prata 107,87	48 Cd cádmio 112,41	49 In índio 114,82	50 Sn estanho 118,71	51 Sb antimônio 121,76	52 Te telúrio 127,60(3)	53 I iodo 126,90	54 Xe xenônio 131,29	
	6	55 Cs césio 132,91	56 Ba bário 137,33	57 - 71 lanatânios	72 Hf hafnínio 178,49(2)	73 Ta tântalo 180,95	74 W tungstênio 183,84	75 Re rênio 186,21	76 Os osmio 190,23(3)	77 Ir íridio 192,22	78 Pt platina 195,08	79 Au ouro 196,97	80 Hg mercúrio 200,59	81 Tl talho 204,38	82 Pb chumbo 207,2	83 Bi bismuto 208,98	84 Po polônio [209]	85 At astato [210]	86 Rn radônio [222]	
	7	87 Fr frâncio [223]	88 Ra rádio [226]	89-103 actínios	104 Rf rutherfordio [261]	105 Db dubnio [268]	106 Sg seabórgio [269]	107 Bh bohrio [270]	108 Hs hássio [271]	109 Mt meitnério [278]	110 Ds dâmstádio [281]	111 Rg roentgênio [281]	112 Cn copernício [285]	113 Nh nihônio [286]	114 Fl fleróvio [289]	115 Mc moscóvio [289]	116 Lv livermório [293]	117 Ts tenessino [294]	118 Og oganesônio [294]	
	57 La lantânio 138,91	58 Ce cério 140,12	59 Pr praseodímio 140,91	60 Nd neodímio 144,24	61 Pm promécio [148]	62 Sm samário 150,36(2)	63 Eu europio 151,96	64 Gd gadolínio 157,25(3)	65 Tb térbio 158,93	66 Dy disprósio 162,50	67 Ho holmio 164,93	68 Er érbio 167,26	69 Tm tulio 168,93	70 Yb ítrbio 173,05	71 Lu lutécio 174,97					
	89 Ac actínio [227]	90 Th tório 232,04	91 Pa protactínio 231,04	92 U urânio 238,03	93 Np netúnio [237]	94 Pu plutônio [244]	95 Am américio [243]	96 Cm cúrio [247]	97 Bk berquélio [247]	98 Cf califórnio [251]	99 Es einstênio [252]	100 Fm fémio [257]	101 Md mendelévio [258]	102 No nobélio [259]	103 Lr laurêncio [262]					

Li — número atômico
 — símbolo químico
 — nome
 — peso atômico
 (ou número de massa do isótopo mais estável)

[8.938 - 6.991]

Fonte: <https://www.todamateria.com.br/tabela-periodica/>

A Tabela Periódica é formada por linhas horizontais (períodos) e verticais (grupos ou famílias). Os **períodos** correspondem ao número de camadas eletrônicas do elemento, que pode ser de 1 a 7. Por exemplo, o sódio (Na) está no terceiro período (terceira linha horizontal), isso indica que, ao redor do núcleo do sódio, existem três camadas de elétrons. Em um **grupo**, os elementos apresentam semelhanças físicas e químicas. Além disso, apresentam a mesma quantidade de elétrons na **camada de valência** que é a última camada eletrônica.

Há um total de 18 **grupos** na Tabela Periódica, alguns deles recebem nomes especiais, como mostra o Quadro abaixo.

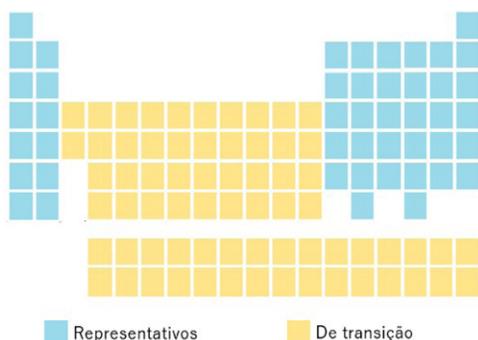
Quadro 2. Nomes dos grupos das Tabela Periódica

Grupo	Nome do grupo	Elementos do grupo
1	Metais alcalinos	Li, Na, K, Rb, Cs, Fr
2	Metais alcalinoterrosos	Be, Mg, Ca, Sr, Ba, Ra
16	Calcogênios	O, S, Se, Te, Po, Lv
17	Halogênios	F, Cl, Br, I, At
18	Gases nobres	He, Ne, Ar, Kr, Xe, Rn

Fonte: autoras

A Tabela Periódica é dividida em elementos representativos e elementos de transição. Os elementos dos grupos 1, 2 e do 13 ao 18 são classificados como **elementos representativos**, pois neles se observam claramente as semelhanças de suas propriedades. Os elementos centrais são chamados de **elementos de transição**. Eles, ao contrário dos elementos representativos, não apresentam clareza na periodicidade de suas propriedades. Os elementos químicos que ficam localizados abaixo do corpo da Tabela Periódica são chamados de elementos de transição interna.

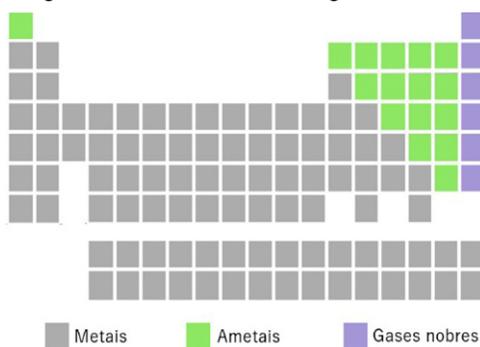
Figura 27. Elementos químicos representativos e de transição



Fonte: autoras

De acordo com suas propriedades, os elementos podem ser classificados como metais (tendência a doar elétrons), ametais (tendência em receber elétrons) e gases nobres (elementos não reativos).

Figura 28. Metais, ametais e gases nobres



Fonte: autoras

Embora o hidrogênio esteja localizado na mesma coluna dos metais alcalinos, ele não pertence a esse grupo. Ele não apresenta características metálicas. O que justifica a sua posição na Tabela Periódica é que, assim como os metais alcalinos, o hidrogênio também apresenta um elétron em sua camada de valência.

FERTILIDADE DO SOLO

Os elementos químicos necessários para o desenvolvimento das plantas estão presentes no solo. Os nutrientes são absorvidos pelos vegetais por suas raízes. As plantas, ao morrerem, entram em decomposição devolvendo-os ao solo. Dessa forma, ocorre o ciclo de nutrientes. No entanto, o plantio intensivo de safras, em virtude da colheita, rompe esse ciclo rapidamente e, com o passar do tempo, com a perda de nutrientes, o solo empobrece e se torna cada vez mais infértil.

Um solo fértil precisa dispor de profundidade suficiente para o crescimento das raízes, faixa de pH adequado para o cultivo das plantas, concentrações adequadas de nutrientes, micro-organismos que auxiliam no desenvolvimento da planta, proporção certa de argila, areia, além do húmus. Esses aspectos do solo podem ser determinados por meio de análises químicas desenvolvidas em laboratório e, caso não estejam com valores adequados para o aumento da produtividade, será necessária a correção do solo pela adubação.

No Brasil, instituições de ensino, como universidades e institutos de pesquisa, como a Embrapa, desenvolvem estudos para o aumento da produtividade agrícola. Através dessas pesquisas e do desenvolvimento de técnicas eficazes, solos que eram considerados pobres para agricultura, por exemplo, os do cerrado (predominante na região Centro-Oeste), hoje são líderes em produção.

Os fertilizantes são compostos que suplementam o solo com nutrientes necessários para o desenvolvimento das plantas. É importante lembrar, no entanto, que cada planta cresce melhor em um determinado tipo de solo e precisa de diferentes proporções de nutrientes. O processo de adubação pode ser feito por fertilizantes inorgânicos (sintéticos) ou fertilizantes orgânicos (origem natural) (FROTA; VASCONCELOS, 2019).

Fertilizantes inorgânicos: também conhecidos como fertilizantes químicos ou sintéticos, os fertilizantes inorgânicos são fabricados artificialmente em indústrias. Eles contêm os nutrientes necessários às plantas em proporções previamente determinadas, permitindo a realização de cálculos precisos para a adubação com a quantidade ideal de cada nutriente necessário para a suplementação do solo. Nos fertilizantes inorgânicos, os nutrientes são disponibilizados na forma de íons, que facilitam o processo de absorção pelas raízes, dessa forma, fornecem nutrição praticamente imediata à planta. O tipo de fertilizante mais comum é conhecido por NPK, pois concentra-se em três macronutrientes principais: nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K).

Figura 29. Fertilizante inorgânico



Fonte: www.canva.com

A adubação com fertilizantes inorgânicos deve ser matematicamente calculada, pois aplicações excessivas podem acumular concentrações de sal tóxico no solo, que podem causar desequilíbrios químicos e prejudicar o meio ambiente. Além disso, esses fertilizantes estão sujeitos à lixiviação – um processo que ocorre quando são levados pela chuva – podendo causar desequilíbrio em ambientes aquáticos.

Fertilizantes orgânicos: são compostos apenas de produtos ou subprodutos que ocorrem naturalmente, ou seja, matéria animal ou vegetal, como esterco de animais e restos de plantas (folhas, galhos etc.). Esse tipo de fertilizante aumenta a flora bacteriana e a microfauna do solo, que são essenciais para a formação do húmus. Os fertilizantes orgânicos continuam a melhorar o solo, mesmo após as plantas terem ingerido os nutrientes de que precisam. Quanto mais tempo o solo é alimentado com fertilizantes orgânicos, melhor é a sua composição e textura.

Figura 30. Esterco



Fonte: www.canva.com

A desvantagem dos fertilizantes orgânicos é que eles dependem dos microrganismos do solo para quebrar a matéria orgânica, de modo que os nutrientes são liberados mais lentamente do que os fertilizantes inorgânicos. Além disso, fertilizantes orgânicos muitas vezes custam significativamente mais do que os inorgânicos.

Qual o melhor tipo de adubo?

Para os ambientalistas, a adubação orgânica é a melhor alternativa, pois traz menos riscos ao meio ambiente. Adubos orgânicos são naturais, pois os nutrientes que possuem são estritamente com-

postos de matéria animal ou vegetal, apresentando pouco risco de uma overdose tóxica de produtos químicos no solo. Assim, eles possibilitam o desenvolvimento de alimentos mais saudáveis e seguros para o consumo.

Em contrapartida, há quem defenda a adubação química. O principal argumento é que a adubação orgânica só é viável a pequenas lavouras, já a adubação química favorece a produção em larga escala. Como a produtividade é aumentada, o preço do produto final diminui, ou seja, mais alimentos são produzidos por um custo mais baixo, que significa alimento na mesa de mais pessoas. Além disso, a adubação orgânica não é isenta de riscos, por exemplo, as fezes animais utilizadas como esterco podem estar contaminadas por agentes infecciosos.

Uma alternativa seria a combinação equilibrada dos métodos na tentativa de se minimizarem os efeitos negativos de cada um deles. O uso de fertilizantes deve sempre ser feito de acordo com recomendações de agrônomos ou de outros profissionais que tenham conhecimento sobre as propriedades do solo (MOREIRA; SENE, 2016).

CICLO DO NITROGÊNIO

O nitrogênio (N) é o elemento mais abundante em nossa atmosfera: ele compõe aproximadamente 78% do ar atmosférico. É importante para todos os seres vivos, incluindo nós! Além do ar que respiramos, ele é encontrado no solo e nas plantas, é componente de aminoácidos, proteínas e de nosso material genético (DNA e RNA), ou seja, é crucial para a vida. Embora a atmosfera da Terra contenha um enorme reservatório de gás nitrogênio (N_2), esse nitrogênio está “indisponível” aos animais e às plantas. Os animais conseguem assimilar (utilizar) o nitrogênio na forma de compostos orgânicos,

como aminoácidos e proteínas. Já, as plantas utilizam o nitrogênio nas formas dos íons nitrato (NO_3^-) e amônio (NH_4^+) (LOPES; ROSO, 2016).

O ciclo do nitrogênio gira em torno de importantes microrganismos presentes na terra: as bactérias. Ao contrário do que muitos pensam, nem todas as bactérias são ruins, algumas delas, por exemplo, estão em seu estômago para ajudá-lo a digerir alimentos. E, no ciclo do nitrogênio, em especial, alguns tipos de bactérias convertem o nitrogênio atmosférico (N_2) em formas que ele possa ser absorvido pelas plantas e, posteriormente, consumidos pelos animais (CHAGAS, 2007). As etapas do ciclo do nitrogênio são chamadas de fixação, amonificação, nitrificação e desnitrificação.

Fixação: Para ser utilizado pelas plantas, o nitrogênio atmosférico (N_2) deve ser transformado por um processo chamado fixação de nitrogênio. A fixação converte o nitrogênio da atmosfera em formas que as plantas podem absorver por meio de suas raízes. Esse processo pode ser físico (por meio de relâmpagos), biológico (por meio de bactérias e cianobactérias) ou químico (veremos no próximo capítulo).

No processo biológico, a fixação do nitrogênio ocorre naturalmente no solo. Um pequeno grupo de bactérias e cianobactérias são capazes de converter o nitrogênio atmosférico (N_2) em amônia (NH_3) ou íon amônio (NH_4^+), usando a enzima nitrogenase, quebrando as ligações entre os nitrogênios e combinando-os com hidrogênio.

Nitrificação: É um processo que ocorre em duas etapas para converter $\text{NH}_3/\text{NH}_4^+$ em nitrato (NO_3^-). Primeiro, as bactérias do solo *nitrossomonoas* convertem $\text{NH}_3/\text{NH}_4^+$ em nitrito NO_2^- , e, então, outra bactéria do solo, *nitrobacter*, oxida NO_2^- em nitrato (NO_3^-), que pode ser assimilado (absorvido) pelas raízes das plantas. Depois de absorvi-

do, o nitrogênio é usado para formar ácidos nucleicos, proteínas vegetais e clorofila da planta. Os animais são, então, capazes de utilizar o nitrogênio dos tecidos vegetais.

Amonificação: Quando os seres vivos, como uma planta ou um animal, morrem ou fazem excreção (fezes, urina, suor, etc.), microrganismos decompositores como fungos e bactérias transformam o nitrogênio de seus tecidos ou excreções em amônia. Isso é feito para que o nitrogênio possa entrar em seu ciclo novamente. A amônia produzida por esse processo fica disponível para a nitrificação e, posteriormente, para a assimilação pelas plantas.

Desnitrificação: Embora a maior parte do nitrogênio seja fornecido para os seres vivos através das plantas, parte dele deixado no solo pode voltar para o ar. A desnitrificação é a redução de NO_3^- a N_2 gasoso por bactérias desnitrificantes, que são anaeróbias. Esse processo ocorre apenas onde há pouco ou nenhum oxigênio como no fundo do solo, próximo ao lençol freático.

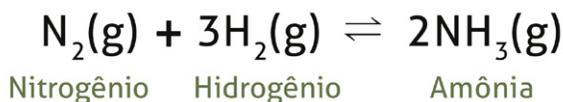
PROCESSO DE SÍNTESE DA AMÔNIA

O nitrogênio é o macronutriente mais exigido pelas plantas. Sem fertilizantes à base de nitrogênio, os cientistas estimam que perderíamos até um terço das safras. O crescimento necessário das plantas está diretamente relacionado à disponibilidade de nitrogênio no solo. Quando as plantas não recebem nitrogênio suficiente, elas são incapazes de produzir aminoácidos (substâncias que contêm nitrogênio). Sem aminoácidos, as plantas não podem produzir as proteínas que as células vegetais precisam para crescer. As plantas que não têm nitrogênio suficiente tornam-se amareladas e podem ter flores e frutos menores.

O nitrogênio do solo é absorvido pelas lavouras e sua disponibilidade diminui a cada colheita. Esse nitrogênio deve ser repostado a fim de restaurar a fertilidade do solo para obter bons rendimentos ano após ano. Como vimos no capítulo anterior, o nitrogênio (N_2) é um gás abundante na atmosfera, no entanto, as plantas e os animais não conseguem absorvê-lo dessa forma. Por isso, em meados do século XIX, alguns cientistas começaram a estudar as possibilidades para produção de fertilizantes artificiais que suprissem a carência dos solos, transformando o N_2 em substâncias assimiláveis para plantas.

Em 1909, o químico alemão Fritz Haber desenvolveu um processo para a fixação do N_2 do ar, sintetizando a amônia por meio da reação entre os gases hidrogênio (H_2) e nitrogênio (N_2). Mais tarde, o estadunidense Carl Bosch levou esse processo à escala industrial. Em homenagem aos dois cientistas, esse processo é chamado de **síntese de Haber-Bosch** e rendeu a eles o Prêmio Nobel de Química (Haber em 1918 e Bosch em 1931).

A seguir, temos a reação da síntese da amônia:



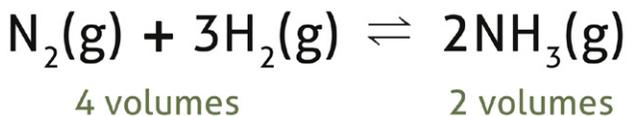
Essa reação é muito lenta em condições normais de temperatura e pressão. Além disso, o rendimento é muito baixo. Dessa forma, para produzir NH_3 em escala industrial são necessários mecanismos para aumentarem o rendimento e a velocidade da reação.

A seta dupla (\rightleftharpoons) indica que a reação ocorre nos dois sentidos, ou seja, é **reversível**. Ao mesmo tempo em que N_2 e H_2 estão reagindo para formar NH_3 (sentido direto), o NH_3 também está formando N_2 e H_2 (sentido inverso). Quando a velocidade da reação é igual nos dois sentidos, dizemos que ela alcançou um **equilíbrio químico**.

Existem alguns fatores que influenciam o equilíbrio de uma reação: concentração, pressão, temperatura e catalizador. Conhecendo esses fatores, Fritz Haber conseguiu um alto rendimento na reação de síntese da amônia.

Efeito da concentração: O aumento da concentração de uma substância (reagente ou produto) em uma reação de equilíbrio, favorece o consumo dessa substância. Diminuindo a concentração de uma substância, o equilíbrio desloca no sentido de sua formação. Por exemplo, a produção de amônia é favorecida quando aumenta a concentração de N_2 e H_2 (reagentes), e quando NH_3 é formado, ele é retirado do sistema assim que é produzido. O processo Haber-Bosch consiste em introduzir a mistura dos reagentes em um reator. Em seguida, a mistura é transferida para um condensador, que liquefaz a amônia, que é retirada do sistema.

Efeito da pressão: O aumento da pressão favorece o sentido de menor volume, e a diminuição da pressão favorece o sentido de maior volume. Por exemplo, na reação de síntese da amônia, temos quatro mols nos reagentes e dois mols de produtos, ou seja, para cada quatro moléculas de reagentes consumidas, uma de N_2 e três de H_2 são produzidas duas moléculas de NH_3 .



Portanto, para que a produção de amônia seja favorecida é necessário o aumento da pressão. O aumento da pressão faz com que as moléculas dos reagentes fiquem mais próximas umas das outras, favorecendo a formação de NH_3 . Industrialmente, são usadas pressões que variam entre 200 e 1000 atm.

Efeito da temperatura: Toda reação envolve calor. Uma reação pode ser endotérmica (absorve calor) ou exotérmica (libera calor). O aumento da temperatura desloca o equilíbrio no sentido endotérmico e a diminuição da temperatura desloca o equilíbrio no sentido exotérmico. Por exemplo, a reação de síntese da amônia é exotérmica, ou seja, ela libera calor. Consequentemente, a reação terá um maior rendimento em menores temperaturas.



Todavia, em temperaturas baixas, a reação é extremamente lenta. Na prática, é preferível um rendimento menor, mas que seja obtido mais rapidamente. Por isso, a síntese da amônia é feita em altas temperaturas. Industrialmente, são usadas temperaturas que variam entre 400 e 500°C.

Efeito do catalizador: Os catalizadores são substâncias que aceleram as reações em ambos os sentidos, ou seja, um catalizador fará com que se leve menos tempo para formação dos produtos. O catalizador mais comumente empregado para síntese da amônia é o ferro metálico.

Basicamente, o processo de Haber-Bosch utiliza as seguintes condições: adicionar constantemente reagentes, retirar os produtos à medida que são formados, usar catalizadores e aumentar pressão e temperatura.

O processo de síntese da amônia tornou possível obter nitrogênio de forma abundante e barata. Devido a esse processo, a amônia pode ser usada para fabricação de fertilizantes, o que aumentou exponencialmente os rendimentos das safras (ARAÚJO; BALDINATO, 2015).

pH DO SOLO

Antes de iniciar o cultivo, é importante que o agricultor faça uma análise da composição química do solo, por vários motivos:

- otimizar a produção;
- proteger o meio ambiente da contaminação por escoamento e lixiviação de fertilizantes em excesso;
- auxiliar no diagnóstico de problemas de plantas;
- melhorar o equilíbrio nutricional, economizando dinheiro e energia, aplicando apenas a quantidade de fertilizantes necessária;
- indicar nutrientes; pH e excesso de sais.

O pH é considerado uma variável importante do solo, pois afeta muitos processos químicos, principalmente, a disponibilidade de nutrientes para as plantas. Plantas cultivadas em solos ácidos podem sofrer vários estresses, um deles é a toxicidade do alumínio. O alumínio está presente em todos os solos, em diferentes proporções. Mas o íon alumínio (Al^{3+}) é tóxico para as plantas e mais solúvel em pH baixo. O alumínio não é um nutriente, ele entra nas raízes das plantas por osmose e é responsável por limitar o crescimento das raízes e, consequentemente, dos vegetais.

Ao limitar o crescimento das raízes, a capacidade de absorção de nutrientes é reduzida. Por isso, deficiências em macronutrientes (nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio e magnésio) são frequentemente encontradas em solos ácidos (ANTUNES *et al.*, 2009). Além disso, a acidez impede a reprodução de muitos microrganismos importantes para a qualidade do solo.

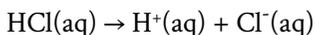
Cada tipo de cultura, ou seja, espécie de planta, possui um pH ideal para seu desenvolvimento. Por isso, os agricultores precisam determinar o pH do solo para corrigi-lo (se necessário) por meio de reações químicas.

Se análises químicas mostrarem acidez no solo, o agricultor pode, por exemplo, aplicar óxido de cálcio (também conhecido como cal virgem) para reduzir a acidez, ou seja, aumentar o pH do solo. O pH de um solo alcalino (básico) pode ser reduzido pela adição de agentes acidificantes, por exemplo, o enxofre (S) elementar. O enxofre, em contato com a água, é oxidado formando o ácido sulfúrico (H₂SO₄).

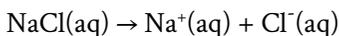
ÁCIDOS E BASES

Vimos que o pH é um fator importante para o desenvolvimento das plantas. O pH é escala para medir a acidez ou basicidade de uma solução.

De acordo com a **Teoria de Arrhenius**, as substâncias são classificadas como ácidas quando, em meio aquoso, liberam o íon H⁺ como único cátion. Por exemplo, o ácido clorídrico (HCl) em meio aquoso libera o cátion H⁺ e o ânion Cl⁻.



As substâncias básicas são aquelas que, em meio aquoso, liberam o íon hidroxila (OH⁻) como único ânion. Por exemplo, o hidróxido de sódio (NaOH), em meio aquoso, libera o cátion Na⁺ e o ânion OH⁻.



A força de um ácido ou de uma base dependerá da sua solubilidade em água, ou seja, seu **grau de ionização**. Quanto mais íons forem liberados, maior será a força.

As soluções podem ser classificadas como:

- Ácidas: pH inferior a 7;
- Neutras: pH igual a 7;
- Básicas: pH superior a 7.

Para os solos, o pH abaixo de 5,5 indica que ele é ácido e o pH acima de 7 indica que ele é alcalino (básico). A faixa ideal de pH para as plantas gira em torno de 6 a 7, nessa faixa, os nutrientes se encontram mais disponíveis.

Figura 31. Medida de pH do solo com pHmetro



Fonte: www.canva.com

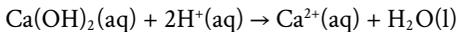
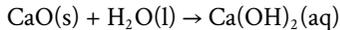
A medida de pH pode ser feita por meio de pHmetros. Também, é muito comum a utilização de indicadores ácido-base, que apresentam diferentes cores para cada faixa de pH. Os indicadores mais utilizados são a fenolftaleína e o papel de tornassol.

Figura 32. Papel de tornassol



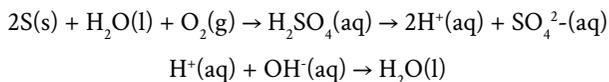
Fonte: www.canva.com

Para corrigir um solo ácido, pode ser aplicada a cal virgem (óxido de cálcio – CaO). Esse processo é conhecido como **calagem**. Basicamente, a diminuição da acidez ocorre pela reação do CaO com a água presente no solo, gerando o hidróxido de cálcio (Ca(OH)₂), que reagem com os íons H⁺ (responsáveis pela acidez), ocorrendo então a formação de água e deixando íons Ca²⁺ no solo, conforme as reações a seguir:



Embora a maioria dos solos de regiões tropicais, como do Brasil, sejam naturalmente ácidos, existem casos de solos básicos. A alcalinidade também pode ocorrer devido ao excesso de calagem. Nesses casos, é necessário ajustar o pH para melhorar a produção. Para isso, a correção do solo pode ser feita, por exemplo, com o enxofre elementar. De maneira simplificada, a diminuição do pH do solo se dá pela reação do enxofre elementar (S) com a água e oxigênio presentes no solo, gerando o ácido sulfúrico (H₂SO₄). O ácido sulfúrico libera íons H⁺ ao solo, que irão reagir com as hidroxilas (OH⁻) em excesso,

formando água e diminuindo o pH. Essas reações podem ser representadas conforme as equações a seguir.



PARA SABER MAIS: CAVERNAS

A formação das cavernas é um interessante processo que envolve a reação de ácidos nas rochas. Discutiremos agora dois tipos de ácidos, o carbônico e o sulfúrico, e como esses ácidos formam as cavernas.

No Brasil, existem cerca de 2.800 cavernas e algumas delas são pontos turísticos. Provavelmente, você já deve ter ouvido falar ou até já visitou alguma caverna. Mas você sabe como as cavernas foram formadas?

Figura 33. Caverna

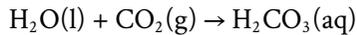


Fonte: www.canva.com

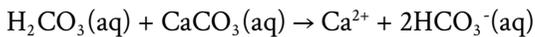
Uma caverna é uma cavidade natural formada sob a superfície da Terra, que pode variar de alguns metros a muitos quilômetros de profundidade. A maior parte das cavernas são formadas por calcário, um mi-

neral formado, principalmente, por carbonato de cálcio (CaCO_3). Nessas cavernas, acontece um processo natural e lento, em que as águas ácidas, de rios ou mares, dissolvem o calcário, aumentando a cavidade com o tempo.

À medida que a chuva cai na atmosfera, e, especialmente, quando se move pelo solo, a água (H_2O) se mistura com o gás dióxido de carbono (CO_2) para criar uma solução fraca de ácido carbônico (H_2CO_3), conforme a equação:



O ácido carbônico formado, reage com o calcário (CaCO_3) da rocha. Com o passar do tempo, ele é “corroído”, formando os íons cálcio (Ca^{2+}) e bicarbonato (HCO_3^-). Dessa forma, formam-se grandes cavidades ocas: as cavernas.



SAIS

Como vimos, o uso excessivo de fertilizantes aumenta a concentração de sais no solo. Além disso, outros fatores contribuem para o aumento da salinidade do solo como clima seco e falta de chuva.

Figura 34. Solo salinizado



Fonte: www.canva.com

O excesso de sais degrada o solo e impacta negativamente o desenvolvimento das plantas devido à incapacidade de absorver água suficiente. Além disso, a salinização traz consequências como erosão do solo, diminuição da qualidade da água local e impacto na biodiversidade, o que pode levar à perda total de áreas agrícolas e à desertificação do ambiente (LIMA, 2020). Por isso, gerenciar a salinidade do solo nos estágios iniciais pode ajudar a revertê-la.

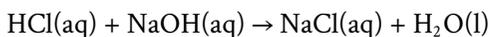
Aqui estão alguns métodos para evitar a salinização do solo:

- reduzir a quantidade de fertilizantes químicos;
- adicionar matéria orgânica e estrume para manter a umidade do solo
- evitar irrigação com uso de água salgada;
- usar cobertura vegetal para proteger a superfície do solo;
- neutralizar o solo por meio de correções químicas (por exemplo, cal virgem e enxofre).

Quimicamente, o que é um sal?

No dia a dia, costumamos chamar de sal apenas o cloreto de sódio (NaCl) que usamos para salgar a comida. Porém, sal é toda substância que sofre dissociação em solução aquosa e libera íons, que não sejam H^+ ou OH^- .

Um sal pode ser obtido através de uma reação de neutralização, em que um ácido reage com uma base. Por exemplo, o ácido clorídrico (HCl) reage com o hidróxido de sódio (NaOH) formando o sal cloreto de sódio (NaCl) e água, conforme a reação abaixo.



PARA SABER MAIS: OSMOSE

No capítulo anterior, foi mencionado que o aumento da salinidade do solo incapacita a planta de absorver água. Ao regar uma planta, você já parou para pensar como ela “bebe” água?

Nas plantas, a água é absorvida no processo de osmose. Na osmose, a água (ou outro solvente) passa espontaneamente do meio menos concentrado (hipotônico) para o mais concentrado (hipertônico), através de uma **membrana semipermeável** (ATKINS; JONES; LAVERMAN, 2018).

Quando a concentração de sal no solo é muito alta, significa que ele é hipertônico em relação à planta. Assim, as plantas sofrem estresse osmótico e não conseguem capturar a água, mesmo quando ela está presente no solo. Como resultado, a vegetação morre.

DEFENSIVOS AGRÍCOLAS

Os defensivos agrícolas, também chamados de pesticidas ou agrotóxicos, são usados principalmente na agricultura, onde os rendimentos das colheitas devem ser maximizados e as perdas evitadas. São substâncias destinadas a controlar pragas, ou seja, organismos indesejáveis na agricultura. A depender do seu alvo específico, os defensivos podem ser chamados de inseticidas, herbicidas ou fungicidas, que combatem insetos, ervas daninhas e fungos, respectivamente.

Figura 35. Aplicação de defensivo agrícola



Fonte: www.canva.com

A prática da agricultura começou há cerca de 10 mil anos. Naquela época, não existia indústria química, os produtos então deveriam ter origem vegetal, animal ou mineral. Assim, por exemplo, a fumaça é registrada como sendo usada contra insetos, enquanto as ervas daninhas eram controladas principalmente por capina manual.

Mesmo hoje, com os avanços das ciências agrícolas, ocorrem perdas devido a pragas e doenças em todas as culturas de alimentos. Sempre houve, portanto, um grande incentivo para encontrarem maneiras de superar os problemas causados por organismos indesejáveis na agricultura.

O crescimento de pesticidas sintéticos teve aumento a partir da década de 1940, com a descoberta dos efeitos do DDT. Esse produto era eficaz e barato, e tornou-se popular devido à sua atividade atingir amplo espectro de pragas. Além disso, passou então a ser utilizado para combater febre amarela, malária e outras doenças transmitidas por mosquitos. No entanto, alguns anos mais tarde, foi detectada resistência ao DDT por moscas domésticas e, devido ao seu uso demasiado, houve relatos de danos a plantas e animais não-alvo, além de problemas com resíduos. Devido à boa solubilidade em gordura, o DDT pode

acumular-se nos tecidos humanos e animais e ser transportado no processo da cadeia alimentar. Na época, o DDT era suspeito de causar câncer e, por essa razão, o uso dessa substância foi proibido pela maioria dos países.

No decorrer dos anos de 1950, a maioria dos produtores e consumidores não estavam muito preocupados com os potenciais riscos à saúde devido ao uso de pesticidas. Os alimentos estavam mais baratos devido às aplicações químicas e não havia casos registrados de pessoas doentes ou mortes causadas por pesticidas. Todavia, problemas que surgiram na década de 1960, devido ao uso indiscriminado de pesticidas, foram detectados, abrindo caminho para o estudo de produtos mais seguros e ecológicos.

Com as pesquisas, a partir da década de 1970, foi introduzido na agricultura o herbicida mais vendido do mundo, o glifosato. Além do glifosato, outros inseticidas, herbicidas e fungicidas começaram a ser aplicados. No entanto, como muitos agroquímicos introduzidos nessa época tinham um único modo de ação, as pragas começaram a adquirir resistência.

Na década de 1990, as pesquisas concentraram-se em encontrar defensivos com maior seletividade e perfil ambiental menos toxicológicos. Muitos dos novos produtos podem ser usados em gramas em vez de quilogramas por hectare.

A maioria dos defensivos tem como objetivo servir como produtos de proteção de plantas. Junto com esse benefício, os pesticidas também apresentam desvantagens, como potencial toxicidade para humanos e meio ambiente. Os defensivos agrícolas têm efeito direto sobre os organismos-alvo, podendo matá-los ou influenciar em sua reprodução, desenvolvimento, saúde e comportamento. Para isso, esses produtos possuem uma grande quantidade de substâncias

tóxicas e por isso são chamados de agrotóxicos. No entanto, como foi mencionado, os organismos-alvo podem desenvolver resistência aos mecanismos de ação dos defensivos (FROTA; VASCONCELOS, 2019).

Figura 36. Máquina de aplicação de defensivo agrícola



Fonte: www.canva.com

Os pesticidas, às vezes, são amplamente transportados e podem ser detectados no solo, no ar, em corpos d'água, bem como em lençóis freáticos. O uso dessas substâncias polui o meio ambiente, e afeta a biodiversidade do ecossistema e pode levar ao desaparecimento de espécies locais ou regionais. Insetos úteis, como os polinizadores (abelhas, borboletas, mariposas etc.), podem ser eliminados pelo uso demasiado de agrotóxicos. Outros insetos úteis, como os predadores de organismos que atacam as plantações, também podem desaparecer e, caso isso ocorra, será necessário o uso de maiores quantidades de agrotóxicos.

Atualmente, é crescente o número de pesquisas sobre plantações geneticamente modificadas que são projetadas para serem resistentes a insetos, ervas daninhas ou outro tipo de praga. Por exemplo, existem culturas de soja, milho e algodão resistentes a determinadas espécies de lagartas (UNSWORTH, 2010).

O uso de agrotóxicos, conforme a obrigatoriedade por lei, deve ser recomendado e vendido apenas com a receita de um agrônomo. Além disso, a plantação precisa estar em constante observação desses profissionais para que as doses de defensivos aplicadas sejam as mínimas possíveis, a fim de que impactos ambientais e prejuízos à saúde sejam evitados.

REVOLUÇÃO VERDE

A Revolução Verde teve início na segunda metade do século XX, com o desenvolvimento de práticas agrícolas modernas de alto desempenho e rendimento. Esse termo foi estabelecido devido aos recordes de cultivo alcançados naquela época. A Revolução Verde aumentou os rendimentos agrícolas, beneficiando agricultores e consumidores em todo o mundo. Estima-se que a Revolução Verde reduziu significativamente as taxas de desnutrição e mortalidade infantil e, conseqüentemente, melhorou a situação nutricional de muitas pessoas. Além disso, também houve progresso na expectativa de vida das pessoas (HIRANAKA; HORTENCIO, 2018).

Por outro lado, a Revolução Verde foi criticada por vários motivos. Sérios danos ambientais foram registrados em muitos países, o aumento de alimentos ocorreu devido, principalmente, ao aumento das áreas de cultivo, escalonamento mais rápido das colheitas e aumento massivo de fertilizantes químicos, pesticidas e irrigação. Como consequência da intensificação do cultivo, ocorreu a degradação do solo (por exemplo, devido à **salinização**), poluição química e deslocamento de espécies de plantas originais e animais da região. O abastecimento de água subterrânea também foi usado em demasia.

O MUNDO SEM FERTILIZANTES E AGROTÓXICOS

Há quem diga que sim. A população global desde 1960 mais que dobrou e, atualmente com cerca de 7,6 bilhões de pessoas, está projetada para 9,2 bilhões até 2050. Conseqüentemente, a demanda pela produção de alimentos deve aumentar.

Até então, para atender a demanda alimentar da população, as vegetações naturais foram sendo destruídas para dar lugar à plantações de safras e criação de animais. Contudo, a disponibilidade de áreas agrícolas adicionais é limitada, qualquer nova expansão acontecerá, principalmente, à custa das florestas, que é o habitat de várias espécies de animais selvagens. Além disso, áreas agrícolas serão cada vez mais usadas para produzir, por exemplo, biocombustíveis, ao invés de alimentos. Portanto, o desafio será cultivar mais alimentos em menos terra e usando menos fertilizantes e pesticidas do que usamos hoje.

A Revolução Verde permitiu que a produção mundial de alimentos dobrasse nos últimos 50 anos. No entanto, as atuais perdas de rendimento causadas por pragas ainda é um grande desafio para a produção agrícola. Atualmente, estima-se que 35% do rendimento potencial de plantações é perdido para pragas e, sem o uso de pesticidas, esse percentual subiria para 70%. Além disso, o transporte, o pré-processamento, o armazenamento e o desperdício, contribui para o aumento da perda de safras.

A fim de garantir o nível de produtividade de alimentos e rações para atender a população humana e animais, as plantações precisam de proteção contra pragas. Diante disso, a eficácia do uso de pesticidas fornece evidências de que eles continuarão a ser uma ferramenta fundamental para a disponibilidade de alimentos para as

pessoas. Alguns métodos alternativos podem ser mais caros do que as práticas convencionais de agricultura intensiva com produtos químicos, mas, em muitas vezes, essas comparações não levam em consideração os altos custos ambientais e sociais do uso de pesticidas.

Afinal, podemos atender às demandas mundiais de alimentos se os produtores interromperem o uso de pesticidas?

O uso de pesticidas aumentou demasiadamente nas últimas décadas e, neste mesmo período, a produção das principais fontes de nutrição humana, como trigo, arroz e milho, mais do que dobrou. Sem pesticidas, a produção de alimentos cairia e os preços dos alimentos disparariam.

Os pesticidas químicos continuarão a desempenhar um papel no manejo de pragas porque as demais alternativas não estão amplamente disponíveis. Um dos principais benefícios dos pesticidas é a proteção da qualidade e do rendimento da colheita, evitando perdas de safras, aumentando assim a produção e a renda agrícola.

Os efeitos não-alvo da exposição de humanos e do meio ambiente a resíduos de pesticidas são uma preocupação contínua. Os efeitos colaterais dos pesticidas podem ser reduzidos melhorando as tecnologias de aplicação. No entanto, existem poucos incentivos para estratégias de manejo de controle de pragas eficientes e ambientalmente saudáveis.

Organismos geneticamente modificados resistentes a pragas constituem uma “nova geração” de ferramenta de controle de pragas. A biotecnologia proporcionou ganhos econômicos e ambientais por meio de avanços tecnológicos e práticas agrícolas mais econômicas e ecologicamente corretas (POPP *et al.*, 2013).

CUIDADOS COM OS ALIMENTOS

Como vimos, os alimentos orgânicos, devido ao custo de produção, costumam apresentar preços mais altos. Infelizmente, por esse motivo, muitas pessoas acabam tendo que optar pelos alimentos convencionais. Afinal, como ter uma alimentação limpa e evitar pesticidas sem comprar alimentos orgânicos? Escolher alimentos com menos resíduos de agrotóxicos? Às vezes, a forma como você prepara seus alimentos faz uma grande diferença!

Compre produtos da estação: Frutas e vegetais fora de época são mais propensos a serem cultivados com elevada carga de agrotóxicos e fertilizantes químicos (e são mais caros).

Descascar o alimento: Pense nas bananas, por exemplo, mesmo que sejam pulverizadas com pesticidas, esses pesticidas, em sua grande maioria, permanecem na casca. Em verduras, como alface e repolho, retire as folhas externas, pois geralmente concentram mais pesticidas. Descascar produtos pode remover muitos pesticidas. Mas, ao mesmo tempo, descascar alimentos como maçãs ou batatas geralmente remove a maioria dos nutrientes e muitas fibras.

Lave suas frutas e vegetais: Se você lavar e esfregar sob água corrente (ao invés de apenas um enxague rápido), você removerá muitos pesticidas, enquanto mantém os nutrientes. Uma sugestão é deixar seu vegetal de molho em uma solução de água sanitária (cloro ativo), 1 colher de sopa para cada litro de água. Dessa forma, você irá eliminar substâncias e microrganismos indesejados.

Cozinhar os alimentos: cozinhar os alimentos destruirá naturalmente alguns pesticidas. A alta temperatura irá quebrar muitos desses produtos químicos perigosos, enquanto ferver e drenar o líquido pode remover outros pesticidas (assim como pode também remover vitaminas e minerais).

Reduza o consumo de certos produtos: Alguns alimentos convencionais (maçãs, tomates, morangos, uvas, goiabas, peras e pêssegos) recebem elevadas doses de agrotóxicos. Se possível, tente substituí-los por produtos orgânicos (SANTOS; MOL, 2013).

TRANSGÊNICOS

Os seres humanos têm alterado a genética das plantas há bastante tempo por meio do lento processo de cruzamento entre as culturas. Hoje, os cientistas podem usar um atalho para modificar as plantas: editando seu DNA em laboratório. Os transgênicos, também conhecidos como organismos geneticamente modificados (OGMs), são organismos vivos (plantas, animais ou microrganismos) que tiveram seus genes alterados de alguma forma. Na maioria das vezes, são culturas, como milho ou soja, que foram ajustadas em um laboratório para aumentar a quantidade ou a qualidade dos alimentos que produzem.

Figura 37. Transgênico



Fonte: www.canva.com

O processo de criação de uma planta geneticamente modificada é complexo, mas segue algumas etapas básicas. Os pesquisadores identificam os genes em uma planta que causam características específicas, por exemplo, resistência a insetos. Em seguida, eles fazem có-

pias desses genes de resistência a insetos em um laboratório e depois inserem as cópias no DNA das células de outra planta. Essas células modificadas são, então, usadas para cultivar novas plantas resistentes a insetos que passarão por várias análises e testes antes de serem vendidas aos agricultores.

Os OMGs são projetados para serem saudáveis, de crescimento rápido e resistente ao clima ou às pragas. Como os cientistas podem selecionar as melhores características para incluir nas safras, os transgênicos apresentam muitas vantagens.

Em algumas safras, os cultivares são modificados geneticamente para serem menos vulneráveis a insetos e outras pragas. Dessa forma, em vez de terem que ser pulverizadas com pesticida, essas safras vêm com um “pesticida” inato. O uso de menos pesticidas nas lavouras pode levar a menos riscos à saúde das pessoas que os consomem e menos danos ao meio ambiente.

As safras com transgênicos são cultivadas para crescerem com eficiência – isso significa que os agricultores podem produzir mais em menos terra, menos água e menos pesticidas do que as safras convencionais. Como podem economizar recursos, os produtores de alimentos também podem cobrar preços mais baixos.

Alguns OGMs são projetados para fornecerem mais nutrientes como vitaminas e minerais. Isso pode ser bastante útil em regiões onde as pessoas sofrem de deficiências nutricionais.

Existem muitas vantagens nos transgênicos, mas alguns especialistas sinalizam preocupações e temem que eles possam ter efeitos negativos para a saúde. Como os alimentos transgênicos contêm DNA de outros organismos, é possível que o novo DNA possa desencadear alergias em pessoas que, normalmente, não seriam alérgicas ao alimento. Porém, os alimentos transgênicos passam por extensos testes alergênicos, de modo que não devem ser necessariamente mais arriscados do que os produtos

convencionais (LINHARES *et al.*, 2016).

Quando cientistas da área de modificação genética inserem um novo DNA em células vegetais, eles, frequentemente, acrescentam um gene adicional que pode tornar as células modificadas resistentes a antibióticos. Alguns especialistas temem que esses genes possam ser absorvidos por bactérias nocivas, que podem causar doenças como infecções. Isso significa que os tratamentos usuais com antibióticos seriam impotentes contra essas novas superbactérias. No entanto, nem todos os especialistas concordam com essa preocupação – alguns cientistas argumentam que esse tipo de transferência de genes é muito improvável.

As safras com transgênicos têm muitas vantagens como menor impacto ambiental com a redução de pesticidas e custos mais baixos. Embora haja riscos possíveis, pesquisas regulam rigidamente os alimentos transgênicos para a garantia de segurança às pessoas que os consomem (BIZZO, 2013; LOPES; ROSSO, 2016).

TÉCNICAS INSUSTENTÁVEIS DE PLANTIO

Algumas formas de praticar a agricultura são sustentáveis, outras nem tanto. As formas sustentáveis são aquelas que não esgotam os recursos naturais. As formas não sustentáveis danificam o meio ambiente, pois consomem os recursos naturais.

Atualmente, as fazendas costumam a funcionar como fábricas, buscando a máxima produção e, muitas vezes, com o mínimo de atenção às consequências ambientais. Para a produção em larga escala, na maioria das vezes, ocorrem desmatamento e excesso de fertilizantes químicos e defensivos agrícolas. Vamos analisar algumas dessas técnicas insustentáveis usadas na agricultura moderna.

Excesso de produtos químicos: Os produtos químicos agrícolas podem contaminar o solo e prejudicar a saúde de trabalhadores rurais e de quem habita a região. Além de serem venenosos ou tóxicos para saúde humana, intoxicam os polinizadores e a vida selvagem, podem ser lixiviados e poluir corpos d'água. Isso resulta na destruição de importantes microrganismos e bactérias do solo essenciais para a manutenção de todo o ecossistema.

Figura 38. Agrotóxico



Fonte: www.canva.com

Cultivo de monoculturas: Em nosso mundo atual, a prática agrícola de cultivar grande volume em uma única safra está liderando a causa do desmatamento. Além disso, essa prática costuma usar grandes quantidades de produtos químicos e agrícolas e a utilização de maquinários pesados causam a compactação que destrói a estrutura do solo.

Figura 39. Plantio de monocultura



Fonte: www.canva.com

Remoção de vegetação natural: À medida que mais e mais terras são aradas e desmatadas para se criar espaço para práticas agrícolas, o habitat natural é gradualmente destruído. Essa prática resulta em exposição da superfície do solo que pode ser soprada pelo vento ou levada pela água da chuva, e, conseqüentemente, ocasionar erosão proveniente do desmatamento, sedimentação em corpos d'água e aumento das inundações.

Figura 40. Desmatamento



Fonte: www.canva.com

TÉCNICAS DE PLANTIO SUSTENTÁVEL

Vimos anteriormente quais são os principais processos de degradação do solo e as técnicas insustentáveis de plantio. Mas como podemos conservá-lo? Nas últimas décadas, tem crescido o movimento para a produção sustentável, que causa menos impacto e produz alimentos mais saudáveis. É necessário que o aproveitamento do solo não comprometa seu uso por gerações futuras.

A agricultura sustentável utiliza o solo – para atender às necessidades alimentares da população e animais, à produção de matéria-prima para fabricação de combustíveis, medicamentos, tecidos, cosméticos e outros produtos – sem comprometer a capacidade de as gerações atuais ou futuras satisfazerem suas necessidades. Existem muitos métodos e técnicas para aumentar a sustentabilidade da agricultura (LUCCI; BRANCO; MENDONÇA, 2016).

Cobertura vegetal: Impede que as chuvas e ventos atinjam diretamente o solo, evitando a erosão. Em terrenos inclinados, a cobertura vegetal ajuda a prevenir desmoronamentos. As raízes das plantas descompactam o solo, abrindo espaço para entrada de água e oxigênio. Isso faz com que o solo apresente maior capacidade de absorção de água, diminuindo a ocorrência de enxurradas. Além disso, a cobertura vegetal preserva a biodiversidade do ambiente.

Figura 41. Cobertura vegetal



Fonte: www.canva.com

Mata ciliar: A preservação da mata ciliar, que cresce nas margens de rios e outros corpos d'água, evita o assoreamento. Em ambientes urbanos, a vegetação, além de deixar o ambiente mais agradável, ameniza a temperatura do local.

Figura 42. Mata ciliar



Fonte: www.canva.com

Lavrar o solo: Quando o solo está compactado, é necessário lavrar (arar) a terra. Lavrar é simplesmente revirar o solo até que ele fique fofo e poroso. Por algumas razões, o solo tende a ficar compactado com o passar do tempo, por exemplo, com o tráfego de veículos e pedestres. Desse modo, a penetração do ar e da água no solo para o uso das plantas fica comprometida. A penetração do ar também é importante para os microrganismos que realizam importantes tarefas no solo, por exemplo, a criação de nutrientes. O solo solto torna muito mais fácil para as raízes das plantas se espalharem por todo o solo.

Figura 43. Solo lavrado



Fonte: www.canva.com

Plantio direto: é uma técnica de cultivo sem perturbar ou preparar o solo. A plantação ocorre sem arar o solo, as sementes são colocadas diretamente no solo. Esse sistema permite que a matéria orgânica, como palha e resíduos de safras anteriores, seja preservada e ocorra a ciclagem de nutrientes. Esse método pode aumentar a quantidade e a variedade de vida dentro e sobre o solo. Além disso, o solo fica protegido da ação direta dos raios do Sol e os impactos da chuva.

Figura 44. Plantio direto



Fonte: www.canva.com

Adubação verde: nessa técnica de plantio, são cultivadas espécies que melhoram as condições do solo. A maioria das plantas precisam do nitrogênio para seu desenvolvimento. Com o passar do tempo, em decorrência das safras, o solo vai perdendo o nitrogênio disponível e precisa de adubação para continuar produtivo. As plantas leguminosas (feijão, soja, ervilha, entre outras) são exemplos de adubo verde. Nos nódulos das raízes dessas espécies, vivem bactérias que fornecem ao solo nitrogênios que podem ser absorvidos pelas plantas.

Figura 45. Plantação de soja



Fonte: www.canva.com

Rotação de culturas: é a prática de cultivar diferentes tipos de culturas na mesma área ao longo de uma sequência de safras. Esse processo evita que os nutrientes do solo se esgotem. Devido à característica de devolver o nitrogênio ao solo, no Brasil, é comum alternar o cultivo de leguminosas (feijão ou soja) e de plantas como milho e cereais.

Figura 46. Rotação de culturas



Fonte: www.canva.com

Agricultura orgânica: é uma técnica que envolve o cultivo de plantas e a criação de animais de forma natural. Essa prática busca a sustentabilidade, o aumento da fertilidade do solo e diversidade biológica. Nela, não são aplicados agrotóxicos, evita-se o uso de substâncias sintéticas (como adubos químicos) para manter o equilíbrio ecológico, minimizar a poluição e o desperdício. Além disso, nenhum organismo geneticamente modificado é permitido. A adubação, na agricultura orgânica, é feita com o uso da compostagem de resíduos orgânicos. Baseia-se nos princípios descritos anteriormente como rotação de culturas, adubação verde e plantio direto.

Apesar desses benefícios, existem algumas desvantagens na agricultura orgânica. Sem utilização de pesticidas, pode acontecer perdas de safras devido aos insetos e, também, pode fazer com que doenças alimentares aconteçam com maior frequência. Devido à não utilização de fertilizantes, muitas vezes, os frutos não se desenvolvem como o esperado, ficando menores que os frutos convencionais.

Os alimentos orgânicos são mais caros, isso acontece porque os agricultores não têm uma produção tão alta como em terra convencionais, aumentando em até 40% o preço dos produtos. O custo mais alto deve-se

também à necessidade de mais trabalhadores para a mão de obra, como, para capinação. Já, na agricultura convencional, as máquinas têm predominância. A agricultura orgânica não pode produzir alimentos suficientes de que a população mundial precisa para sobreviver. Isso pode levar à fome em países que produzem alimentos suficientes hoje.

Não confunda! É importante não confundir substância orgânica com produto orgânico. Na química, substâncias orgânicas são aquelas que possuem carbono e hidrogênio em sua estrutura. Produtos orgânicos são aqueles produzidos sem a utilização de agroquímicos como pesticidas, fertilizantes e organismos geneticamente modificados.

DEGRADAÇÃO DO SOLO

Vimos que uma fina camada de solo demora centenas de anos para ser formada. Porém, o solo pode ser degradado rapidamente. A degradação do solo acontece em áreas rurais e urbanas em decorrência de vários processos, como especificados a seguir (CARNEVALLE, 2018).

Erosão: Processo que ocorre, principalmente, em locais sem cobertura vegetal. Os materiais do solo são desgastados e transportados por forças naturais como o vento ou a água.

Figura 47. Erosão



Fonte: www.canva.com

Assoreamento: Quando materiais levados pela erosão se depositam em leitos de rios ou outros tipos de reservas d'água, diminuem a profundidade e fazem com que a água transborde facilmente.

Figura 48. Assoreamento



Fonte: www.canva.com

Desertificação: As partículas mais finas do solo (argila e silte) são carregadas pela força das águas e pelos ventos, restando apenas grãos maiores (areia). Nesse processo, o solo se torna improdutivo.

Figura 49. Desertificação



Fonte: www.canva.com

Lixo: O descarte incorreto do lixo ou de esgoto provoca a contaminação do solo, principalmente, pelo lançamento de agentes pato-

gênicos ou químicos. Ao atingir a camada superficial do solo, o lixo pode chegar ao lençol subterrâneo e ao leito de rios e lagos, causando danos à fauna e à flora.

Figura 50. Lixo



Fonte: www.canva.com

Compactação: A compactação do solo, causada pelo tráfego de máquinas, pessoas ou animais, ocasiona a redução de espaço entre os grãos. Com isso, o solo torna-se impermeável, pois não há espaço para a água e o oxigênio penetrarem entre as partículas do solo.

Figura 51. Solo compactado



Fonte: www.canva.com

Queimadas: A queimada de matas nativas ou pastagens causa diversos impactos ambientais como a redução da umidade e da matéria orgânica do solo, a intensificação do efeito estufa e dos prejuízos a seres vivos que habitam o local.

Figura 52. Queimada



Fonte: www.canva.com

O SOLO E A NOSSA SAÚDE

Como você aprendeu em capítulos anteriores, o solo é uma mistura de minerais, material orgânico, água e várias formas de vida (bactérias, protozoários, fungos). O funcionamento da fauna do solo é tão vital que, provavelmente, não haveria vida acima do solo e, certamente, nenhuma vida humana sem esses organismos. No entanto, há uma minoria de organismos que são capazes de causar doenças: os microrganismos patogênicos.

Em locais em que não ocorre a coleta adequada de esgoto e lixo, o solo corre grande risco de estar ou ser contaminado. Com o aumento da população global e a crescente demanda por alimentos, tem ocorrido aumento na quantidade de lixo gerado diariamente. Devido à escassez de recursos ou da infraestrutura ineficiente, nem todos os resíduos são coletados e transportados de maneira adequada, o que pode causar sérios impactos à saúde e problemas ao meio ambiente.

Resíduos que não são administrados de forma correta, especialmente, esgoto e lixo, são um sério risco à saúde, pois levam à propagação de doenças devido à presença de microrganismos patogênicos. Lixos expostos a céu aberto atraem moscas, ratos e outra criaturas que espalham doenças, podendo contaminar o solo, a água e, conseqüentemente, vegetais e animais da região, incluindo seres humanos.

Métodos adequados de eliminação de resíduos devem ser adotados para garantir que o meio ambiente não seja afetado ou que se causem riscos à saúde das pessoas. Nos lixos domésticos, deve ser feita a separação adequada dos resíduos.

LIXO

A poluição do solo refere-se à contaminação da superfície terrestre, ao nível do solo ou abaixo dele. Além do excesso de defensivos e fertilizantes químicos, existem muitas outras causas para a poluição do solo, uma delas é o descarte impróprio de resíduos que, infelizmente, é uma prática comum. Resíduo é qualquer material que não seja mais desejado para seu propósito original, que é descartado, ou seja, lixo (GEWANDSZNAJDER; PACCA, 2019).

Cada ponta de cigarro ou embalagem de comida jogada no chão é uma pequena contribuição para um impacto ambiental. O lixo causa poluição ao liberar produtos químicos (às vezes tóxicos) e micropartículas à medida que se degrada. Os materiais tóxicos podem penetrar no solo e poluir águas subterrâneas. Além disso, quando resíduos tóxicos como baterias contendo chumbo ou mercúrio, materiais radioativos, lixo eletrônico e até outros resíduos não tóxicos são queimados, eles produzem gases tóxicos, com o potencial de causar várias doenças, incluindo, o câncer.

Durante o processo de decomposição, o mau cheiro produzido pelo lixo atrai diferentes tipos de insetos e organismos infecciosos causadores de doenças. Portanto, o descarte inadequado de lixo pode afetar a saúde de pessoas que moram nas proximidades de áreas poluídas.

Para diminuir a poluição, os resíduos podem ser processados ou tratados antes de serem descartados. A seguir, estão algumas técnicas de tratamento de resíduos mais comumente usadas.

Lixão: Os lixões, como o próprio nome sugere, são locais para a eliminação de resíduos. Nesses locais, o lixo é simplesmente empilhado ou jogado em fossas a céu aberto. Alguns lixões também são usados para gerenciamento de resíduos, para armazenamento temporário e transferência, ou para vários estágios de processamento de resíduos como classificação, tratamento ou reciclagem.

Figura 53. Lixão



Fonte: www.canva.com

No passado, o despejo a céu aberto era usado como uma solução barata e servia para manter o lixo distante de áreas comerciais e residenciais e, dessa forma, limitando a exposição a doenças e odores desagradáveis. No entanto, no lixão, os resíduos são descartados de uma forma que não protege o meio ambiente. A matéria orgânica em decomposição nos lixões produz o chorume, um líquido malcheiroso que atrai animais cau-

sadores de doenças, como moscas e roedores. Os lixões não têm nenhum revestimento impermeável para evitar que substâncias nocivas sejam lixiviadas para o meio ambiente, nem são tampados para evitar a propagação de doenças. O metano, gerado a partir de resíduos biodegradáveis, é um poderoso gás de efeito estufa e, quando não capturado e usado como combustível, contribui para o rápido aquecimento da atmosfera.

Aterro sanitário: Ao contrário dos lixões, os aterros sanitários são projetados para proteger o meio ambiente e a saúde humana. O lixo é basicamente espalhado, compactado e coberto com um revestimento impermeável. Uma nova camada de lixo pode então ser depositada sobre a primeira. Esse revestimento protege as águas subterrâneas de contaminação. Os aterros possuem sistemas para o escoamento de chorume e chuvas e também apresentam tubulação para saída de gases, como o metano. A vantagem é que se os aterros forem administrados e construídos de forma eficiente, são um bom método de eliminação de resíduos e não poluem o ambiente, pois a cobertura impermeável protege o lençol freático, isola o mau cheiro e impede a propagação de insetos ou ratos. A restrição é que, para ser construído, requer-se uma área razoavelmente grande.

Figura 54. Aterro sanitário



Fonte: www.flickr.com

Incineração: esse método envolve a queima de resíduos sólidos em altas temperaturas até que os resíduos se transformem em cinzas. A vantagem desse processo é que o volume de resíduos é reduzido consideravelmente. A desvantagem é o risco de fumaça ou de incêndio e de também emitir gases poluentes.

Figura 55. Incineração



Fonte: www.flickr.com

Compostagem: Nesse processo, a parte orgânica do lixo – resíduo de alimentos, folhas, papel, estrume – são decompostos em um processo biológico no qual microrganismos, especificamente fungos e bactérias, convertem esses resíduos orgânicos degradáveis em substâncias como o húmus. O material formado é chamado de composto e pode ser usado como adubo orgânico, pois é rico em nutrientes e um excelente meio para o cultivo de plantas.

Devido à falta de espaço adequado para aterros sanitários, os resíduos biodegradáveis podem ser usados na compostagem. Estima-se que uma tonelada de lixo doméstico pode render cerca de meia tonelada de composto orgânico. A compostagem é ecologicamente correta e benéfica às plantações.

Basicamente, o processo de compostagem consiste, em primeiro lugar, fazer a separação do material orgânico e inorgânico do lixo. De-

pois, esse material será triturado para que o processo de decomposição aconteça mais rápido. Todavia, antes do processo de compostagem, é preciso tomar cuidado e verificar se o lixo não está contaminado com substâncias tóxicas.

Figura 56. Compostagem



Fonte: www.canva.com

Vimos que existem muitas opções para o descarte do lixo. Mas será que existe alguma alternativa para diminuir a quantidade de lixo? Sim! Uma possibilidade é a reciclagem.

Reciclagem: é o processo de coleta e processamento de materiais que seriam descartados no lixo para transformá-los em novos produtos. O primeiro passo da reciclagem consiste na separação do lixo. Algumas cidades adotam, em suas ruas, o sistema de coleta seletiva, em que os resíduos são separados, segundo sua composição (plástico, papel, vidro, metal e orgânico), em coletores coloridos. Em seguida, esse material é levado para usinas de reciclagem e são transformados em novos produtos.

Figura 57. Lixos de coleta seletiva



Fonte: www.canva.com

A maior parte dos materiais podem ser reciclados, como vidros, papéis, metais, plásticos, tecidos e produtos eletrônicos. Geralmente, os materiais reciclados devem ser capazes de fornecer o mesmo tipo de material. Por exemplo, o papel pode ser transformado papelão, jornal ou embalagem. No entanto, alguns materiais como espelhos, guardanapos e pontas de cigarro não podem ser reciclados.

Esse método possui vários benefícios: visa reduzir o consumo de novos materiais e conserva recursos naturais como madeira e minerais; reduz a quantidade de resíduos enviados para aterros, lixões e incineradores; evita a poluição e diminui as emissões de gases de efeito estufa, reduzindo a necessidade de coletar matérias primas; economiza energia; ajuda a criar empregos nas indústrias de reciclagem.

REFERÊNCIAS

ANTUNES, M.; ADAMATTI, D. S.; PACHECO, M. A. R.; GIOVANELLA, M. PH do Solo: Determinação com Indicadores Ácido-Base no Ensino Médio. **Química Nova na Escola**, v. 31, n. 4, p. 283–287, nov. 2009.

ARAÚJO, M. C.; BALDINATO, J. O. A síntese de amônia: uma proposta de estudo histórico para a formação de professores de química vinculada ao Prêmio Nobel de Fritz Haber. **História da Ciência e Ensino**. v. 11, p. 91–129, 2015.

ATIKNS, P.; JONES, L.; LAVERMAN, L. **Princípios de Química: Questionando a vida moderna e o meio ambiente**. 7. ed. Porto Alegre: Bookman, 2018.

BIZZO, N. **Novas bases da biologia: corpo humano, genes e ambiente**. 2. ed. São Paulo: Ática, 2013. v. 3.

BROWN, T. L.; LEMAY, H. E. J.; BURSTEN, B. E.; MURPHY, C. J.; WOODWARD, P. M.; STOLTZFUS, M. W. **Química: a ciência central**. 13. ed. São Paulo: Pearson, 2016.

CANTO, E. L. do. **Química na abordagem do cotidiano**. São Paulo: Saraiva, 2016. v. 1

CARNEVALLE, M. R. **Araribá Mais Ciências**. 1. ed. São Paulo: Moderna, 2018.

CHAGAS, A. P. A síntese da amônia: alguns aspectos históricos. **Química Nova**, v. 30, n. 1, p. 240–247, 2007.

FROTA, E. B.; VASCONCELOS, N. M. S. de. **Química Ambiental**. 2. ed. Fortaleza: UECE, 2019.

GEWANDSZNAJDER; F.; PACCA, H. **Teláris Ciências**. 3. ed. São Paulo; Ática, 2019.

HIRANAKA, R. A. B.; HORTENCIO, T. M. de A. **Inspire Ciências**. 1. ed. São Paulo: FTD, 2018.

LIMA; V. C.; MELO, V. de F. Perfil do solo e seus horizontes. *In*: LIMA, V. C.; LIMA, M. R. de; MELO, V. de F. **O solo no meio ambiente**: abordagem para professores do Ensino Fundamental e Médio e alunos do Ensino Médio. Curitiba: Departamento de Solos e Engenharia Agrícola, , 2007, p. 49–64.

LIMA, M. R. de. **Experimentos na educação em solos**. Curitiba: UFPR, 2020

LINHARES, S.; GEWANDSZNAJDER, F.; PACCA, H. **Biologia Hoje**. 3. ed. São Paulo: Ática, 2016, v. 3

LOPES, S.; AUDINO, J. **Inovar Ciências da Natureza**. 1. ed. São Paulo: Saraiva, 2018.

LOPES, S.; ROSSO, S. **Bio**. 3. ed. São Paulo: Saraiva, 2016 v. 1

LUCCI, E. A.; BRANCO, A. L.; MENDONÇA. C. **Território e sociedade no mundo globalizado**. 3. ed. São Paulo: Saraiva, 2016. v. 1

MARTINEZ, R.; GARCIA, W. **Contato Geografia**. 1. ed. São Paulo: Quinteto, 2016. v. 1

MOREIRA, J. C.; SENE, E. de. **Geografia Geral e do Brasil**: Espaço geográfico e globalização. 3. ed. São Paulo: Scipione, 2016. v. 1

MOTTA, A. C. V.; BARCELLOS, M. Fertilidade do solo e ciclo dos nutrientes. *In*: LIMA, V. C.; LIMA, M. R. de; MELO, V. de F. **O solo no meio ambiente**: abordagem para professores do Ensino Fundamental e Médio e alunos do Ensino Médio. Curitiba: Departamento de Solos e Engenharia Agrícola, 2007, p. 49–64.

NUNEZ, Chistina. **What are fossil fuels?** 2019. Disponível em: <https://www.nationalgeographic.com/environment/article/fossil-fuels>. Acesso em: 22 jun. 2021.

PEPPE, D. J.; DEINO, A. L. Dating Rocks and Fossils Using Geologic Methods. **Nature Education Knowledge**. v. 4, n. 10, 2013.

PRESS, F.; GROTZINGER, J.; SIEVER, R.; JORDAN, T. H. Para Entender a Terra. Tradução: MENEGAT, R. (coord.). 4a edição. Porto Alegre: **Bookman**, 2006.

POPP, J.; PETÕ, K.; NAGY, J. Pesticide productivity and food security. A review, **Agron. Sustain. Dev.** v. 33, p, 243–255. 2013.

REIS, M. **Química**. 1. ed. São Paulo: Ática, 2013, v. 1

ROSA, A. H.; ROCHA, J. C. Fluxos de matéria e energia no reservatório solo: da origem à importância para a vida. **Cadernos Temáticos de Química Nova na Escola**. n. 5, nov. 2003.

SANTOS, W. L. P. dos; MOL, G. de S. **Química Cidadã**. 2. ed. São Paulo: AJS, 2013.

SILVA, A. C. da; OLIC, N. B.; LOZANO, R. **Geografia contextos e redes**. 2. ed. São Paulo: Moderna, 2016. v. 1

UNSWORTH, John. **History of pesticide use**. 2010. Disponível em: http://agrochemicals.iupac.org/index.php?option=com_sobi2&sobi2Task=sobi2Details&catid=3&sobi2Id=31. Acesso em: 23 jun. 2021.

VICHI, F. M.; MANSOR, M. T. C. Energia, meio ambiente e economia: o Brasil no contexto mundial. **Química Nova**, v. 1, n. 3, p. 757-767, 2009.

SOBRE AS AUTORAS

Natália Costa Rodrigues

Licenciada em Química pelo Instituto Federal Goiano. Especialista em Ensino de Ciências da Natureza pelo IFMT. Mestre em Química pelo PROFQUI/UFMS. Doutoranda em Ensino de Ciências pela UFMS. Professora de Química na educação básica do estado de Mato Grosso.

Daniele Correia

Licenciada em Química pela UFSM. Especialista em Educação Ambiental UFSM. Mestre em Química pela UFSM. Doutora em Educação em Ciências pela UFSM. Professora adjunta da UFMS.

Este livro foi editorado com as fontes Crimson Text e Montserrat.
Publicado on-line em: <https://repositorio.ufms.br>

ISBN 978-65-89995-39-5



9 786589 995395

 editora
UFMS