

caderno do
PROFESSOR

QUÍMICA



ensino médio
3ª SÉRIE
volume 4 - 2009



GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO

Governador
José Serra

Vice-Governador
Alberto Goldman

Secretário da Educação
Paulo Renato Souza

Secretário-Adjunto
Guilherme Bueno de Camargo

Chefe de Gabinete
Fernando Padua

Coordenadora de Estudos e Normas
Pedagógicas
Valéria de Souza

Coordenador de Ensino da Região
Metropolitana da Grande São Paulo
José Benedito de Oliveira

Coordenador de Ensino do Interior
Rubens Antonio Mandetta

Presidente da Fundação para o
Desenvolvimento da Educação – FDE
Fábio Bonini Simões de Lima

EXECUÇÃO

Coordenação Geral
Maria Inês Fini

Concepção
Guiomar Namó de Mello
Lino de Macedo
Luis Carlos de Menezes
Maria Inês Fini
Ruy Berger

GESTÃO
Fundação Carlos Alberto Vanzolini

Presidente do Conselho Curador:
Antonio Rafael Namur Muscat

Presidente da Diretoria Executiva:
Mauro Zilbovicius

**Diretor de Gestão de Tecnologias
aplicadas à Educação:**
Guilherme Ary Plonski

Coordenadoras Executivas de Projetos:
Beatriz Scavazza e Angela Sprenger

COORDENAÇÃO TÉCNICA

CENP – Coordenadoria de Estudos e Normas
Pedagógicas

Coordenação do Desenvolvimento dos Conteúdos Programáticos e dos Cadernos dos Professores

Ghisleine Trigo Silveira

AUTORES

Ciências Humanas e suas Tecnologias

Filosofia: Paulo Miceli, Luiza Christov, Adilton
Luis Martins e Renê José Trentin Silveira

Geografia: Angela Corrêa da Silva, Jaime Tadeu
Oliva, Raul Borges Guimarães, Regina Araujo,
Regina Célia Bega dos Santos e Sérgio Adas

História: Paulo Miceli, Diego López Silva,
Glaydson José da Silva, Mônica Lungov Bugelli e
Raquel dos Santos Funari

Sociologia: Heloisa Helena Teixeira de Souza
Martins, Marcelo Santos Masset Lacombe,
Melissa de Mattos Pimenta e Stella Christina
Schrijnemaekers

Ciências da Natureza e suas Tecnologias

Biologia: Ghisleine Trigo Silveira, Fabiola Bovo
Mendonça, Felipe Bandoni de Oliveira, Lucilene
Aparecida Esperante Limp, Maria Augusta
Querubim Rodrigues Pereira, Olga Aguiar
Santana, Paulo Roberto da Cunha, Rodrigo
Venturoso Mendes da Silveira e Solange Soares
de Camargo

Ciências: Ghisleine Trigo Silveira, Cristina
Leite, João Carlos Miguel Tomaz Micheletti
Neto, Julio César Foschini Lisbôa, Lucilene
Aparecida Esperante Limp, Maira Batistoni
e Silva, Maria Augusta Querubim Rodrigues
Pereira, Paulo Rogério Miranda Correia, Renata
Alves Ribeiro, Ricardo Rechi Aguiar, Rosana dos
Santos Jordão, Simone Jaconetti Ydi e Yassuko
Hosoume

Física: Luis Carlos de Menezes, Estevam
Rouxinol, Guilherme Brockington, Ivã Gurgel, Luis
Paulo de Carvalho Piassi, Marcelo de Carvalho
Bonetti, Maurício Pietrocola Pinto de Oliveira,
Maxwell Roger da Purificação Siqueira, Sonia
Salem e Yassuko Hosoume

Química: Maria Eunice Ribeiro Marcondes,
Denilse Moraes Zambom, Fabio Luiz de Souza,
Hebe Ribeiro da Cruz Peixoto, Isis Valença de
Sousa Santos, Luciane Hiromi Akahoshi, Maria
Fernanda Penteado Lamas e Yvone Mussa
Esperidião

Linguagens, Códigos e suas Tecnologias

Arte: Gisa Picosque, Mirian Celeste Martins,
Geraldo de Oliveira Suzigan, Jéssica Mami Makino
e Sayonara Pereira

Educação Física: Adalberto dos Santos Souza,
Jocimar Daolio, Luciana Venâncio, Luiz Sanches
Neto, Mauro Betti e Sérgio Roberto Silveira

LEM – Inglês: Adriana Ranelli Weigel Borges, Alzira
da Silva Shimoura, Lívia de Araújo Donnini Rodrigues,
Priscila Mayumi Hayama e Sueli Salles Fidalgo

Língua Portuguesa: Alice Vieira, Débora Mallet
Pezarim de Angelo, Eliane Aparecida de Aguiar,
José Luís Marques López Landeira e João Henrique
Nogueira Mateos

Matemática

Matemática: Nilson José Machado, Carlos
Eduardo de Souza Campos Granja, José Luiz
Pastore Mello, Roberto Perides Moisés, Rogério
Ferreira da Fonseca, Ruy César Pietropaolo e
Walter Spinelli

Caderno do Gestor

Lino de Macedo, Maria Eliza Fini e Zuleika de Felice
Murrrie

Equipe de Produção

Coordenação Executiva: Beatriz Scavazza

Assessores: Alex Barros, Beatriz Blay, Carla de
Meira Leite, Eliane Yambanis, Heloisa Amaral Dias
de Oliveira, José Carlos Augusto, Luiza Christov,
Maria Eloisa Pires Tavares, Paulo Eduardo Mendes,
Paulo Roberto da Cunha, Pepita Prata, Renata Elsa
Stark, Ruy César Pietropaolo, Solange Wagner
Locatelli e Vanessa Dias Moretti

Equipe Editorial

Coordenação Executiva: Angela Sprenger

Assessores: Denise Blanes e Luis Márcio Barbosa

Projeto Editorial: Zuleika de Felice Murrrie

Edição e Produção Editorial: Conexão Editorial,
Edições Jogo de Amarelinha, Jairo Souza Design
Gráfico e Occy Design (projeto gráfico)

APOIO

FDE – Fundação para o Desenvolvimento da Educação

CTP, Impressão e Acabamento

Imprensa Oficial do Estado de São Paulo

A Secretaria da Educação do Estado de São Paulo autoriza a reprodução do conteúdo do material de sua titularidade pelas demais secretarias de educação do país, desde que mantida a integridade da obra e dos créditos, ressaltando que direitos autorais protegidos* deverão ser diretamente negociados com seus próprios titulares, sob pena de infração aos artigos da Lei nº 9.610/98. * Constituem "direitos autorais protegidos" todas e quaisquer obras de terceiros reproduzidas no material da SEE-SP que não estejam em domínio público nos termos do artigo 41 da Lei de Direitos Autorais.

Catálogo na Fonte: Centro de Referência em Educação Mario Covas

São Paulo (Estado) Secretaria da Educação.

S239c Caderno do professor: química, ensino médio – 3ª série, volume 4 / Secretaria da Educação; coordenação geral, Maria Inês Fini; equipe, Denilse Moraes Zambom, Fabio Luiz de Souza, Hebe Ribeiro da Cruz Peixoto, Isis Valença de Sousa Santos, Luciane Hiromi Akahoshi, Maria Eunice Ribeiro Marcondes, Maria Fernanda Penteado Lamas, Yvone Mussa Esperidião. – São Paulo : SEE, 2009.

ISBN 978-85-7849-445-2

1. Química 2. Ensino Médio 3. Estudo e ensino I. Fini, Maria Inês. II. Zambom, Denilse Moraes. III. Souza, Fabio Luiz de. IV. Peixoto, Hebe Ribeiro da Cruz. V. Santos, Isis Valença de Sousa. VI. Akahoshi, Luciane Hiromi. VII. Marcondes, Maria Eunice Ribeiro. VIII. Lamas, Maria Fernanda Penteado. IX. Esperidião, Yvone Mussa. X. Título.

CDU: 373.5:54

Caras professoras e caros professores,

Este exemplar do Caderno do Professor completa o trabalho que fizemos de revisão para o aprimoramento da Proposta Curricular de 5ª a 8ª séries do Ensino Fundamental – Ciclo II e do Ensino Médio do Estado de São Paulo.

Graças às análises e sugestões de todos os professores pudemos finalmente completar um dos muitos recursos criados para apoiar o trabalho em sala de aula.

O conjunto dos Cadernos do Professor constitui a base estrutural das aprendizagens fundamentais a serem desenvolvidas pelos alunos.

A riqueza, a complementaridade e a marca de cada um de vocês nessa elaboração foram decisivas para que, a partir desse currículo, seja possível promover as aprendizagens de todos os alunos.

Bom trabalho!

Paulo Renato Souza

Secretário da Educação do Estado de São Paulo

SUMÁRIO

São Paulo faz escola – Uma proposta curricular para o Estado 5

Ficha do Caderno 7

Orientação sobre os conteúdos do Caderno 8

Situações de Aprendizagem 10

Situação de Aprendizagem 1 – Desequilíbrios ambientais causados pela introdução de materiais na atmosfera 10

Situação de Aprendizagem 2 – Poluição das águas: conhecendo para saber analisar e agir 29

Situação de Aprendizagem 3 – Perturbações na biosfera 44

Situação de Aprendizagem 4 – Contribuições para a diminuição da poluição no planeta 56

Propostas de Situações de Recuperação 59

Propostas de questões para avaliação 60

Recursos para ampliar a perspectiva do professor e do aluno para a compreensão do tema 63

Considerações finais 64

SÃO PAULO FAZ ESCOLA – UMA PROPOSTA CURRICULAR PARA O ESTADO

Caros(as) professores(as),

Este volume dos Cadernos do Professor completa o conjunto de documentos de apoio ao trabalho de gestão do currículo em sala de aula enviados aos professores em 2009.

Com esses documentos, a Secretaria espera apoiar seus professores para que a organização dos trabalhos em sala de aula seja mais eficiente. Mesmo reconhecendo a existência de classes heterogêneas e numerosas, com alunos em diferentes estágios de aprendizagem, confiamos na capacidade de nossos professores em lidar com as diferenças e a partir delas estimular o crescimento coletivo e a cooperação entre eles.

A estruturação deste volume dos Cadernos procurou mais uma vez favorecer a harmonia entre o que é necessário aprender e a maneira mais adequada, significativa e motivadora de ensinar aos alunos.

Reiteramos nossa confiança no trabalho dos professores e mais uma vez ressaltamos o grande significado de sua participação na construção dos conhecimentos dos alunos.

Maria Inês Fini

Coordenadora Geral
Projeto São Paulo Faz Escola



FICHA DO CADERNO

Ciclos biogeoquímicos: preservação e desenvolvimento sustentável

Nome da disciplina: Química

Área: Ciências da Natureza e suas Tecnologias

Etapa da educação básica: Ensino Médio

Série: 3^a

Volume: 4

Temas e conteúdos: Poluição atmosférica
Poluição das águas
Poluição por lixo plástico
Perturbações na biosfera causadas por pesticidas
Ciclos biogeoquímicos

O RIENTAÇÃO SOBRE OS CONTEÚDOS DO CADERNO

Neste bimestre que encerra o Ensino Básico, a proposta é que os alunos usem os conhecimentos químicos já aprendidos ao longo das três séries do Ensino Médio para entenderem melhor alguns problemas sobre poluição causados pela intervenção do ser humano no ambiente ao extrair recursos, transformá-los, utilizá-los e descartar os resíduos. Essas ações afetam os equilíbrios biogeoquímicos que sustentam a vida no planeta. São sugeridas, então, atividades que permitem a compreensão e a discussão de alguns desequilíbrios ambientais. Você deve se sentir livre para decidir com que profundidade irá trabalhar cada Situação de Aprendizagem com seus alunos. Explicações químicas mais detalhadas são fornecidas para melhor subsidiar seu trabalho.

Neste bimestre serão retomados e ampliados conhecimentos referentes a alguns desequilíbrios ambientais causados pela introdução dos gases SO_2 , CO_2 e NO_x , seus tempos de permanência, suas solubilidades e seus efeitos, bem como possíveis mudanças climáticas a eles associados. Serão discutidas também as relações entre as concentrações de poluentes atmosféricos e os riscos à saúde, a poluição das águas por esgotos domésticos e seu processo de tratamento, e os efeitos que os íons fosfato podem causar no meio aquático. Propõe-se, ainda, uma reflexão sobre o descarte de plásticos, assim como um estudo sobre os problemas causados pelo uso de pesticidas.

Competências e habilidades

- ▶ Dominar o uso das linguagens química, matemática e de outras áreas do conhecimento para obter informações e descrever problemas relacionados com a extração, o processamento, o uso e o descarte de substâncias, a fim de avaliar seus impactos na atmosfera, na hidrosfera e na biosfera.
- ▶ Construir e aplicar conceitos das várias áreas do conhecimento para a compreensão de fenômenos decorrentes de processos naturais e tecnológicos, discutindo possíveis alternativas de soluções para preservar a vida no planeta.
- ▶ Selecionar, organizar, relacionar e interpretar dados e informações contidos em tabelas, gráficos e textos científicos para enfrentar situações-problema, como a elaboração de uma proposta experimental de separação de plásticos, usando para isso dados relativos às densidades.
- ▶ Relacionar informações e conhecimentos disponíveis sobre poluição do ar, das águas e do solo associada a processos naturais como alterações climáticas, efeito estufa, aquecimento global, destruição da camada de ozônio e outros, para construir argumentações consistentes.

- Recorrer aos conhecimentos desenvolvidos durante as aulas para saber fazer escolhas de consumo conscientes, defendê-las e discutir-las na comunidade.

Metodologias e estratégias

Continuando com o propósito de favorecer a participação efetiva dos estudantes na construção de seu conhecimento e do desenvolvimento de competências relacionadas ao aprimoramento de sua cidadania, neste Caderno, como em todos os outros, procurou-se desenvolver o estudo de maneira que organize e valorize o que eles já conhecem do mundo físico. Para isso, foram lembrados os ciclos do carbono, do oxigênio, do enxofre e da água, para que neles pudessem ser explicitados os impactos causados por atividades humanas.

Pesquisas sobre alguns impactos já estudados anteriormente, tanto em anotações de sala de aula quanto em livros didáticos, são propostas como auxiliares na organização e no aprofundamento dos conhecimentos. Aulas expositivo-dialogadas, discussões entre pares, em grupos e com toda a classe, assim como seminários e simulações, são propostos para que os alunos desenvolvam competências relativas à comunicação e expressão, focalizando aspectos argumentativos.

Avaliação

Propõe-se que os alunos sejam avaliados por sua participação em sala de aula, pela qualidade, consistência, clareza e objetividade de seus argumentos, e pela execução das tarefas solicitadas. Exercícios também são sugeridos.

SITUAÇÕES DE APRENDIZAGEM

SITUAÇÃO DE APRENDIZAGEM 1 DESEQUILÍBRIOS AMBIENTAIS CAUSADOS PELA INTRODUÇÃO DE MATERIAIS NA ATMOSFERA

Nesta Situação de Aprendizagem serão retomados e aprofundados conhecimentos relativos aos impactos causados na atmosfera por atividades humanas, já estudados em momentos anteriores. Consequências como a intensificação do efeito estufa, a chuva ácida e a diminuição da espessura da camada de ozônio serão relacionadas à introdução de determinadas substâncias químicas na atmosfera. Algumas transformações químicas envolvidas serão retomadas e outras serão estudadas pela primeira vez. Destaca-se aqui o papel ecológico do ar atmosférico como distribuidor, para todos os recantos do planeta, dos componentes indispensáveis à vida: o gás oxigênio utilizado na respiração dos seres vivos, o dióxido de carbono utilizado na fotossíntese, o nitrogênio na composição das proteínas e a água, presente, em seu ciclo natural, no ar atmosférico sob a forma de vapor.

Com esse estudo, o que se pretende é subsidiar os estudantes com conhecimentos que os tornem aptos a ver, de uma nova óptica, a intervenção do ser humano na natureza, em busca de seu bem-estar e de sua sobrevivência, levando em conta também os impactos ambientais decorrentes dessa intervenção. Pretende-se também mostrar a necessidade de mudança de estilo de vida, além de estimular a compreensão de que não se deve pensar somente no bem-estar e na sobrevivência da espécie humana, mas também na sobrevivência do próprio planeta. Com isso, pretende-se alcançar certo grau de conscientização que permita aos estudantes avaliarem por si mesmos os diferentes problemas a ser enfrentados e a contribuição que cada um pode e deve dar para a sua solução.

Tempo previsto: 5 aulas.

Conteúdos e temas: ciclos biogeoquímicos; regiões da atmosfera e suas características; poluentes atmosféricos e tempo de residência – seus efeitos sobre o ambiente e sobre os seres vivos; transformações químicas na atmosfera.

Competências e habilidades: buscar, selecionar e organizar informações em fontes diversas sobre problemas de poluição; aplicar conhecimentos sobre fontes de emissão de gases poluentes e problemas por eles causados para promover ações solidárias.

Estratégias de ensino: pesquisa de informações em periódicos, livros didáticos e paradidáticos; aulas expositivo-dialogadas.

Recursos: livros didáticos e paradidáticos; materiais de outras séries.

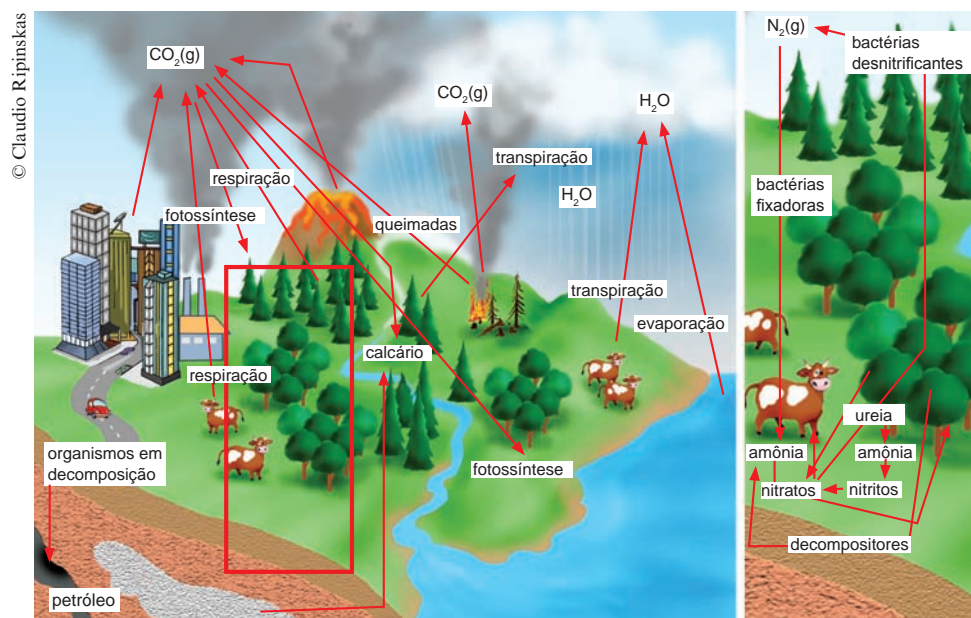
Avaliação: apresentação de tarefas; participação nas aulas.

Atividade 1 – Os ciclos da matéria e a existência de vida no planeta

Esta é uma atividade introdutória, cujo objetivo é desenvolver ideias que propiciem aos estudantes certo grau de conscientização que lhes permitam compreender o importante papel do ar na troposfera (camada da atmosfera mais próxima da superfície terrestre) nos chamados **ciclos biogeoquímicos** – ciclos simulta-

neamente biológicos, geológicos e químicos –, os quais formam os pilares básicos da vida e da sobrevivência do ser humano.

A figura a seguir ilustra o acoplamento dos ciclos do carbono, do nitrogênio e da água. Como se pode observar, não foram estabelecidas todas as relações, mas fez-se um recorte para que o ciclo do nitrogênio pudesse ser mais bem compreendido.



Acoplamento dos ciclos do carbono, do nitrogênio e da água.

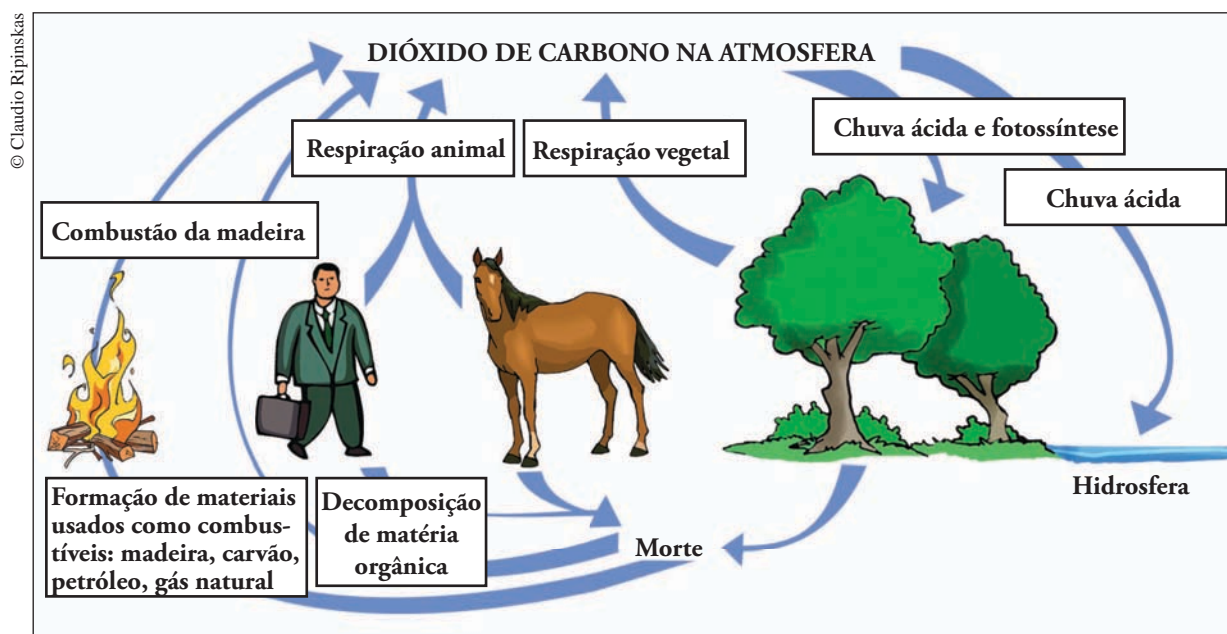
Com a intenção de criar condições para que os alunos assumam o centro da atividade educativa, como agentes de seu aprendizado, pode-se iniciar a discussão do que a figura representa, propondo-lhes que analisem e procurem correlacionar as informações ali fornecidas, respondendo às questões formuladas para esse fim. Você pode fazer uma transparência – caso haja retroprojetor disponível – ou usar a figura acima, que também consta no Caderno do Aluno – CA, iniciando a Atividade 1.

A classe pode ser dividida em grupos e cada um deles responderá a uma ou duas das questões propostas, em um limite de tempo estabelecido. Após esse tempo, você poderá iniciar uma discussão, solicitando a cada grupo que apresente suas respostas e esclarecendo o que for necessário. A análise da figura e a discussão das questões visam permitir que os alunos organizem suas ideias a respeito de alguns ciclos biogeoquímicos e que percebam que eles se inter-relacionam, o que permitirá a melhor compreensão das consequências da emissão de gases para o equilíbrio entre os ciclos.

Questões para discussão e levantamento de ideias*

1. A vida, pode-se dizer, está continuamente sendo recriada a partir dos mesmos átomos – carbono (C), hidrogênio (H), oxigênio (O) e nitrogênio (N) –, presentes nos principais constituintes da matéria viva: água, carboidratos, gorduras, proteínas e ácidos nucleicos. Assim, esses átomos fazem parte de um ciclo permanente. Analise a figura apresentada e identifique, observando o sentido das setas, os materiais que são removidos da atmosfera e os que a ela são reconduzidos. Identifique também as suas fontes e os processos envolvidos. Nessas trocas, o que foi possível observar? Que espécies químicas constituem esses materiais?

2. O desenho abaixo pode ser inserido na figura que mostra o acoplamento dos ciclos do carbono, do nitrogênio e da água. Preencha adequadamente os retângulos que estão em branco, identificando os processos envolvidos. O que mostra essa ilustração? De acordo com a figura, descreva um dos processos de transporte do dióxido de carbono (CO_2) e explique como ele é absorvido e reconduzido à atmosfera.
3. Quais processos naturais podem estar associados à produção de dióxido de carbono e podem contribuir para alterar sua concentração na atmosfera? Que atividades humanas podem estar associadas à emissão de CO_2 e contribuir também para alterar a composição da atmosfera? Como? Utilize uma equação química ca-



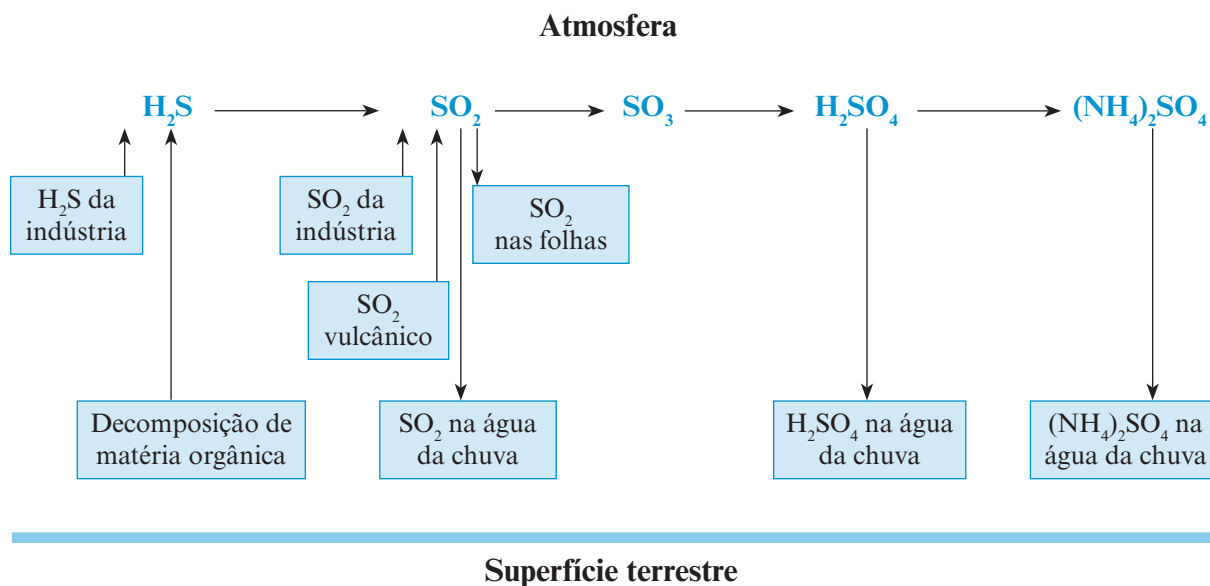
* Todas essas questões constam no CA, em Questões para a Sala de Aula.

paz de representar o processo de produção desse gás.

- Analizando a figura, discuta o que pode acontecer se forem destruídas grandes áreas florestais. Como isso pode afetar a composição da atmosfera?
- Descargas elétricas na atmosfera fornecem a energia necessária para a ocorrência de transformações químicas que resultam na fixação do nitrogênio na forma de nitratos.

Localize, na ilustração inicialmente apresentada (questão 1), esse trajeto do nitrogênio e represente, por equações químicas, as transformações envolvidas nesse processo.

- O esquema a seguir representa uma das rotas do elemento enxofre (S) na atmosfera. Descreva o trajeto do elemento enxofre, no composto sulfeto de hidrogênio (H_2S), quando é introduzido na atmosfera, sofre transformações e é reconduzido ao solo. Utilize equações químicas quando necessário.



É bem provável que os alunos tenham dificuldades em responder às questões. O que se pretende é que eles percebam que a atmosfera, em razão da concentração de gás oxigênio, é um ambiente propício à ocorrência de transformações de oxidação, em que os gases nitrogênio, oxigênio e dióxido de carbono são produzidos e reconduzidos para lá. Ou seja, que há uma troca contínua das moléculas desses gases entre a atmosfera, o solo, os oceanos e

os organismos vivos, porém essa troca ocorre de tal maneira que as respectivas quantidades desses gases no ar permanecem praticamente constantes (no CA, após essas questões, é proposto um Desafio!).

Grade de avaliação da Atividade 1

A resposta à questão 1 exige que o aluno analise a ilustração que mostra o aco-

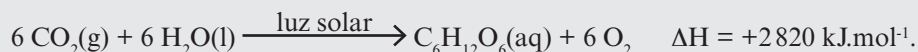
plamento dos ciclos, observando o sentido das setas, para concluir que são removidos da atmosfera: o vapor de água, por condensação e precipitação na forma de chuva; o nitrogênio, por fixação, formando nitrato, nitrito e amônia; e o CO_2 , pela fotossíntese, formação e dissolução de rochas e sedimentos. São introduzidos na atmosfera: o CO_2 , por meio de vários processos, como a combustão de combustíveis fósseis, as erupções vulcânicas e a respiração de animais e plantas; o N_2 , pela desnitrificação; e o vapor de água, pela transpiração dos vegetais e pela evaporação, formando nuvens. Os gases CO_2 , N_2 e O_2 e o vapor de água são continuamente reciclados, sen-

do constituídos pelos mesmos átomos que constituem a matéria viva, ou seja, as moléculas de carboidratos, gorduras, proteínas e água.

O ciclo esboçado na questão 2 corresponde a algumas das rotas do CO_2 na atmosfera. Os alunos podem identificar na figura o processo de respiração animal e vegetal, a combustão da madeira e a decomposição da matéria orgânica, e associá-los aos ciclos. Para que a troca de moléculas na atmosfera seja bem compreendida, ao discutir a questão, pode-se tomar a fotossíntese e a respiração como exemplos. Algumas informações sobre esses processos encontram-se a seguir:

Fotossíntese e respiração

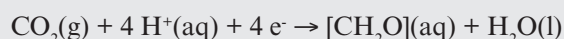
A fotossíntese é um processo celular realizado por algas, por plantas e por certas bactérias, que consiste na obtenção de açúcares a partir de CO_2 e H_2O , usando a energia solar absorvida pela clorofila. A equação da fotossíntese pode ser assim representada:



Na fotossíntese ocorre uma transformação de oxidorredução, em que o carbono é reduzido e o oxigênio é oxidado a dióxido de carbono. Ela pode ser descrita pelas etapas:

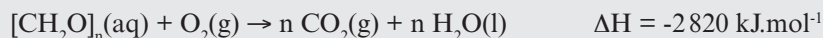


Redução do dióxido de carbono em ausência de luz solar:



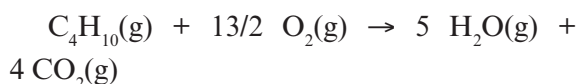
Observação: $[\text{CH}_2\text{O}]$ representa a unidade básica do açúcar (exemplo: glicose = $[\text{CH}_2\text{O}]_6$).

A respiração dos animais e das plantas envolve a oxidação do açúcar, formando CO_2 e H_2O e liberando energia.



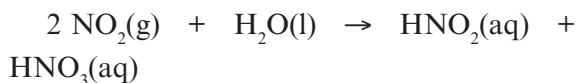
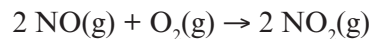
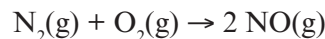
Concluindo: o carbono é removido da troposfera, fazendo parte do CO_2 , e é transformado em açúcar (por exemplo, a glicose: $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$) no decorrer da fotossíntese. A glicose interage com o oxigênio na respiração, formando CO_2 e H_2O . O dióxido de carbono é reconduzido à atmosfera. Com a fotossíntese, portanto, sua concentração tende a decrescer, e com a respiração, tende a aumentar. Esses processos, inversos em termos de reagentes e de produtos, são biologicamente complementares: enquanto a fotossíntese consome CO_2 e energia e produz O_2 , a respiração consome O_2 e produz CO_2 e energia. Assim, por meio dessa discussão, pode-se relacionar conhecimentos estudados em Biologia com conhecimentos químicos, ou seja, pode-se promover a integração dos saberes disciplinares relativos ao entendimento e à preservação da vida no planeta.

Ao responder à questão 3, os alunos podem citar as erupções vulcânicas. Você pode, como exemplo, referir-se à erupção do vulcão Chaitén, na região dos rios ao sul do Chile, ocorrida em maio de 2008. Além de gases tóxicos, foram lançadas para a atmosfera partículas de cinzas que, transportadas pelo vento, alcançaram a Argentina. As cinzas contaminaram a água potável, algumas escolas foram fechadas e houve muitos casos de irritação dos olhos e de problemas respiratórios. Quanto às atividades humanas associadas à emissão de CO₂, os alunos podem citar as combustões – a queima de combustíveis fósseis, utilizados em motores automotivos e no aquecimento em indústrias e em termoeletricas. Podem ainda escrever equações químicas para representar o processo, como:

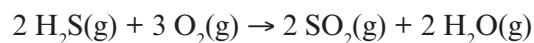


A questão 4 refere-se à devastação das florestas. A eliminação das árvores reduz a fotossíntese: menos CO₂ será removido da troposfera, e, como consequência, sua concentração no ar tende a se elevar.

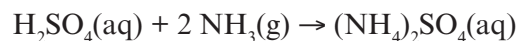
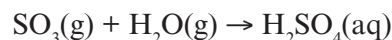
Na questão 5, quanto à fixação do nitrogênio atmosférico, os alunos podem sugerir que descargas elétricas na atmosfera provocam a transformação de nitrogênio atmosférico em compostos nitrogenados. Após sua formação, esses compostos podem ser arrastados por correntes de ar, dissolver-se na água presente na atmosfera e atingir solos e águas sob a forma de chuva ácida.



Na questão 6, os estudantes deverão observar que, numa primeira etapa, o H₂S, proveniente da decomposição da matéria orgânica ou de alguma indústria, é oxidado a SO₂(g), que reage com oxigênio, formando SO₃(g).



Este, em contato com vapor de água, forma H₂SO₄, que, por sua vez, forma com a amônia o sulfato de amônio, que é reconduzido ao solo pela água da chuva.



Atividade 2 – Atmosfera terrestre: composição e regiões

Esta Atividade tem por objetivo recuperar conhecimentos que os alunos já possuem sobre a composição do ar atmosférico e ampliá-los, para que possam refletir sobre os impactos ambientais causados por ações humanas. Os alunos devem lembrar a composição atmosférica, já apresentada no 1º bimestre desta série, e você pode acrescentar outros dados,

como mostra a tabela a seguir (a tabela a ser preenchida encontra-se no CA, questão 1).

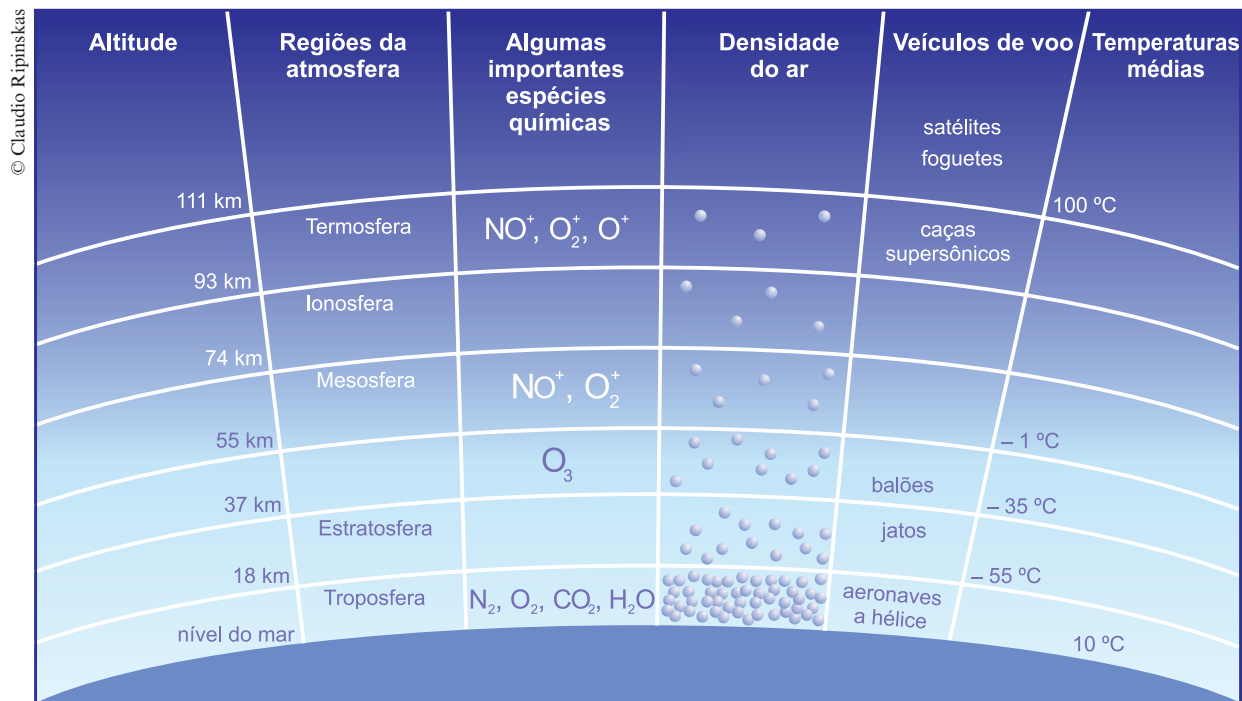
Composição do ar atmosférico isento de vapor de água (seco)		
Substâncias	Fórmulas	% em volume
Nitrogênio	N ₂	78,1
Oxigênio	O ₂	20,9
Argônio	Ar	$9,34 \times 10^{-1}$
Dióxido de carbono	CO ₂	$3,14 \times 10^{-2}$
Neônio	Ne	$1,80 \times 10^{-3}$
Hélio	He	$5,20 \times 10^{-4}$
Metano	CH ₄	$1,5 \times 10^{-4}$
Criptônio	Kr	$1,00 \times 10^{-4}$
Óxido nitroso	N ₂ O	2×10^{-5}
Hidrogênio	H ₂	5×10^{-5}
Xenônio	Xe	8×10^{-6}
Ozônio	O ₃	7×10^{-6}
Amônia	NH ₃	—
Dióxido de enxofre	SO ₂	—
Monóxido de carbono	CO	—

Pode-se informar que as espécies H₂S, SO₂ e CO provêm de atividades vulcânicas; CH₄, H₂S e NH₃ provêm da putrefação de plantas e animais em condições anaeróbias (ausência de oxigênio); e óxidos de nitrogênio (NO, NO₂ e

N₂O) são produzidos por descargas elétricas no decorrer das tempestades. Na atmosfera existem materiais sólidos chamados de particulados, de origem antropogênica (resultante de atividades humanas) ou de origens naturais, constituídos por partículas sólidas em suspensão, como partículas do solo levantadas pelo vento, carbono resultante das combustões incompletas e metais pesados, como Fe, Mn e Pb, provenientes de indústrias metalúrgicas, entre outras.

Você pode questionar os alunos por que não se incluiu o vapor de água nessa tabela. Espera-se que eles cheguem à conclusão de que a quantidade de água no ar atmosférico é variável, uma vez que depende da temperatura e da taxa de evaporação. Se achar conveniente, trabalhe a conversão de unidades, levando em consideração que a União Internacional de Química Pura e Aplicada (IUPAC) recomenda a unidade mol.L⁻¹ e que os meios de comunicação e a legislação brasileira utilizam unidades como ppm, ppb ou µg/m³.

Continuando a aula, você pode questionar como os componentes se distribuem na atmosfera e se toda a atmosfera apresenta a mesma densidade. O esquema a seguir mostra características da atmosfera até uma altura de cerca de 110 km, a partir da superfície terrestre, dividida em regiões com diferentes características (no CA, o esquema faz parte da Lição de Casa).



Regiões da atmosfera.

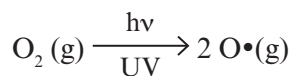
Adaptado de: GRUPO DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO QUÍMICA (GEPEQ). *Interações e transformações III: Química e sobrevivência: atmosfera, fonte de materiais. Química para o Ensino Médio. Guia do professor.* São Paulo: Edusp, 2001.

Mais informações sobre as diferentes camadas podem ser encontradas em livros didáticos e paradidáticos, como: TOLENTINO, Mário; ROCHA FILHO, Romeu C.; SILVA, Roberto R. da. *A atmosfera terrestre.* São Paulo: Moderna, 2004.

É importante ressaltar que é na estratosfera que se forma a camada de ozônio, que absorve a radiação ultravioleta (UV), protegendo, assim, as espécies vivas dos efeitos dessa radiação. A seguir, são apresentadas informações sobre a formação do ozônio na estratosfera, as quais poderão ser discutidas com os alunos.

Formação da camada de ozônio na estratosfera

- ▶ Dissociação de partículas O_2 em átomos isolados sob a ação de radiações ultravioleta (UV):



- ▶ Interação entre o oxigênio atômico e moléculas de O_2 , resultando em O_3 :



- ▶ Decomposição do ozônio, sob a ação de radiações ultravioleta, reconstituindo o O_2 :



As transformações – formação e decomposição do ozônio – constituem um sistema em equilíbrio dinâmico, em que O_2 e O_3 coexistem em contínua intervenção e de maneira tal que suas concentrações se mantêm constantes na estratosfera.

Pode-se pedir aos alunos que elaborem, em equipes, um pequeno texto contendo as informações mais relevantes sobre a composição da atmosfera (consta no CA como questão 2 e Lição de Casa).

Grade de avaliação da Atividade 2

A aula expositivo-dialogada introduz e retoma dados importantes sobre a atmosfera. Pode-se avaliar competências relacionadas à compreensão e à comunicação de ideias (no CA são propostas uma análise de ilustração das regiões da atmosfera e duas possibilidades de pesquisa como Lição de Casa).

Atividade 3 – Poluentes atmosféricos: tempo de permanência, solubilidade e interações na atmosfera

Alguns problemas da poluição atmosférica já foram tratados anteriormente (Cadernos da 1ª série, volumes 2 e 3). Nesta Atividade, outros aspectos serão abordados com a intenção de contribuir para a ampliação e o aprofundamento dos conhecimentos dos alunos, visando subsidiar suas decisões sobre os problemas ambientais.

Você pode iniciar a atividade questionando os alunos: *Quais são os poluentes atmosféricos que vocês conhecem? Por que são chamados poluentes?*

O objetivo das perguntas é conhecer as ideias que eles têm sobre um problema frequentemente abordado pelos meios de comunicação: a agressão ao meio ambiente causada pelo lançamento de poluentes. As questões apresentadas dão abertura para contextualizar o tema desta Atividade e iniciar o estudo de alguns problemas que afetam os seres humanos, os materiais, a vegetação, a economia; enfim, a vida no planeta.

Embora a composição média da atmosfera tenha se mantido constante desde os primórdios da humanidade, ela vem sofrendo alterações significativas em decorrência de atividades humanas (atividades antropogênicas), como o lançamento de materiais

gasosos e particulados em quantidades consideráveis – monóxido de carbono (CO), dióxido de carbono (CO₂), óxidos de nitrogênio (NO_x), óxidos de enxofre (SO₂ e SO₃), ozônio (O₃), componentes voláteis orgânicos (hidrocarbonetos, HC) e material particulado –, impondo ameaças à saúde humana, degradando o meio ambiente e provocando alterações climáticas.

Você pode discutir quais são, de maneira geral, as fontes de emissão desses materiais, lembrando as atividades produtivas, a queima de combustíveis etc. Se julgar conveniente, pode apresentar alguns exemplos de episódios agudos provocados pela contaminação do ar, como os citados a seguir.

Ano	Local	Histórico	Nº de óbitos
1930	Bélgica, Vale do Rio Meuse	Região industrial onde, após inversão térmica, o ar ficou de tal forma poluído que provocou congestão das vias respiratórias, especialmente em crianças e pessoas idosas.	60
1950	México, Poza Rica	Durante uma inversão térmica, compostos de enxofre emitidos por uma indústria provocaram a internação de 320 pessoas acometidas por problemas respiratórios e nervosos.	32
1952	Brasil, Bauru	Doenças respiratórias agudas em 150 pessoas causadas por alergia ao pó da semente de mamona, usada na fabricação de óleo.	9
1962	Inglaterra	<i>Smog*</i>	700
1984	Índia, Bhopal	O vazamento de isocianato de metila de uma indústria causou a morte de milhares de pessoas por edema pulmonar.	de 3000 a 7000

Fonte: DERISIO, J. C. *Introdução ao controle de poluição ambiental*. 2. ed. São Paulo: Signus, 2007, p. 89.

* Poluição formada por óxidos de nitrogênio (NO₂), compostos voláteis orgânicos, aerossóis etc. Provoca o agravamento de doenças associadas a problemas respiratórios.

Pode informar ainda que há parâmetros para medir a qualidade do ar no Estado de São Paulo, estabelecidos pela Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental do Estado de São Paulo (Cetesb). A Cetesb mede a quantidade de material particulado

inalável: MP_{10} (partículas no ar de tamanhos inferiores a $10 \mu\text{m}$), SO_2 , CO , NO_2 e O_3 . A tabela a seguir mostra os critérios adotados pela Cetesb para classificar a qualidade do ar (no CA, a tabela encontra-se em Aprendendo a Aprender).

Classificação da qualidade do ar utilizada pela Cetesb						
Qualidade	Índice	MP_{10} ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	SO_2 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	O_3 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	CO (ppm)	NO_2 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Boa	0 - 50	0 - 50	0 - 80	0 - 80	0 - 4,5	0 - 100
Regular	51 - 100	> 50 - 150	> 80 - 365	> 80 - 160	> 4,5 - 9	>100 - 320
Inadequada	101 - 199	> 150 e <250	> 365 e <800	> 160 e <200	> 9 e < 15	>320 e <1 130
Má	200 - 299	≥ 250 e <420	≥ 800 e <1 600	≥ 200 e < 800	≥ 15 e < 30	$\geq 1 130$ e <2 260
Péssima	≥ 300	≥ 420	$\geq 1 600$	≥ 800	≥ 30	$\geq 2 260$

Fonte: Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental do Estado de São Paulo (Cetesb). Relatório de Qualidade do Ar no Estado de São Paulo de 2007, p. 14. Disponível em: <<http://www.cetesb.sp.gov.br/Ar/publicacoes.asp>>. Acesso em: 6 ago. 2009.

Você pode comentar que os diversos materiais diretamente lançados na atmosfera (chamados de poluentes primários) podem ser transportados a diferentes regiões, com velocidades que variam de acordo com a topogra-

fia, com os ventos, com a temperatura e com a pressão; esses fatores influem no chamado tempo de residência (no CA, em Questões para a Sala de Aula, o primeiro exercício aborda o tempo de residência).

$$\text{tempo de residência na atmosfera} = \frac{\text{concentração de uma determinada espécie química}}{\text{velocidade com que é removida}}$$

Para essa discussão, pode-se aproveitar uma notícia veiculada na mídia, cujo resumo está apresentado a seguir.

Imagens de satélite mostram que o monóxido de carbono expelido na cidade de São Paulo pode, dependendo da direção dos ventos, avançar rumo ao interior por cerca de 600 km ou ir para o litoral. Dessa maneira, poluentes produzidos na região metropolitana de São Paulo afetam regiões distantes, mesmo áreas rurais, o que pode explicar parte da nota ruim dada pela Cetesb ao ar de cidades do interior, pois, além dos poluentes que produzem, elas recebem a poluição da capital.

Segundo dados de pesquisas realizadas pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, mes-

mo pequenas comunidades da Mantiqueira, famosas pela pureza de seus ares, não estão livres de poluentes atmosféricos. Em São Francisco Xavier, povoado turístico na Serra da Mantiqueira, foram realizados testes com plantas usadas para monitorar a poluição do ar e foram verificadas alterações similares às observadas somente em centros urbanos. Os pesquisadores sugerem que uma das possíveis causas para essa alteração é o transporte de poluição produzida pelos dois maiores centros urbanos do país: as regiões metropolitanas de São Paulo e do Rio de Janeiro.

Fonte: “Poluição de SP ‘viaja’ mais de 600 km”, de José Ernesto Credendio e Afra Balanzina. *Folha de S. Paulo*, 2 mar. 2008.

Alguns dados sobre o tempo de residência de poluentes atmosféricos estão apresentados na tabe-

la a seguir, e você pode utilizá-la para compará-los (no CA, a questão 2 refere-se à análise da tabela).

Alguns poluentes, possíveis fontes e tempos de residência na atmosfera

Material	Fonte antropogênica	Fonte natural	Tempo de residência
Dióxido de carbono (CO ₂)	Queima de combustíveis	Degradação de matéria orgânica, respiração	4 anos
Monóxido de carbono (CO)	Transporte, veículos motorizados, combustões incompletas	Incêndios florestais	1 a 4 meses
Hidrocarbonetos	Transporte, veículos motorizados, evaporação de solventes, indústrias, combustão	Processos biológicos	3 a 16 anos
Dióxido de enxofre (SO ₂)	Queima de combustível fóssil, centrais termoeletricas, fábricas de ácido sulfúrico	Erupções vulcânicas	3 a 7 dias
Metano (CH ₄)	Agricultura, indústria, mineração	Decomposição bacteriana, jazidas de hulha, gás natural e petróleo	8 a 10 anos

Sulfeto de hidrogênio (H ₂ S)	Indústria química	Erupções vulcânicas, processos biológicos	2 dias
Óxidos de nitrogênio	Combustão, processos industriais, incêndios florestais etc.	Processos biológicos, decomposição de compostos nitrogenados	4 dias
CFC11 e CFC12 (clorofluorcarbonetos)	Aerossóis, refrigeradores, solventes		CFC11, 65 anos CFC12, 130 anos

Solubilidade de gases em cm ³ /100 cm ³ de água numa certa temperatura		
Poluentes	Temperatura	Solubilidade cm ³ /100 cm ³ de água
NH ₃ (amônia)	15 °C	727
CO ₂ (dióxido de carbono)	25 °C	0,003
CO (monóxido de carbono)	25 °C	3,5
SO ₂ (dióxido de enxofre)	0 °C	47
SO ₃ (trióxido de enxofre ou óxido de enxofre IV)	–	Muito solúvel, forma H ₂ SO ₄
NO (óxido nítrico ou monóxido de nitrogênio)	0 °C	7,34
N ₂ O ₃ (trióxido de dinitrogênio)	–	Muito solúvel, forma HNO ₃
CH ₄ (gás metano)	17° C	3,5
H ₂ S (sulfeto de hidrogênio)	0° C	437
CFC11 (clorofluorcarboneto)	–	Insolúvel
CFC12 (clorofluorcarboneto)	–	Insolúvel

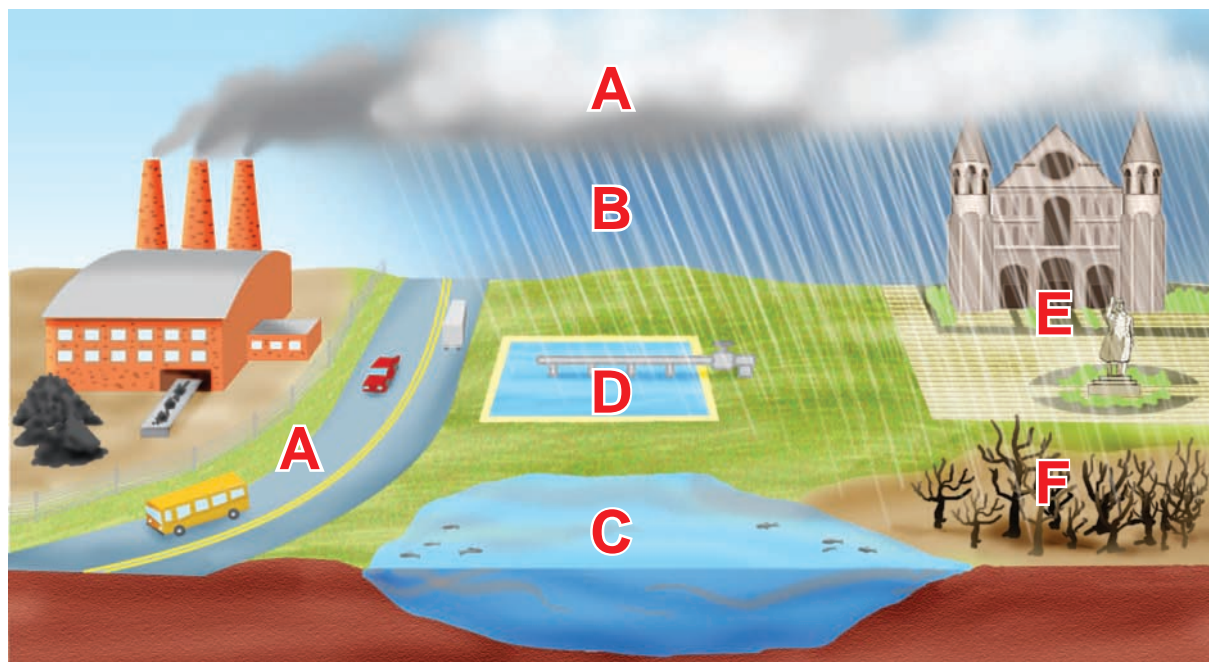
Tabelas elaboradas especialmente para o *São Paulo faz escola*.

Você pode pedir aos alunos que tentem explicar o tempo de residência de alguns poluentes. Como já sabem que os óxidos de nitrogênio e enxofre, por exemplo, sofrem transformações (formando a chuva ácida), eles podem atribuir o baixo tempo de residência a essas interações. Assim, você pode sintetizar,

informando-os que esse tempo de residência depende das interações e transformações químicas que os materiais podem sofrer durante o seu transporte e da sua absorção por **sorvedouros**, isto é, **processos de consumo desses materiais**, como a chuva que dissolve os gases solúveis, o vento que arrasta os poluentes em

direção ao solo ou, ainda, um sorvedouro em que o material sofre transformação química, ocorrendo a formação de outras espécies (poluente secundário) etc. (CA, questão 4).

Questões como a que segue podem ser feitas aos alunos: *Analise a figura abaixo, que representa alguns danos causados pela precipitação ácida. Quais danos correspondem às letras A, B, C, D e F?*



© Claudio Ripinskas

Alguns danos causados pela precipitação ácida.

Você pode resumir o que é possível ocorrer com os materiais lançados na atmosfera: a) permanecem na troposfera sem se transformarem ou subirem à estratosfera; b) são solubilizados pelas águas das chuvas ou são arrastados, retornando à superfície terrestre; c) participam de transformações químicas, formando os chamados poluentes secundários (CA, questão 3).

Quanto à formação de poluentes secundários, é importante a discussão sobre a formação do ozônio e o PAN (nitrato de peroxiacetila), pois são poluentes atmosféricos

que têm causado danos à saúde. A formação dessas espécies envolve a participação de **radicais livres**, expressão usada para designar átomos ou agrupamentos de átomos que possuem elétrons não compartilhados (elétrons livres), o que os torna altamente reativos (no CA propõe-se uma Pesquisa Individual sobre esses poluentes atmosféricos).

As informações a seguir estão bastante detalhadas e foram escritas para facilitar o seu trabalho, caso queira aprofundar o estudo da formação do ozônio na troposfera.

Ozônio na troposfera

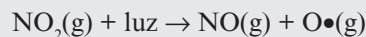
Hebe Ribeiro da Cruz Peixoto, Maria Eunice Ribeiro Marcondes e Yvone Mussa Esperidião

O ozônio na troposfera pode agravar sintomas de doenças respiratórias, além de provocar na população em geral ardência nos olhos, nariz e garganta, dores de cabeça, tosse seca e cansaço. Segundo a Cetesb, em 2007, as concentrações de ozônio ultrapassaram os níveis aceitáveis na Grande São Paulo por 72 vezes, 56% a mais do que em 2006. Outras regiões do Estado também apresentaram níveis de concentração de ozônio considerados sérios, entre elas São José dos Campos e Paulínia; outras ainda foram classificadas com nível de ozônio moderado, como Americana, Ribeirão Preto e Sorocaba.

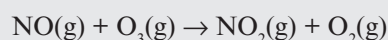
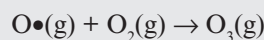
O ozônio detectado na **troposfera** pode advir da estratosfera, de onde é transportado por convecção ou por fortes correntes de ar causadas por frentes frias, pela transformação fotoquímica de hidrocarbonetos emitidos pela vegetação e também por ações antropogênicas, como a queima de combustíveis fósseis, principalmente em zonas urbanas, e a queima de biomassa nas zonas rurais.

A formação do ozônio na troposfera pode ser assim explicada: em centros urbanos e zonas industrializadas, a queima de combustíveis fósseis pode causar o *smog* fotoquímico. Esse termo provém do inglês, da contração das palavras *smoke* (fumaça) e *fog* (neblina). Nesse *smog*,

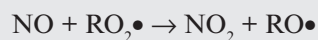
encontra-se o ozônio, cuja formação pode ser descrita pelas equações a seguir.



O• radical oxigênio



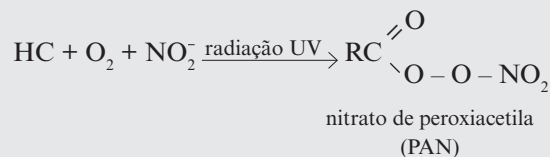
A concentração de ozônio permanece constante, pois o NO formado na primeira etapa reage com o ozônio formado na segunda, regenerando o NO₂. O acúmulo de ozônio na troposfera pode ocorrer se esse equilíbrio for perturbado, e isso pode acontecer por meio da reação do NO com peróxidos.



RO₂• ou ROO• = radical peróxido

Esses peróxidos podem ser formados por meio de reações entre compostos orgânicos voláteis (conhecidos como COV) e oxidantes.

Hidrocarbonetos olefinicos, como o propeno, reagem com o radical oxigênio e com o NO₂ por meio de uma série de transformações, acontecendo a formação do nitrato de peroxiacetila (PAN).

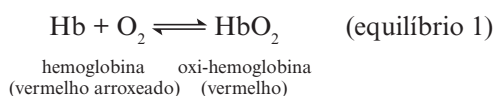


Elaborado especialmente para o *São Paulo faz escola*.

Para que os alunos possam entender melhor os problemas causados pelo aumento da concentração de CO, são sugeridas algumas atividades. Para iniciá-las, pode-se retomar a notícia da p.22. A seguinte questão pode ser introduzida: *Quais são as consequências da presença do monóxido de carbono (CO) no ar que respiramos?* (No CA, esta questão constitui o Desafio! e as questões seguintes compõem o seu desenvolvimento.)

Para responder a essa pergunta, as questões a seguir devem ser resolvidas.

1. O transporte de oxigênio (O₂) dos pulmões às células do organismo dos vertebrados é uma das principais funções da hemoglobina do sangue. Esse transporte é feito por meio da interação da hemoglobina (Hb) com o O₂ do ar inspirado. A hemoglobina forma com o oxigênio um complexo, a oxi-hemoglobina (HbO₂).



Chegando às células do organismo, o oxigênio é liberado e o sangue arterial (vermelho) transforma-se em venoso (vermelho arroxeadado). A hemoglobina livre pode ser reutilizada no transporte de oxigênio. Considerando o equilíbrio representado em **1**, que efeito será causado em um indivíduo se a concentração de O₂ se tornar muito baixa? Justifique.

2. Pessoas podem morrer envenenadas se no ar existir CO em elevada concentração (700 a 800 ppm), pois esse gás forma com a hemoglobina a carboxi-hemoglobina (HbCO).



Essa transformação tem maior tendência a ocorrer do que a do O₂ com a Hb. Sendo assim, como a formação de HbCO (**2**) pode interferir no processo respiratório e na concentração de HbO₂ a ponto de levar o indivíduo à morte?

3. A formação de HbCO pode ser desfavorecida quando se injeta azul de metileno diretamente na corrente sanguínea do indivíduo. O azul de metileno tem mais afinidade com o CO do que com a hemoglobina. De que modo o azul de metileno poderá interferir nos equilíbrios **1** e **2**, impedindo a morte do indivíduo?

(As questões 1, 2 e 3 foram extraídas de: GRUPO DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO QUÍMICA (GEPEQ). *Interações e transformações II: cinética e equilíbrio* (Livro do aluno). São Paulo: Edusp, 2005, p. 129.)

4. Você pode apresentar e discutir o quadro a seguir, que fornece informações sobre problemas provocados pela desativação da hemoglobina (a discussão sobre o quadro consiste na última questão do Desafio!). Pode também pedir aos alunos que respondam às questões em classe ou como tarefa para casa.

Porcentagem de hemoglobina desativada	Sintomas
0 a 1,9	Nenhum
2 a 7,9	Diminuição da capacidade visual
8 a 13,9	Dores de cabeça
14 a 26,9	Tonturas, fraqueza muscular
27 a 32,9	Vômitos
33 a 64,9	Inconsciência
Acima de 65	Morte

Desativação da hemoglobina (Hb) pelo monóxido de carbono (CO)

Relações entre a porcentagem de hemoglobina desativada e os sintomas apresentados por seres humanos.	Relação entre a porcentagem de hemoglobina desativada e a concentração de CO.
--	---

Fonte: GRUPO DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO QUÍMICA (GEPEQ). *Interações e transformações III: a Química e a sobrevivência: atmosfera – fonte de materiais*. São Paulo: Edusp, 2003, p. 33.

Você pode sugerir aos alunos que relacionem as concentrações de CO a possíveis sintomas nos seres humanos. Eles podem ser auxiliados com perguntas como: *Qual é a porcentagem de hemoglobina desativada quando a concentração de CO no ar for igual a 250 ppm? Que sintomas deve apresentar uma pessoa que respira esse ar?*

Pode-se ainda discutir a solubilidade de outros gases em água. Para facilitar a discussão, na p. 23 há uma tabela com as solubilidades em água de alguns componentes gasosos.

Grade de avaliação da Atividade 3

Com relação às questões 1, 2 e 3, espera-se que os alunos mencionem que a diminuição da concentração de O₂ provoca um aumento na quantidade de Hb livre no sistema. Se a

concentração de CO no ar inspirado for alta, haverá no sangue uma competição entre o CO e o O₂ pelas moléculas de hemoglobina. Em virtude da maior tendência a interagir com o CO, a hemoglobina perde sua função de transportadora de oxigênio, ficando as células, conseqüentemente, com menos oxigênio do que o necessário. Com a presença de azul de metileno, haverá competição entre a hemoglobina e o azul de metileno pelas moléculas de CO. Nesse processo, o azul de metileno removerá o CO, deixando a hemoglobina livre para formar HbO₂ e transportar o oxigênio às células, impedindo, dessa forma, a morte do indivíduo.

Com relação à interpretação do quadro apresentado, espera-se que os alunos correlacionem a quantidade de CO com a porcen-

tagem de hemoglobina desativada e, assim, possam prever os sintomas usando os dados tabelados. Espera-se também que respondam que, quando a concentração de CO for de 250 ppm, a de hemoglobina desativada deverá ser de cerca de 33%. Você pode, também, advertir os alunos a respeito dos efeitos tóxicos do azul de metileno (veja o *site* <http://www.anvisa.gov.br/farmacovigilancia/alerta/oms/alerta_56.htm>. Acesso em: 6 ago. 2009.).

Quanto à solubilidade dos poluentes em água, os alunos deverão perceber que os gases mais solúveis são o NH_3 , o SO_3 , o N_2O_3 e o N_2O . Os menos solúveis são o CO e o CO_2 . Os que são solúveis em contato com gotículas de

água formam soluções ácidas. Ao responderem a questão 4 do CA, espera-se que os alunos relacionem a letra A com a emissão de gases provenientes da queima de combustíveis na indústria e no transporte; poderão ainda dizer que esses gases podem ser, por exemplo, SO_2 , NO_x , CO e CO_2 . A letra B está associada ao retorno dos poluentes à superfície terrestre em forma de ácidos dissolvidos na água da chuva. As letras C e D indicam a acidificação de águas de lagos e reservatórios, a qual pode causar a morte de seres aquáticos e comprometer a qualidade da água de abastecimento. Os alunos devem associar a letra E à corrosão de estátuas e monumentos, e a letra F à morte de árvores e plantações causada pela acidez das chuvas.

SITUAÇÃO DE APRENDIZAGEM 2

POLUIÇÃO DAS ÁGUAS: CONHECENDO PARA SABER ANALISAR E AGIR

Tempo previsto: 4 aulas.

Conteúdos e temas: poluição das águas; tratamento de esgotos domésticos; DBO; fosfatos em águas; ciclo da água.

Competências e habilidades: reconhecer como as atividades humanas podem contribuir para a poluição das águas; reconhecer a importância da coleta e do tratamento de esgotos para a qualidade das águas; avaliar as consequências do uso de materiais que introduzem fosfato nas águas; buscar informações, interpretá-las e tirar suas próprias conclusões sobre aspectos da poluição das águas.

Estratégias de ensino: aulas expositivas dialogadas; trabalho em grupo; elaboração de painéis.

Recursos: textos; pesquisa bibliográfica.

Avaliação: respostas às questões; elaboração de texto.

Esta Situação de Aprendizagem tem como objetivo ampliar os conhecimentos dos alunos sobre problemas de poluição da água, dando subsídios para que possam avaliá-los, construir suas próprias opiniões e refletir sobre formas de ações individuais e coletivas para a busca de soluções ou a mitigação de tais problemas. Lembre-os de que a questão da qualidade da água foi abordada no 1º bimestre da 2ª série, tendo sido enfatizados os parâmetros que definem a água potável e os aspectos da legislação brasileira sobre os tipos de água e os respectivos padrões de qualidade. Na 3ª série, outras informações serão apresentadas e discutidas, ampliando os conhecimentos dos alunos.

Atividade 1 – Perturbações no ciclo da água

Os conhecimentos que os alunos já têm

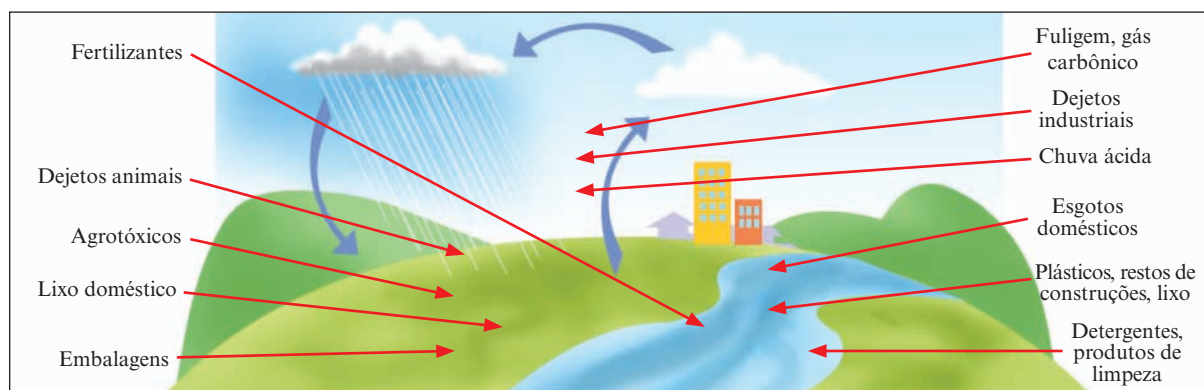
sobre problemas ambientais que alteram a qualidade da água serão recuperados e ampliados, de maneira que possam construir uma visão mais integrada, baseada em conhecimentos científicos, e refletir sobre possíveis formas de intervenção para enfrentar tais problemas. Propõe-se que essa construção se inicie pelo ciclo da água, já estudado por eles, analisando-se agora como esse ciclo é afetado pela presença de certos materiais.

Para retomar o ciclo da água, você pode utilizar um quadro ilustrativo (como um mapa, se a escola dispuser de um), desenhá-lo na lousa ou pedir aos alunos que o elaborem. Pode, se preferir, fazer apenas um esquema contendo as etapas que o constituem. É importante que na ilustração feita sejam focalizadas uma região urbana e uma rural. No Caderno do Volume 2 da 2ª série há uma figura do ciclo da água.

Para despertar a atenção dos alunos e a evocação de seus conhecimentos, peça que descrevam e localizem na figura as etapas de evaporação, precipitação, condensação e transpiração. A seguir, você pode problematizar, questionando-os sobre como as atividades que a sociedade realiza hoje introduzem materiais no ambiente que podem interagir com a água, modificando suas propriedades. Para organizar as possíveis sugestões apresentadas pelos alunos, você pode focar, inicialmente, as cidades, apontando

materiais que são introduzidos na água provenientes de atividades industriais, domésticas e de transporte realizadas em centros urbanos. Em seguida, pode focar as áreas rurais, questionando quais são os materiais envolvidos nas atividades agrícolas e pecuárias que podem perturbar o ambiente aquático. No desenho feito na lousa, peça aos alunos que anotem suas sugestões, considerando as zonas urbana e rural.

Segue um exemplo ilustrativo:



Você pode sugerir aos alunos que, em grupos, discutam quais são as interações que eles conhecem entre esses materiais e a água, modificando suas propriedades e sua qualidade (no CA é a primeira das Questões para a Sala de Aula). Não se esperam respostas completas, mas com base em conhecimentos anteriormente discutidos (1ª e 2ª séries), a menção à possibilidade de que vários desses materiais se dissolvam e interajam com a água presente

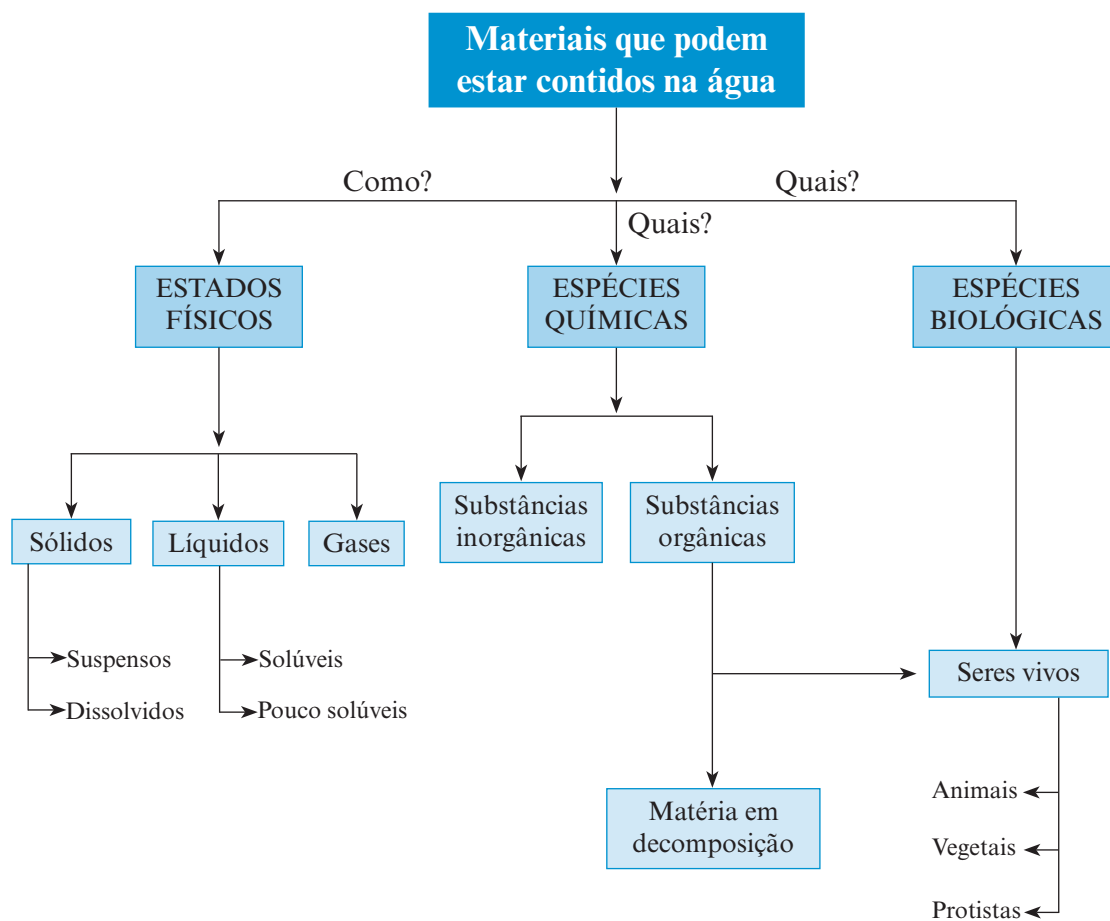
no solo; além disso, espera-se que os alunos reconheçam que os materiais não dissolvidos podem ficar na superfície de rios e lagos ou afundar, e também que pode ocorrer diminuição da quantidade de oxigênio dissolvida na água etc., podendo levar ao comprometimento da qualidade da água.

Algumas possibilidades são apresentadas a seguir:

<ul style="list-style-type: none"> ▶ Dissolução na água de SO₂ e de óxidos de nitrogênio, provenientes da queima de combustíveis fósseis. 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Formação de chuva ácida. ▶ Aumento da acidez de lagos e reservatórios. ▶ Aumento da acidez do “solo” (da água contida).
<ul style="list-style-type: none"> ▶ Despejo no solo de materiais não solúveis em água. 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Alagamentos (por entupimentos). ▶ Contaminação do solo e da água. ▶ Acúmulo de certos materiais que apresentam tempo longo de degradação (plásticos, metais).
<ul style="list-style-type: none"> ▶ Dissolução na água de abastecimento de materiais solúveis (detergentes, água sanitária, bebidas, íons metálicos etc.). 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Aumento da DBO (demanda bioquímica de oxigênio)* da água de rios. ▶ Variação de pH da água de rios. ▶ Aumento da concentração dessas espécies (pode ultrapassar o limite permitido por lei). ▶ Variação da tensão superficial da água.
<ul style="list-style-type: none"> ▶ Despejo na água de abastecimento de materiais pouco solúveis em água (óleo comestível, gorduras, restos de alimentos, dejetos). 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Aumento da DBO da água de rios. ▶ Variação de pH da água de rios. ▶ Presença de micro-organismos na água.
<p>* Quantidade de oxigênio requerida por uma população mista de micro-organismos para a oxidação biológica e química dos compostos orgânicos contidos em uma amostra de água.</p>	

O quadro apresentado a seguir, que pode ser elaborado em diálogo com os alunos, re-

presenta uma síntese sobre os materiais presentes nas águas.



Adaptado de: SPERLING, Marcos von. Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. In: *Princípios do tratamento biológico de águas residuárias*. V. 1. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental – UFMG, 1955, p. 22.

Para provocar reflexões individuais e coletivas sobre a problemática em questão, você pode solicitar aos alunos, reunidos em grupos, a produção de um texto em que analisem suas ações relativas às atividades

discutidas e as possíveis consequências na qualidade da água (CA, questão 2). Também pode ser proposta a seguinte questão, adaptada da prova do Enem de 2006 (CA, Lição de Casa):

A situação atual das bacias hidrográficas de São Paulo tem sido alvo de preocupações ambientais: a demanda hídrica é maior do que a oferta e ocorre excesso de poluição industrial e residencial. Um dos casos mais graves de poluição da água é o da bacia do alto Tietê, onde se localiza a região metropolitana de São Paulo. Os rios Tietê e Pinheiros estão muito poluídos, o que compromete o uso da água pela população. Avalie se as ações apresentadas abaixo

são adequadas para se reduzir a poluição desses rios.

- I** – Investir em mecanismos de reciclagem da água utilizada nos processos industriais.
- II** – Investir em obras que viabilizem a transposição de águas de mananciais adjacentes para os rios poluídos.
- III** – Implementar obras de saneamento básico e construir estações de tratamento de esgotos.

Grade de avaliação da Atividade 1

Esta Atividade tem como função sensibilizar os alunos e mobilizar conhecimentos já consolidados. Assim, a avaliação deve considerar, sobretudo, a participação do aluno no desenvolvimento da Atividade. O texto produzido pode ser avaliado quanto ao envolvimento demonstrado a partir das situações por eles apresentadas e à sua coerência com as discussões feitas em sala de aula. Com relação à questão apresentada, espera-se que eles apontem as situações I e III como adequadas, apresentando argumentos coerentes que justifiquem tal avaliação.

Atividade 2 – Esgotos domésticos: tratamento e qualidade da água

O objetivo desta Atividade é problematizar e ampliar os conhecimentos dos alunos sobre o tratamento das águas servidas nas cidades, em particular as de uso doméstico. Um dos grandes problemas ambientais é a poluição causada pelo despejo de detritos humanos e animais provenientes do esgoto nos diferentes corpos

d'água do Estado de São Paulo. Também muito se discute sobre o uso de detergentes de limpeza, que, segundo alguns pesquisadores, contribuem para o aumento da concentração de íons fosfato (PO_4^{3-}) nas águas. Como os compostos de fósforo são nutrientes, podem causar o crescimento excessivo de algas nos reservatórios, lagos e rios. Além disso, os detergentes causam diminuição da tensão superficial da água, dificultando a manutenção na superfície de espécies da flora e da fauna que ali vivem.

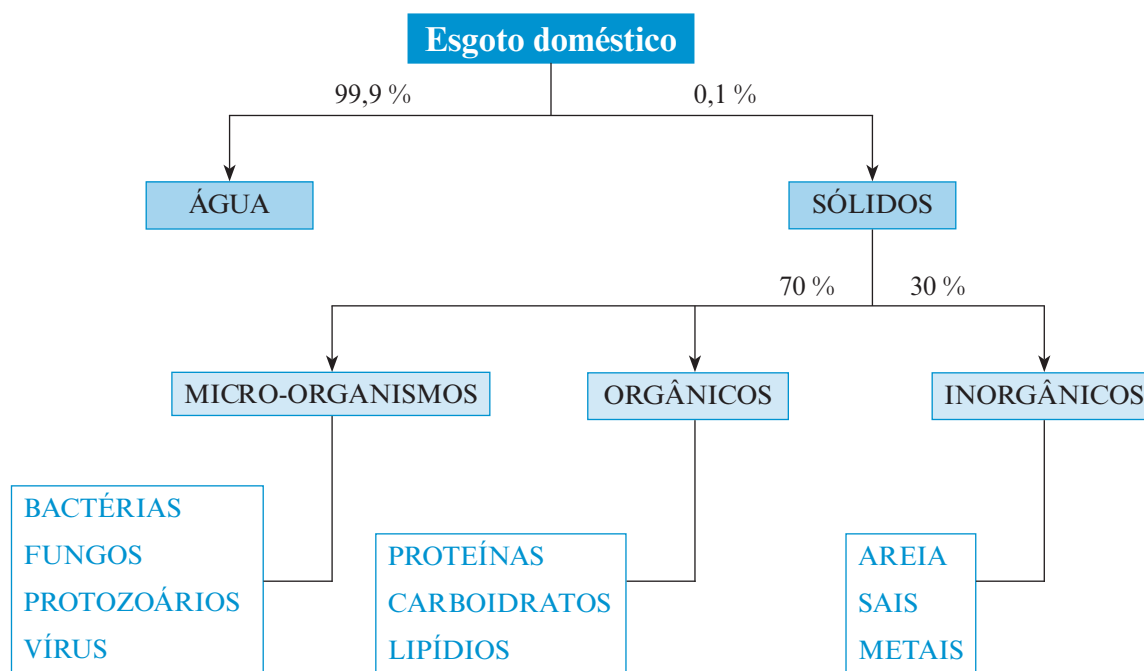
Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), em pesquisa realizada em 2000, dos 1022 distritos do Estado de São Paulo, 948 apresentavam rede coletora e 561 contavam com tratamento de esgoto sanitário (ver: Pesquisa Nacional de Saneamento Básico. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/condicaodevida/pnsb/default.sht>>. Acesso em: 6 ago. 2009).

O volume de esgoto tratado em 2000, no Estado de São Paulo, foi de 2 019 536 m³/dia. Segundo dados do IBGE, naquele ano havia 10 364 152 domicílios no Estado, dos quais

8 466 151 eram atendidos por rede coletora de esgoto ou de águas pluviais. (Disponível em: <http://www.cnm.org.br/infra/uf_infra_esgotamento.asp?iIdUf=100135>. Acesso em: 6 ago. 2009.)

Para introduzir a Situação de Aprendizagem, seria interessante apresentar o ciclo de uso da água nas regiões urbanas. Os alunos, às

vezes, não relacionam as informações sobre a captação e o despejo da água para uso doméstico. Assim, tal ciclo poderia ser construído com eles. As estações de tratamento de água e de esgoto poderiam ser adicionadas ao esquema. A necessidade de se tratar as águas servidas poderia ser discutida com base em informações sobre a composição dos esgotos domésticos. O esquema a seguir apresenta alguns dados.



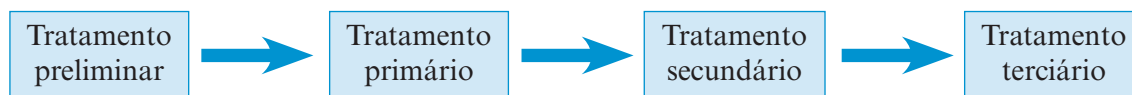
Adaptado de: MELO, Wagner J.; MARQUES, Otavio M. Potencial do lodo de esgoto como fonte de nutrientes para as plantas. In: BETTIOL, W.; CAMARGO, O. A. *Impacto ambiental do uso agrícola do lodo de esgoto*. Jaguariúna/SP: Embrapa Meio Ambiente, 2000, p. 109-141.

Assim, pode-se problematizar quais seriam as consequências do lançamento de substâncias orgânicas, provenientes dos esgotos sanitários, nas águas de rios, considerando-se a DBO (demanda bioquímica de oxigênio) para a degradação desses materiais, assunto estudado no Caderno do 1º bimestre da 2ª série

(CA, primeira das Questões para a Sala de aula). Também pode-se discutir a presença de micro-organismos patogênicos nessas águas, lembrando que conhecimentos sobre esse assunto fazem parte da proposta curricular de Biologia e foram abordados nos Cadernos da 1ª série dessa disciplina.

Uma maneira de abordar o tratamento de esgoto consiste em retomar os diferentes materiais nele presentes, lembrando que alguns são sólidos e outros estão dissolvidos. Assim, você pode informar os alunos de que o tratamento de esgoto, em uma estação de tratamento de esgoto (ETE), é feito em várias etapas, conforme o esquema a seguir, cada uma com uma finalidade específica. Você pode solicitar que busquem informações sobre cada uma dessas etapas e discutir como são feitos, em uma ETE, o **tratamento preliminar** e o **tratamento primário**. Depois, os alunos buscariam informações sobre como é feito o **tratamento secundário** em uma ETE, cabendo-lhe uma exposição do assunto, pois é nessa etapa que ocorre a degradação das substâncias orgânicas. Embora o **tratamento terciário** seja muito pouco realizado em nossas ETES, os alunos também podem buscar informações sobre as funções de tal tratamento (no CA, a atividade está proposta como Pesquisa Individual).

Os alunos poderão encontrar informações sobre o tratamento de esgoto no Estado de São Paulo nos portais da Sabesp e da Biblioteca Di-



Dando prosseguimento a esse estudo, o esquema do tratamento de esgoto poderia ser complementado com informações sobre o objetivo principal de cada uma de suas etapas. Na grade de avaliação apresenta-se um esquema com tais informações.

dática de Tecnologias Ambientais e na página da Universidade da Água. Os endereços são:

- ▶ Sabesp – no item “O que fazemos” há um subitem, “Tratamento de esgotos”, que contém informações e animações sobre o tratamento das águas servidas, as estações e as regiões que abrange. Disponível em: <<http://www.sabesp.com.br/Calandraweb/CalandraRedirect/?Proj=sabesp&Pub=T&Temp=0#>>. Acesso em: 6 ago. 2009.
- ▶ Biblioteca Didática de Tecnologias Ambientais – no item “Módulos” há um subitem, “Tratamento de esgotos”, que contém informações sobre o tratamento e estações de tratamento (Franca e Ribeirão Preto). Disponível em: <<http://www.fec.unicamp.br/~bdta/index.html>>. Acesso em: 6 ago. 2009.
- ▶ Universidade da Água – no item “Estação de tratamento” há um esquema do tratamento de esgoto. Disponível em: <<http://www.uniagua.org.br/website/default.asp?tp=3&pag=default.asp>>. Acesso em: 8 ago. 2009.

Com relação ao tratamento secundário, em que as substâncias orgânicas são transformadas, é provável que os alunos tenham muitas dúvidas sobre os processos utilizados, pois, embora já tenham as ferramentas para compreender as transformações envolvidas,

não estão familiarizados com a linguagem específica. Assim, é conveniente e necessário esclarecer, em uma aula dialogada, as informações por eles apresentadas e expor outras que considerar necessárias. Alguns aspectos que podem orientar essa aula são discutidos a seguir.

Função do tratamento secundário do esgoto

O principal é que o aluno perceba que esta etapa tem a função de remover, por meio de transformações químicas, a matéria orgânica em suspensão na água não removida nos tratamentos anteriores. Essas transformações necessitam da presença de micro-organismos para acontecer. Os alunos, certamente, irão verificar que a degradação das substâncias orgânicas pode ocorrer por um processo aeró-

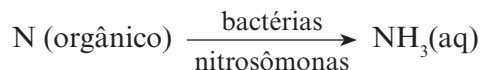
bio ou anaeróbio. Assim, você pode retomar esses conceitos. O tratamento de esgoto pode ser abordado de maneira mais superficial, ou podem ser discutidas as transformações químicas que nele ocorrem. Para facilitar a organização do material, as transformações químicas envolvidas estão explicitadas abaixo detalhadamente. Cabe a você decidir com que profundidade desenvolverá o estudo.

- Transformação das substâncias por processo aeróbio no esgoto

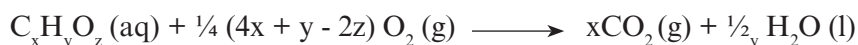
Provavelmente, os alunos já estudaram em Biologia o que é um processo aeróbio. Relembrando: certos micro-organismos, em presença de oxigênio, que permite a sua respiração, decompõem a matéria orgânica, promovendo a emissão de CO_2 . Pode-se representar tal processo para a glicose:



Outras substâncias orgânicas, como proteínas e gorduras, sofrem transformações semelhantes, gerando água e gás carbônico. Como proteínas contêm nitrogênio, em sua decomposição forma-se amônia:



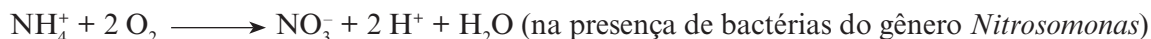
Pode-se escrever uma equação química geral para descrever o processo aeróbio de transformação de substâncias orgânicas:



A amônia formada, por sua vez, também pode sofrer ação de determinados micro-organismos, gerando nitritos:



Compostos como nitritos e sais de amônia também podem ser decompostos nesse processo, na presença de certos micro-organismos:



Você deve chamar a atenção dos alunos para o fato de que o oxigênio consumido no processo está dissolvido na fase líquida, sendo necessária sua reposição. Também pode questionar se o processo de degradação da matéria orgânica ocorreria naturalmente em um rio, lago ou reservatório, ou seja, se os processos que ocorrem na estação de tratamento de esgoto imitam os que ocorrem na natureza. Pode, ainda, problematizar a formação de nitrato, que, como os alunos já sabem, é um

nutriente cujo excesso pode contribuir para o crescimento exagerado de plantas nas águas.

► Remoção do nitrato

Os nitratos podem ser removidos também por ação de micro-organismos, transformando-se em gás nitrogênio na presença de substâncias orgânicas. Para citar um exemplo, na presença de metanol o processo pode ser representado pela seguinte equação:



► Reposição do oxigênio de maneira a garantir a eficiência do processo

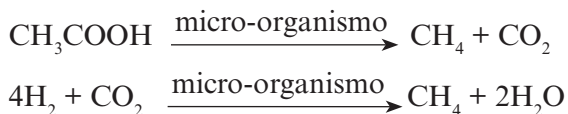
Após terem pesquisado sobre os diferentes métodos empregados nas ETEs no tratamento secundário, os alunos possivelmente verificaram que um deles, chamado de lodo ativado, faz uso de agitação contínua do material, pela introdução de ar atmosférico no sistema. Eles também podem se referir às lagoas de estabilização em que o tratamento é feito. São lagoas de baixa profundidade (menos de 2 m) onde algas que fazem fotossíntese se desenvolvem na presença de luz e de matéria orgânica. Como já é do conhecimento dos alunos, na reação de fotossíntese há formação de oxigênio; em virtude disso, a aeração da lagoa é mantida.

► Transformação das substâncias por processo anaeróbico no esgoto

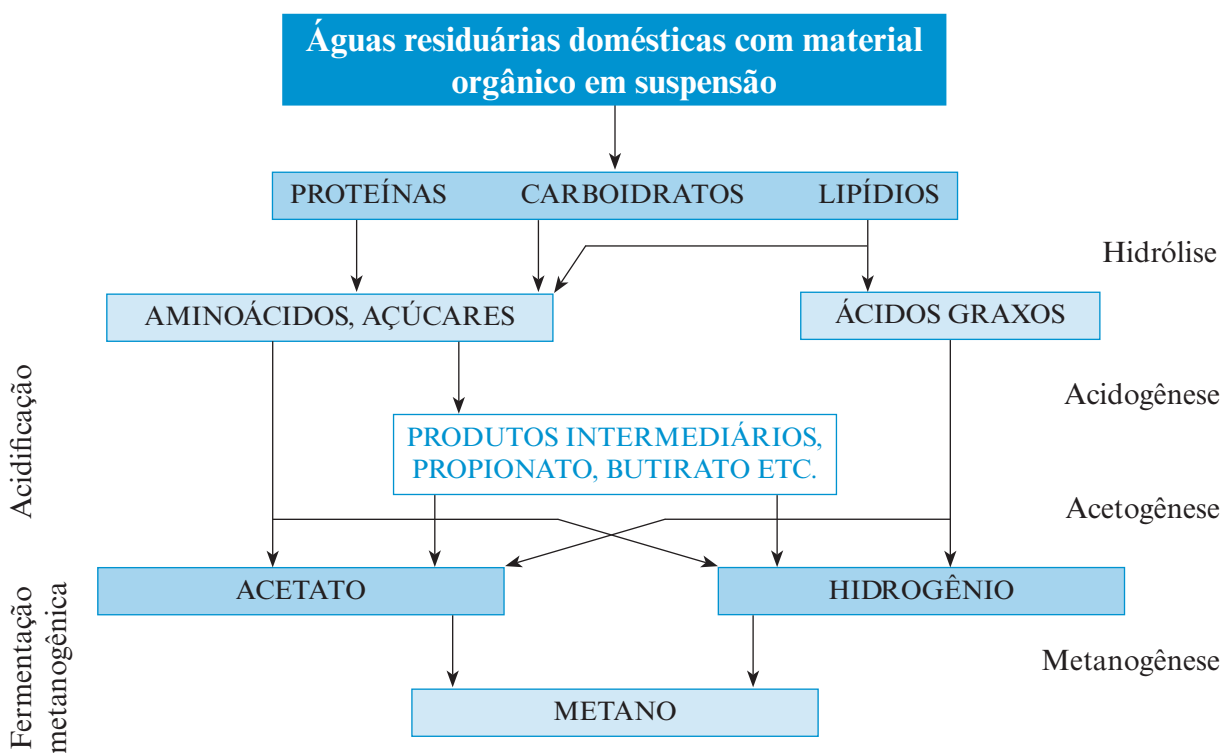
Os alunos já sabem que em processos anaeróbios, micro-organismos decompõem substâncias orgânicas na ausência de oxigênio (por exemplo, a digestão de lixo orgânico e de dejetos animais), ocorrendo a formação de metano. Da mesma maneira, a decomposição de carboidratos, proteínas, gorduras e outras substâncias orgânicas presentes no esgoto doméstico pode ocorrer por processos anaeróbios, com a formação de metano e gás carbônico. Você pode explicar que o processo ocorre em várias etapas, envolvendo diferentes micro-organismos. Em um primeiro estágio, as substâncias, na presença de micro-organis-

mos, sofrem transformações em que se obtêm substâncias orgânicas de menor massa molar, como ácidos carboxílicos, aminoácidos e açúcares. Essas, na presença de outros micro-organismos, sofrem decomposição, obtendo-se principalmente ácido acético e os gases hidrogênio e dióxido de carbono. Na presença de micro-organismos metanogênicos, essas subs-

tâncias sofrem reações, havendo formação de metano.



O diagrama a seguir pode auxiliar na visão geral do processo anaeróbico.



Sequência de processos na digestão anaeróbica de substâncias orgânicas.

FERNANDES, Carlos. Digestão anaeróbia. Disponível em: <<http://www.dec.ufcg.edu.br/saneamento/DigeAnae.html>>. Acesso em: 6 ago. 2009.

Com relação ao **tratamento terciário**, pouco aplicado nas ETEs, você pode sintetizar as informações que os alunos coletarem. De maneira geral, o tratamento terciário inclui um ou vários dos seguintes processos:

- ▶ remoção de compostos orgânicos dissolvidos por adsorção em carvão ativado;

- ▶ remoção de metais pesados pela adição de hidróxidos ou sulfetos, com a formação de hidróxidos e sulfetos pouco solúveis em água;

- ▶ remoção de fosfatos pela adição de hidróxido de cálcio, com a formação do sal pouco solúvel em água $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{OH}$.

(No CA são propostas quatro Questões para a Sala de Aula sobre o tratamento de esgotos.)

Para que os alunos possam aplicar os conceitos construídos e conhecer suas próprias realidades, pode-se propor a realização de algumas tarefas, como as descritas a seguir (no CA estão propostas como Desafio!).

1. Conhecendo o saneamento básico na cidade – conhecer a situação de sua cidade em relação à quantidade de domicílios atendidos pela rede coletora, às condições de descarte do esgoto coletado e à existência de estação de tratamento e processos utilizados.

2. Esgotos e DBO – relacionar o lançamento de esgotos domésticos tratados e não tratados com a DBO (1º bimestre, 2ª série), discutindo dados de rios da região, se existirem. Você pode sugerir a construção de esquemas e de gráficos que representem a variação da quantidade de oxigênio dissolvido na água ou o aumento de DBO em várias regiões do rio com o passar do tempo, em função do lançamento de esgotos. Os alunos poderiam elaborar um painel sobre o tema “Morte e vida de um rio”, mostrando como um rio pode morrer e como poderia se autodepurar ou, metaforicamente, renascer.

Grade de avaliação da Atividade 2

Espera-se que os alunos apontem que o tratamento preliminar do esgoto tem a fina-

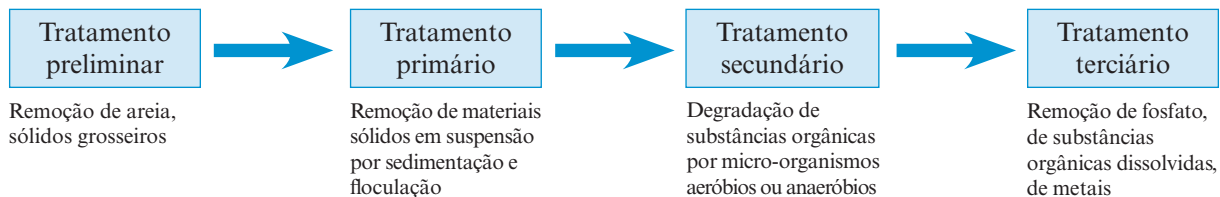
lidade de remover materiais sólidos grosseiros, areia e materiais que se encontram em sua superfície, como óleos, com a utilização de uma grade e de uma caixa que retém a areia.

Com relação ao tratamento primário, devem apontar que sua finalidade é a remoção de sólidos de menores dimensões presentes na água. São utilizados tanques de decantação, nos quais se deposita parte desses sólidos (lodo primário) e o líquido é decantado para seguir o tratamento. Podem mencionar também outros processos empregados no tratamento primário, como a floculação, em que são adicionados ao tanque de decantação sais de alumínio ou de ferro para a remoção de sólidos de menores dimensões (mesmo princípio da floculação no tratamento da água de abastecimento).

Quanto ao processo secundário, as expectativas de aprendizagem podem ser consideradas em termos do que foi apresentado anteriormente.

Com relação ao tratamento terciário, espera-se que eles mencionem que ele tem por objetivo a remoção de poluentes específicos e, principalmente, de substâncias que contêm nitrogênio e fósforo, como descrito anteriormente.

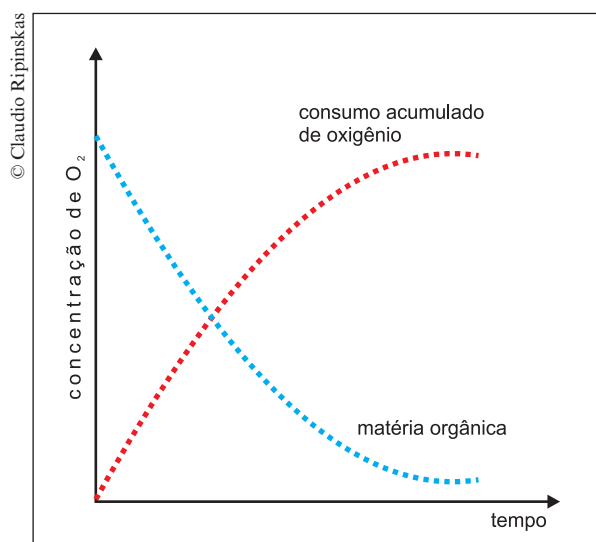
Os alunos podem elaborar um esquema como o apresentado a seguir (no CA consta como a primeira questão da Lição de Casa).



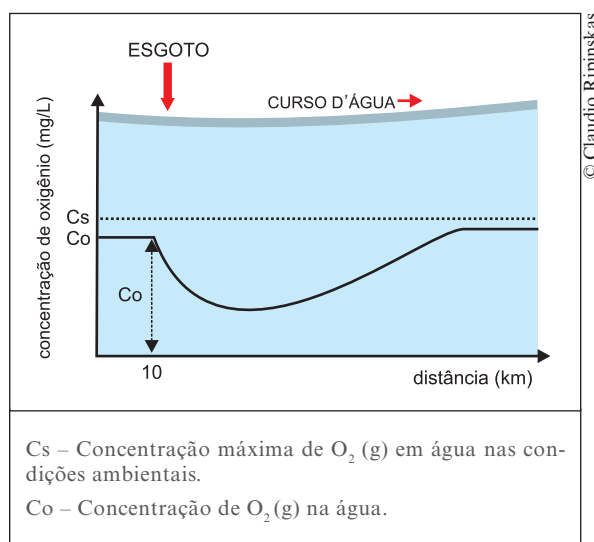
Podem, ainda, elaborar esquemas como o disponível na página da Sabesp: <<http://www.sabesp.com.br/CalandraWeb/CalandraRedirect/?temp=4&proj=sabesp&pub=T&db=&docid=FDADB6DEB2F5B3408325734E005D92CD>>. Acesso em: 14 ago. 2009.

Com relação à questão sobre a DBO, espera-se que os alunos correlacionem o lança-

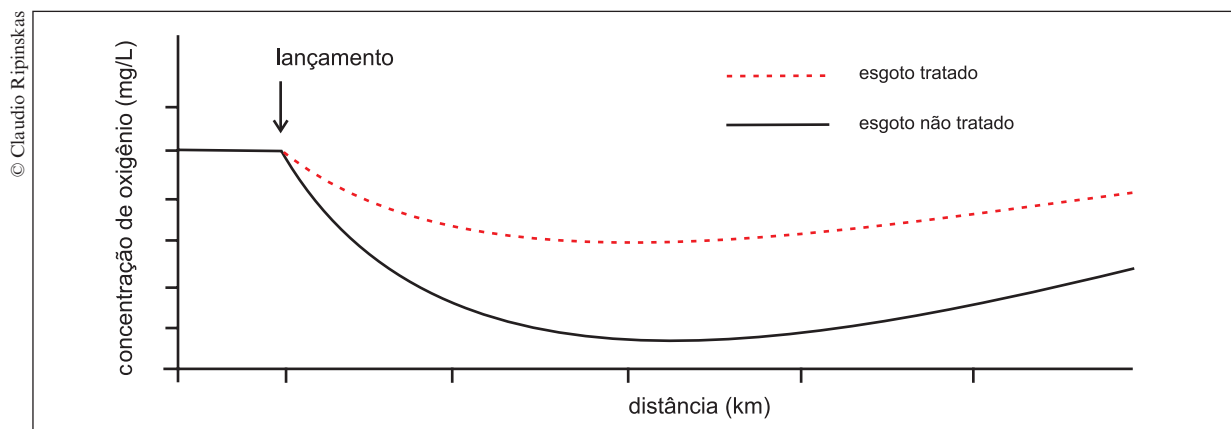
mento de esgotos diretamente em um corpo de água com o consumo de oxigênio dissolvido nessas águas, mencionando que a remoção de substâncias orgânicas da água pelo tratamento do esgoto diminuirá a demanda bioquímica de oxigênio. Os alunos podem elaborar representações gráficas como as que seguem.



Variação da concentração de oxigênio dissolvido e da quantidade de matéria orgânica em águas com o tempo.



Variação da concentração de oxigênio em um curso de água ao longo do percurso, com o lançamento de esgoto doméstico.



Comparação da variação da concentração de oxigênio em um curso de água com o lançamento de esgoto tratado e não tratado.

Atividade 3 – A presença de íons fosfato na água

Nesta Atividade pretende-se que os alunos conheçam alguns dos problemas de poluição causados pelo aumento da quantidade de íons fosfato nas águas, o que pode causar a eutrofização de lagos, mananciais e rios. A presença de fosfatos nas águas pode

ser devida à decomposição de substâncias orgânicas que contêm fósforo, de adubos e de detergentes para lavagem de roupas (sabão em pó).

Uma sugestão para iniciar a atividade é fazer a leitura do texto a seguir (no CA, ver Leitura e Análise de Texto e também as questões propostas para o seu entendimento):

13 abril 2005

Rios sem espumas – Resolução Conama determina redução de fósforo de sabão e detergente

Os fabricantes de sabões e detergentes em pó terão três anos para reduzir em 1,5% a concentração de fósforo na fórmula de seus produtos. A medida, aprovada no Conama – Conselho Nacional de Meio Ambiente, no dia 29/03, visa reduzir a quantidade dessa substância nos rios brasileiros, de uma média de 64 toneladas por dia para 46 toneladas por dia, para melhorar a qualidade da água. Após três anos, a medida será reavaliada.

[...]

O fósforo limita os processos ecológicos. Em excesso, pode levar à eutrofização, ou seja, provoca o enriquecimento da água com nutrientes que favorecem a proliferação de algas tóxicas. Além de servir de criadouros para vetores de doenças, dar gosto ruim e mudar a coloração da água, essas plantas afetam turbinas, hélices de motores e a navegação. “A Resolução vai impe-

dir que ocorram, por exemplo, problemas como o que vimos em São Paulo, em 2003”, disse o diretor do Conama, Nilo Diniz, ao lembrar da espuma que se formou no Rio Tietê e invadiu a cidade de Pirapora do Bom Jesus, em decorrência da grande concentração de poluentes na água.

O fósforo, junto com o nitrogênio, encontrado nos agrotóxicos e nas fezes, despejado sem trata-

mento nos rios pelos esgotos domésticos, é um dos principais responsáveis pela poluição dos rios brasileiros. A redução do fósforo nas fórmulas de sabões e detergentes em pó é um primeiro passo no sentido de minimizar os efeitos dessa poluição.

[...]

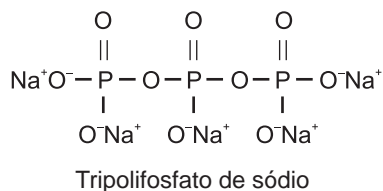
Disponível em: <<http://noticias.ambientebrasil.com.br/noticia/?id=18588>>. Acesso em: 20 ago. 2009.

Para o entendimento do texto, você pode pedir aos alunos que sublinhem as palavras cujo significado não conhecem e discutam-nas em classe, além de formular algumas questões para guiar a leitura e a compreensão do texto:

- ▶ *Quais são as principais fontes de compostos de fósforo nos rios brasileiros?*
- ▶ *Qual é a quantidade do elemento fósforo lançada nos rios anualmente?*
- ▶ *Qual é a medida proposta pelo Conama visando controlar o lançamento de fósforo?*
- ▶ *Qual será a porcentagem de redução do elemento fósforo esperada pela adoção da medida?*
- ▶ *Que efeitos o elemento fósforo pode causar nas águas?*

- ▶ *Quais são as possíveis fontes do elemento nitrogênio nas águas?*
- ▶ *O que é eutrofização?*
- ▶ *Escreva o nome e a fórmula da substância que contém fósforo, geralmente utilizada nos detergentes empregados para lavar roupa.*

Você pode sugerir aos alunos que, individualmente ou em duplas, leiam o texto e respondam às questões propostas para entendimento, discutindo-as em seguida. Deve informá-los que os fosfatos são adicionados aos detergentes em pó com o objetivo de reagir com os íons responsáveis pela dureza das águas – como o Ca^{2+} e o Mg^{2+} –, facilitando a ação de limpeza, e que o elemento fósforo está presente nas águas na forma de fosfatos (PO_4^{3-}). Nos detergentes são utilizados sais de tripolifosfato, em geral, o tripolifosfato de sódio ($\text{Na}_5\text{P}_3\text{O}_{10}$).



O excesso de tripolifosfato proveniente das águas de lavagem alcança os corpos de água, reagindo lentamente com a água, formando íons fosfato, como é mostrado na equação:



Aproveitando ainda o texto, pode-se pedir aos alunos que procurem explicar a última frase: “A redução do fósforo nas fórmulas de sabões e detergentes em pó é um primeiro passo no sentido de minimizar os efeitos dessa poluição [dos rios]”. Pode-se ainda questionar o que acontece com as substâncias orgânicas presentes nesses materiais quando alcançam as águas de rios, lembrando a decomposição da matéria orgânica abordada anteriormente. Para ampliar os conhecimentos dos alunos, pode-se sugerir que busquem informações sobre a substituição do fosfato nos sabões e detergentes em pó por outras substâncias menos agressivas ao meio ambiente.

Grade de avaliação da Atividade 3

Espera-se que os alunos, ao discutirem a parte final do texto, apontem que a redução da quantidade de fosfato é um primeiro passo, mas que não resolverá o problema de poluição das águas por esse material, pois sua carga nos detergentes não foi totalmente eliminada, além do fato de que há outras fontes introdutoras de fosfato nas águas, como os fertilizantes e os esgotos domésticos – mesmo

quando tratados. Espera-se, ainda, que os alunos mencionem que a eutrofização também é causada pelos nitratos presentes nas águas provenientes da decomposição das substâncias orgânicas advindas de esgotos domésticos e de fertilizantes.

Atividade 4 – Outros aspectos da poluição das águas: sugestões de temas para estudo

A poluição das águas é um tema bastante amplo, não se esgotando nas sugestões apresentadas nas Situações de Aprendizagem anteriores. Assim, apresentam-se algumas sugestões de temas que podem ser abordados em sala de aula, os quais poderão compor estudos complementares, de acordo com as possibilidades e limites de cada escola e grupo (no CA, os temas constam na Pesquisa Individual):

- ▶ Contaminação das águas por defensivos agrícolas;
- ▶ Contaminação das águas por metais pesados;
- ▶ Derramamento de petróleo nos mares.

SITUAÇÃO DE APRENDIZAGEM 3 PERTURBAÇÕES NA BIOSFERA

Muitos são os impactos causados por atividades humanas na biosfera. Nesta Situação de Aprendizagem, optou-se por discutir

as perturbações causadas pelo uso de pesticidas e pelo acúmulo de plásticos no meio ambiente.

Tempo previsto: 4 aulas.

Conteúdos e temas: bioacumulação de pesticidas (DDT); síntese do DDT; pesticidas organofosforados e carbamatos; diferentes plásticos: PET, PEAD, PVC, PEBD, PS e outros.

Competências e habilidades: reconhecer o DDT como agente poluidor da biosfera; aplicar conceitos de concentração em ppm, de solubilidade, de estrutura molecular e de equilíbrio químico para entender a bioacumulação de pesticidas ao longo da cadeia alimentar e para entender a síntese do DDT; aplicar conceitos de densidade e de concentração para elaborar um procedimento visando à identificação e à separação de plásticos para a reciclagem; reconhecer plásticos como lixo sólido poluente.

Estratégias de ensino: análise de esquemas e tabelas; aulas expositivo-dialogadas; entrevistas; pesquisas; discussões; planejamento de prática experimental.

Recursos: livros; materiais de outras séries.

Avaliação: apresentação da proposta experimental; tarefa solicitada; participação; apresentação de material solicitado.

Atividade 1 – Pesticidas e bioacumulação

Nesta Atividade, os alunos são convidados a aprofundar o estudo da bioacumulação do pesticida DDT, já abordada em Biologia no 2º bimestre da 1ª série. Eles aplicarão conhecimentos sobre equilíbrio químico e solubilidade em água para entender a produção do pesticida. Poderão também explicar a bioacumulação em seres vivos, relacionando a estrutura do DDT com sua alta solubilidade em gorduras e sua baixa solubilidade em água. A

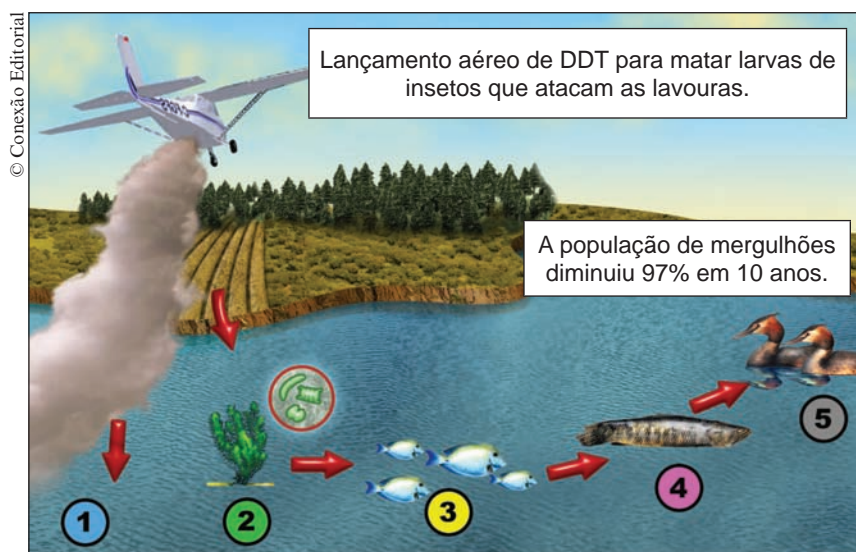
atividade permite também que utilizem conceitos já estudados em Biologia para julgar a importância de fazer escolhas corretas de consumo e de conhecer Química para saber avaliar riscos ambientais e sociais. Como o tema já foi estudado em Biologia, fica a seu critério aprofundar os aspectos químicos e atitudinais aqui propostos.

A problematização do estudo pode ser feita por meio de perguntas que busquem estabelecer conexões entre pesticidas e o que os alunos já conhecem:

- ▶ *O que significa dedetizar uma casa?* (Provavelmente, os alunos responderão que é colocar veneno em uma casa para matar baratas, formigas e insetos.)
- ▶ *Que tipo de veneno é utilizado no processo?* (Provavelmente, eles não saberão ou talvez citem marcas de inseticidas existentes no mercado.)

Pode-se, então, rerepresentar à turma o esquema de bioacumulação do DDT ao longo dos níveis tróficos (já estudado em Biologia

no 2º bimestre da 1ª série) e solicitar que seja explicado (no CA, é a primeira das Questões para a Sala de Aula). Analisando o esquema, os alunos perceberão que o DDT vai sendo bioacumulado a cada nível trófico. Observando sua pulverização aérea, mostrada na figura, eles podem perceber que parte do DDT destinado às plantações acaba caindo em outros locais. Por se tratar de sólido finamente dividido (pó), o pesticida permanece algum tempo no ar e, dependendo dos ventos, pode cair em locais inapropriados, como na água.



	1. Água	2. Fitoplâncton e vegetais aquáticos	3. Peixes herbívoros	4. Peixes carnívoros	5. Mergulhões
DDT/ppm	0,00005	0,04	0,2 a 1,2	1 a 2	3 a 76

Em seguida, inicia-se o estudo químico dos pesticidas para que se possa entender melhor a bioacumulação por meio de aula expositivo-dialogada conduzida por algumas perguntas.

Você acha que, quando se fala em dede-

tizar uma residência, o pesticida a ser usado será o DDT? (No CA, esta é a segunda das Questões para a Sala de Aula.) Talvez os alunos achem que sim. Então, pode-se fornecer a eles a seguinte informação (no CA, consta como questão 3):

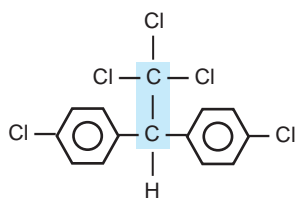
A Lei nº 11.936, de 14 de maio de 2009, em seu Art. 1º proíbe, em todo o território nacional, a fabricação, a importação, a exportação, a manutenção em estoque, a comercialização e o uso do diclorodifeniltricloroetano (DDT). Em seu Art. 2º determina que todos os estoques de produtos contendo DDT, existentes no país à data

de publicação desta lei, devem ser incinerados no prazo de 30 (trinta) dias, tomadas as devidas cautelas para impedir a poluição do ambiente e riscos para a saúde humana e animal.

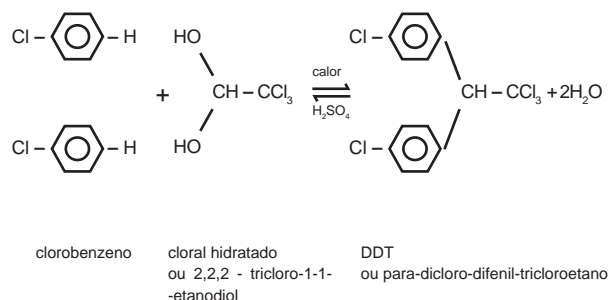
(Disponível em: <http://www.senado.gov.br/sf/atividade/Materia/detalhes.asp?p_cod_mate=40872>. Acesso em: 7 ago. 2009.)

Espera-se que, após terem tido acesso a essa informação, os alunos respondam que o DDT **não** deve ser utilizado em dedetizações domésticas, pelo menos no Brasil. Eles podem ser informados de que esse pesticida foi utilizado durante muito tempo para acabar com pragas em residências, em hospitais e na agricultura. Por esse motivo, seu nome originou um verbo (**dedetizar**) que, até hoje, é utilizado para designar a aplicação de pesticida.

Você pode então apresentar a fórmula estrutural do DDT (para-diclorodifeniltricloroetano) e discutir com os alunos a sua polaridade.



Após concluírem que a molécula é pouco polarizada, poderão inferir que o DDT é pouco solúvel em água. A equação que representa a síntese do DDT pode ser então apresentada:



- O que representa a dupla seta? Que espécies coexistem em equilíbrio?

Os alunos deverão se lembrar de que essas duas semissetas indicam se tratar de uma transformação que atinge um equilíbrio químico dinâmico no qual coexistem o clorobenzeno, o cloral hidratado, o DDT e a água.

Pode-se desafiá-los com a pergunta: *Lembrando que o DDT e o clorobenzeno são praticamente insolúveis em água, o que se pode fazer para separar o DDT das outras espécies que coexistem no equilíbrio químico descrito? (no CA, esta questão constitui o Desafio!).* Pode ser apresentada a tabela a seguir, onde constam algumas das propriedades de algumas substâncias envolvidas no equilíbrio.

Substância	TF (°C)	TE (°C) a 1 atm	d (g/cm ³) a 25 °C	Solubilidade a 25 °C
Clorobenzeno	-45	131	1,11	Muito pouco solúvel em água
DDT	106,5	260	1,60	Solúvel em clorobenzeno, muito pouco solúvel em água
Água	0	100	1,00	Muito pouco solúvel em clorobenzeno
Cloral hidratado	57	98	1,91	Muito solúvel em água
Ácido sulfúrico	10,3	337	1,83	Muito solúvel em água

Os alunos podem responder que o DDT está solubilizado no clorobenzeno e as demais substâncias (ácido sulfúrico e cloral hidratado) estão solubilizadas na água. Pode-se adicionar mais água para separar melhor as duas fases líquidas imiscíveis entre si: a camada superior, a aquosa, pois apresenta menor densidade, contém principalmente a água, o ácido sulfúrico e o cloral hidratado; a outra fase é formada principalmente pelo DDT dissolvido no clorobenzeno. Após a separação das fases, a mistura clorobenzeno e DDT pode ser destilada, pois as substâncias apresentam temperaturas de ebulição bastante diferentes.

Industrialmente, a fase orgânica é lavada várias vezes e a destilação do clorobenzeno é feita por arraste a vapor.

Neste momento, é importante explicitar que foram usados diversos conceitos aprendidos ao longo das aulas de Química para entender e explicar a reatividade e o comportamento de substâncias em diferentes situações. Os alunos deverão compreender que nem sempre são necessários saberes químicos muito sofisticados para fazer previsões e propor processos de transformação.

Você pode propor aos alunos a seguinte situação:

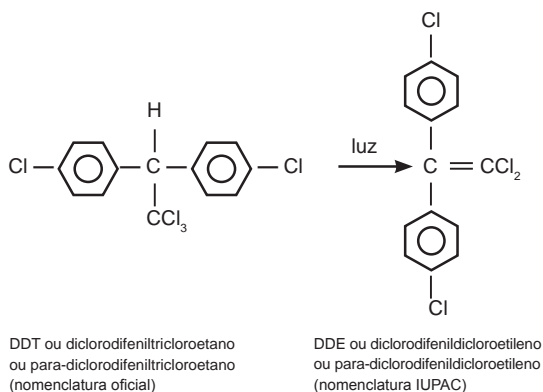
- ▶ Moléculas de gorduras são pouco polares assim como o DDT. Usando os conhecimentos que vocês já possuem, tentem explicar o seguinte fato: quanto maior o nível em que o organismo se situa na cadeia alimentar (nível trófico), maiores as concentrações de DDT que nele podem ser encontradas.

Esta situação possibilita ao aluno explicar que o DDT deve ser solúvel em gorduras e pode assim ficar armazenado nas gorduras de organismos vivos. Quanto mais acima na cadeia alimentar o organismo se encontra, maiores chances tem de se alimentar de outros que possuem DDT acumulado em seu tecido adiposo (CA, Lição de Casa).

Você pode então informar aos alunos que o DDT, no ambiente, sofre transformações na presença da luz solar, ocorrendo a formação do DDE. Certos organismos – inclusive o ser humano – conseguem metabolizar o DDT transformando-o em DDE (diclorodifenildicloroetileno), que é muito mais difícil de ser

eliminado, além de inócuo no combate a pragas. Isso se deve ao fato de sua estrutura estar baseada em uma unidade planar ($\text{C}=\text{C}$) que não permite a reação com as estruturas dos canais nervosos dos insetos. O DDT pode ser metabolizado em DDE e DDD. Nesse último, um átomo de cloro do carbono não aromático é substituído por hidrogênio. O DDD ainda é ativo como praguicida, pois sua estrutura é espiralada e semelhante à do DDT. Existem ainda outros metabólitos do DDT. Ainda não foi comprovado, mas estudos indicam que o DDE apresenta propriedades carcinogênicas.

Para continuar o estudo, você pode fornecer informações sobre o DDT e solicitar aos alunos que avaliem se o seu uso foi positivo ou negativo. O que se pretende com esta atividade é permitir que eles percebam que, ao se optar pelo uso ou não uso de pesticidas, há custos e benefícios sociais, econômicos e ambientais. Ao final, pode-se deixar no ar as seguintes questões: *É fácil julgar a proibição ou o emprego de um determinado produto. Quando vocês tiverem na sua casa uma praga (formigas ou baratas, por exemplo), o que vocês farão?*



Informações relativas ao DDT para ser discutidas pelos alunos*

1. A síntese do DDT é simples e sua produção é barata.
2. Quando seu uso foi iniciado, o DDT não apresentou efeitos em populações humanas, parecendo matar somente insetos.
3. A Organização Mundial da Saúde (OMS) recomenda o uso de DDT para matar o mosquito da malária.
4. O DDT é bastante resistente no ambiente e sua degradação é muito lenta. Isso significa que, mesmo após a aplicação, continua agindo por ação residual, não necessitando de outras reaplicações durante um bom período de tempo.
5. O DDT se bioacumula ao longo da cadeia alimentar.
6. Algumas populações de insetos se tornaram resistentes ao DDT. Algumas espécies de moscas sofreram mutações produzindo enzimas que catalisam a transformação do DDT em DDE.

* No CA, constam no Desafio!

7. Ao longo do tempo, a eficácia de diversos pesticidas, entre eles o DDT, diminui.
8. A pulverização por aviões faz com que o pesticida permaneça no ar por determinado tempo e, dependendo das condições climáticas, da forma de aplicação, da altura em que é aplicado e da velocidade de pulverização, até 50% pode cair em outros locais, inclusive em corpos d'água.
9. Há países onde o uso do DDT é ilegal; alguns desses países, entretanto, são fabricantes e exportadores desse pesticida.
10. O DDT não foi banido em muitos países, principalmente nos subdesenvolvidos e tropicais, onde a incidência de malária, tifo e febre amarela é muito grande.
11. Sem o uso de agrotóxicos, a produção de alimentos requerida para suprir as necessidades humanas atuais está comprometida.
12. Reações alérgicas na pele, cancros no fígado e efeito mutagênico são efeitos comprovados do DDT em seres humanos. O DDT é considerado possivelmente cancerígeno.

Os alunos podem ser informados de que o DDT faz parte da classe dos pesticidas chamados organoclorados. Caso queira, você pode apresentar informações sobre outras classes de pesticidas: os organofosforados e os carbamatos (no CA, há a proposta de uma Pesquisa Individual).

Espera-se que os alunos concordem que nem sempre é fácil tomar decisões proibitivas (mais difícil ainda é garantir seu cumprimento), que muitos efeitos nocivos somente são detectáveis a longo prazo e que nem sempre se sabe qual é esse prazo. Isso implica a permissão de uso e a comercialização de pesticidas que, com o tempo, podem se mostrar prejudiciais ao meio ambiente e aos seres vivos.

Grade de avaliação da Atividade 1

Os alunos deverão saber analisar a polaridade de uma molécula de DDT para explicar sua solubilidade em gorduras e sua bioacu-

mulação ao longo dos níveis tróficos. Devem também saber explicar a relação entre sua baixa solubilidade em água e sua persistência em ambientes abertos e em organismos vivos. Devem reconhecer que pesticidas da classe dos organofosforados e dos carbamatos, também solúveis em gorduras, não se bioacumulam. Por serem pouco solúveis em água, esses pesticidas, como o DDT (organoclorado), acabam por ficar nos locais onde caíram ao ser aplicados (apresentam pequena mobilidade, o que é uma vantagem), sendo pouco carregados para os lençóis freáticos, rios, lagoas e mares. Por outro lado, são inseticidas muito agressivos, que exigem muitos cuidados durante sua aplicação e nos períodos em que se mantêm ativos, o que ocasiona desequilíbrios ecológicos agudos. É desejável também que os alunos se conscientizem de que podem aplicar conhecimentos que já possuem para entender problemas ambientais e para avaliar os riscos da utilização de pesticidas.

Atividade 2 – Uso e reconhecimento de plásticos

Nesta Atividade, os alunos deverão refletir sobre o problema da poluição causada por plásticos. Você pode iniciar a aula apresen-

Em Florianópolis, foi sancionada a Lei 7627, de 12 de maio de 2008, que entrou em vigor em 19 de maio, e que em seu artigo 3º diz o seguinte: “As sacolas e os sacos plásticos devem atender aos seguintes requisitos: degradar ou desintegrar, por oxidação em fragmentos em um período de tempo não superior a dezoito meses [...]” As empresas

A conversa pode ser desencadeada pelas perguntas:

Qual é a importância dessa lei? Será que os clientes de supermercados e feiras livres vão achá-la ruim? Como os estabelecimentos podem contornar esse desconforto?

Provavelmente os alunos vão dizer que a lei é importante porque o plástico polui o ambiente. Alguns talvez arrisquem dizer que o plástico não é biodegradável. Sugere-se um exame mais minucioso das respostas que utilizam palavras-chave, pois estas, muitas vezes, são dadas sem que haja uma real compreensão por parte dos alunos. Ideias para contornar o problema: venda de sacolas de pano ou de outro material; que tenham vida útil longa; empréstimo de sacolas após pagamento de depósito; descontos para os clientes que levem suas próprias embalagens (não descartáveis) para carnes, frios, queijos, verduras e outros

tando à turma, em uma roda de conversa, o conteúdo da Lei 7.627, sancionada em Florianópolis, em 12 de maio de 2008, pela qual fica proibida a distribuição de sacolas de plástico ditas não degradáveis (no CA, Leitura e Análise de Texto).

terão até 1 ano para substituir 100% das sacolas utilizadas, o que pode ser feito escalonadamente: 40% em até quatro meses e 80% em até oito meses. A fiscalização será feita pela Vigilância Sanitária do município.

(Disponível em: <www.pmf.sc.gov.br/portal/meioambiente/pdf/legislacao/lei7627_08.pdf>. Acesso em: 7 ago. 2009.)

alimentos. Muito complicado? Incômodo? Há um preço para tudo. Mas há benefícios.

Pode-se então fornecer a seguinte informação: “O plástico representa em média 18% do lixo total, e a cidade de São Paulo gerou, em 2006, cerca de 13 mil toneladas de lixo domiciliar e comercial por dia (além de lixo industrial, resíduos de construção, lixo de estabelecimentos de saúde, lixo tecnológico e outros), o que significa 2340 toneladas de plásticos que demorarão mais de 100 anos para se degradar”.

► A densidade dos plásticos gira entre 0,9 e 1,4 g/cm³. Calcule o volume mínimo que o plástico pode representar em metros cúbicos (no CA, esta é a primeira das Questões para Análise do Texto).

Os alunos deverão chegar a um número aproximado de 1671 m³, ou seja, 1671 caixas

de água com capacidade de 1000 L cheias de plásticos que levarão mais de 100 anos para ser degradados. No final de um ano, esse número chega a 609 915 caixas de água (de 1000 l) cheias de plásticos. Considerando agora que uma piscina olímpica (de 50 m de comprimento) tem uma capacidade de 2500 m³ de água, a quantidade de plásticos jogados no lixo somente na cidade de São Paulo é de cerca de 244 piscinas olímpicas cheias de plásticos por ano.

Continuando o estudo, você pode arrazoar: *Os plásticos, se misturados ao lixo orgânico, vão para lixões, aterros sanitários ou aterros controlados e podem levar, no mínimo, 30 anos (podendo chegar a 450 anos) para se degradar. Por quanto tempo conseguiremos dispor de espaços para aterros e lixões?* Muitos dos plásticos acabam indo para rios, lagos e mares. Os alunos são, então, informados de que plásticos, quando separados, podem ser reciclados ou incinerados. Alguns tipos de plásticos, como garrafas PET, plásticos PEAD, PEBD, PVC, PP e PS, podem ser reciclados.

Há quem defenda a incineração. A queima de material plástico libera energia considerável, mas também libera o gás CO₂, que, como já foi estudado, contribui para a intensificação do efeito estufa e da acidez de chuvas. Gases tóxicos também são liberados pela queima de alguns plásticos, como o PVC, que, ao ser queimado, libera dioxinas, substâncias tidas como mutagênicas, além do cloreto de hidrogênio (HCl), um gás corrosivo. Lixo hospitalar, entretanto, deve

ser incinerado. As seguintes questões podem ser debatidas com a turma (no CA, a segunda questão para análise do texto refere-se a vantagens e desvantagens da incineração):

Vocês defendem a utilização de material descartável para uso hospitalar, como seringas, bolsas para sangue e para soro, luvas cirúrgicas? Quais materiais são, na sua opinião, absolutamente indispensáveis? Cirurgiões usam instrumentos (separadores, pinças etc.) de plástico? Esses instrumentos podem ser esterilizados? Qual é o custo financeiro dessa esterilização (aquecimento, água e manutenção de autoclaves)? E qual é o custo ambiental da queima do material plástico?*

É importante que os alunos percebam que não é necessário haver consenso, mas que as opiniões expressas devem ser fundamentadas e consistentes. Nem sempre a melhor solução para uma dada população é a melhor para outra. Por exemplo: em uma situação de calamidade pública (após furacões, terremotos, maremotos etc.), seria possível a esterilização de seringas? Uma informação: o vírus da hepatite C só pode ser eliminado em autoclave; uma simples fervura não o inviabiliza.

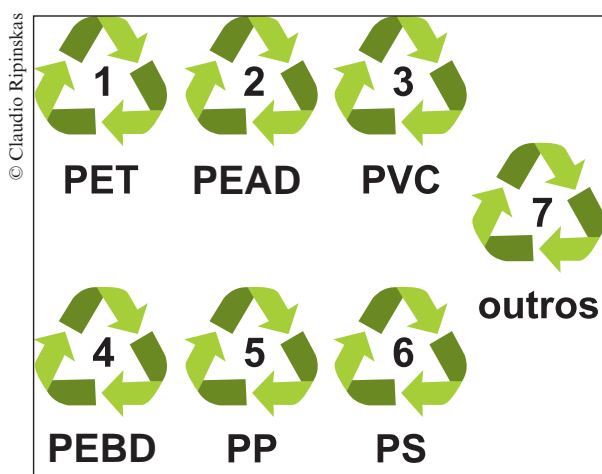
Em uma terceira etapa, os alunos deverão propor um procedimento experimental que permita a separação de plásticos de acordo com suas densidades específicas. O pré-laboratório pode ser assim conduzido:

Que tipos de plásticos vocês conhecem?

* Autoclave é um equipamento que utiliza vapor a alta pressão e alta temperatura para esterilização.

Provavelmente, vão aparecer respostas como: sacos de lixo, garrafas PET, canos de PVC etc.

Os alunos devem ser informados de que, para reciclar plásticos, é preciso separá-los com base no polímero de origem. Muitas empresas de reciclagem trabalham apenas com resíduos industriais, pois apresentam qualidade garantida quanto à homogeneidade e quanto à contaminação por outros plásticos ou materiais. Logo, para que plásticos provenientes de lixos domésticos possam ser reciclados, devem ser separados. Quanto melhor a separação e a limpeza dos mesmos, maior será seu reaproveitamento. A separação de plásticos é feita levando-se em conta o tipo de polímero que o compõe, mas essa separação tem-se mostrado problemática e tem restringido a reciclagem desse material: muitos artefatos são fabricados com mais de um tipo de resina, o que impossibilita sua separação. Já se começou a codificar os plásticos e imprimir nas embalagens, no rótulo ou no artefato, o código correspondente ao polímero usado ou ao polímero preponderante.



Código internacional para a identificação de plásticos.

* Deve ser lembrado que o conceito de densidade foi abordado na 1ª série (1º bimestre), tendo sido sugerida uma atividade experimental.

Os alunos agora poderão ser desafiados a propor uma prática experimental que permita a separação de plásticos produzidos com as resinas polipropileno (PP), polietileno de alta densidade (PEAD), poliestireno (PS) e polietileno tereftalato (PET). Nessa etapa do Ensino Médio, espera-se que os alunos já consigam utilizar conceitos químicos para resolver problemas. Caso você ache que eles não são capazes de fazê-lo, pode ajudá-los, induzindo a discussão por meio de perguntas:

O que acontece quando colocamos, em uma vasilha cheia de água, um material não solúvel em água, com densidade maior do que a dela?*

Caso os alunos não consigam responder à questão, você pode colocar um pedaço de cano de PVC em uma vasilha contendo água e perguntar:

Por que o pedaço de cano de PVC afundou?

Espera-se que os alunos respondam que o cano afundou porque é mais denso do que a água.

É proposto, então, o desafio: os alunos devem, em duplas ou em grupos, propor um procedimento que permita a separação de quatro tipos de plásticos formados por PET, PP, PEAD e PS (no CA, esta atividade está proposta como Pesquisa em Grupo).

Embalagens de margarina são normalmente de PP (está escrito no fundo da embalagem); copinhos descartáveis são feitos de PS; garrafas de refrigerantes de 2 litros são de PET; e embalagens de iogurte líquido são geralmente de PEAD. Deve ser dito aos alunos que dispõem de quantos recipientes de vidro (com capacidade de 250 ml) acharem necessários, de uma balança semianalítica, de álcool anidro, de água e de sal de cozinha (NaCl), além das informações das tabe-

las abaixo, constantes no Caderno do Aluno. Os alunos devem entregar uma cópia da proposta no final da atividade para que o professor possa avaliar se eles conseguem organizar e aplicar conhecimentos para resolver situações-problema. Ao término da atividade, os grupos deverão apresentar suas propostas para que sejam discutidas pela classe. Nessa discussão, todos terão a oportunidade de se defrontar com diversas maneiras de solucionar problemas.

Tabela 1 – Densidades de materiais plásticos

Plástico		Densidade g/cm ³ (25° C)
Sigla	Nome	
PP	polipropileno	0,900 a 0,910
PEBD	polietileno de baixa densidade	0,910 a 0,930
PEAD	polietileno de alta densidade	0,940 a 0,960
Água		1,00
PS	poliestireno	1,040 a 1,080
PC	policarbonato	1,200
PET	polietilenotereftalato	1,220 a 1,400
PVC	policloreto de vinila	1,220 a 1,400

Tabela 2 – Densidade de soluções a 25° C

Etanol C ₂ H ₅ OH (% em massa)	Densidade da solução aquosa de etanol (g/cm ³)	Cloreto de sódio NaCl (% em massa)	Densidade da solução aquosa de cloreto de sódio (g/cm ³)
11	0,98	4	1,025
24	0,96	8	1,054
36	0,94	12	1,083
48	0,92	16	1,114
58	0,90	20	1,145

Para concluir o estudo, você pode questionar: *Que plásticos não podem ser separados, com certeza, por esse método? Esse método é adequado para usinas de reciclagem? E em casa? É importante que as embalagens plásticas sejam codificadas com o tipo de material usado em sua composição?*

Algumas propriedades podem auxiliar na identificação de plásticos, assim como

sua estrutura e suas aplicações. Analisando o comportamento do plástico, os alunos poderão verificar que a queima é uma alternativa real para sua identificação, porém, se a intenção for a reciclagem, a queima está fora de questão. Informações sobre os diferentes plásticos estão organizadas abaixo para subsidiar a realização da atividade (CA, Lição de Casa).

Propriedades, aplicações, estruturas e comportamentos de diferentes plásticos				
Tipo de plástico	Aspecto visual	Aplicações principais	Comportamento quanto à inflamabilidade	Estrutura
PEAD	Incolor, opaco.	Tampas, vasilhames, utilidades domésticas e frascos para produtos de limpeza.	Queima lenta, chama amarela, com odor de vela.	$\left[\text{CH}_2 - \text{CH}_2 \right]_n$
PEBD	Incolor, translúcido a opaco.	Sacos de lixo e embalagens flexíveis.	Queima lenta, chama amarela, com odor forte de vela.	$\left[\text{CH}_2 - \text{CH}_2 \right]_n$
PP	Incolor, opaco.	Autopeças (para-choques), potes.	Queima lenta, chama amarela, com odor forte de vela.	$\left[\begin{array}{c} \text{H} \quad \text{H} \\ \quad \\ \text{---C---C---} \\ \quad \\ \text{H} \quad \text{CH}_3 \end{array} \right]_n$
PS	Incolor, transparente.	Embalagens duras, brinquedos, indústria eletroeletrônica.*	Queima rápida, chama amarelo-alaranjada, com odor de estireno.	$\left[\begin{array}{c} \text{C}_6\text{H}_5 \\ \\ \text{---C---C---} \\ \quad \\ \text{H} \quad \text{H} \end{array} \right]_n$
PVC	Incolor, transparente.	Tubos e conexões, frascos de água mineral.	Queima difícil, com carbonização e chama amarelada, com toques verdes.	$\left[\begin{array}{c} \text{CH} - \text{CH}_2 \\ \\ \text{Cl} \end{array} \right]_n$
PET	Incolor, transparente a opaco.	Fibras têxteis, frascos de refrigerantes, mantas de impermeabilização.	Queima razoavelmente rápida, com chama amarela fuliginosa.	$\left[\begin{array}{c} \text{O} \quad \text{O} \\ \quad \\ \text{---O---C---C---O---CH}_2 \\ \quad \\ \text{O} \quad \text{O} \end{array} \right]_n$

* O poliestireno expandido, conhecido mundialmente pela marca Isopor®, é obtido pela polimerização do poliestireno por meio do emprego de um gás de expansão.

Dados sobre o tempo de degradação de alguns plásticos:

- ▶ garrafas PET, sacos e sacolas plásticas: mais de 100 anos;
- ▶ outros plásticos: até 450 anos;
- ▶ pneus, isopor e esponjas: tempo indeterminado.

A avaliação desta Atividade pode ser feita pela correção do exercício realizado pelos alunos, pela participação deles na discussão posterior e, também, pela atenção e pela contribuição prestadas às propostas dos colegas.

Grade de avaliação da Atividade 2

Com relação à proposta experimental, espera-se que os alunos proponham algo semelhante ao descrito abaixo:

Numerar três recipientes.

Recipiente 1 – colocar 100 g de água ($d = 1 \text{ g/cm}^3$). Colocar na água os quatro plásticos a ser identificados. Deverão flutuar somente aqueles que apresentarem densidades menores do que a da água, ou seja, o polipropileno (PP) e o polietileno de alta densidade (PEAD).

Recipiente 2 – pesar 48 g de álcool etílico ou álcool 98° (comprado em supermercado) e 64 g de água e misturar. A solução preparada apresentará uma densidade de $0,92 \text{ g/cm}^3$. Deverá flutuar somente o plástico cuja densidade é menor do

que $0,92 \text{ g/cm}^3$, ou seja, o polipropileno (PP).

Atenção: não inale nem manuseie o álcool próximo a chamas.

Recipiente 3 – pesar 20 g de cloreto de sódio e 80 g de água e misturar. A solução formada apresentará uma densidade de $\sim 1,15 \text{ g/cm}^3$. Colocar nessa solução os dois plásticos que afundaram na solução do recipiente 1. Somente o polietilenotereftalato (PET) deverá afundar.

É provável que os alunos usem outras massas de sal, que, ao ser misturadas à água, resultem em soluções com densidades maiores do que $1,08 \text{ g/cm}^3$ e menores do que $1,22 \text{ g/cm}^3$. Usamos uma densidade intermediária.

Caso não se disponha de balança, sugere-se que você vá colocando álcool no recipiente 1 e deixe os alunos perceberem que, em determinado momento, o polietileno de alta densidade afundará. Nesse momento, pode-se apontar para os alunos que a densidade da solução deve ser menor do que a densidade do PEAD. Pode-se fazer o mesmo com o sal. Sugere-se preparar pelo menos 200 g de cada solução para que se possa observar melhor a flutuação. Os pedaços de plásticos devem ser pequenos, porém bem visíveis.

A última pergunta permite que os alunos entendam que nem sempre um método de separação usado em laboratório (por exemplo, a separação de plásticos por densidade) é adequado para ser usado em grande escala.

O comportamento quanto à inflamabilidade pode ser percebido como uma alternativa para a identificação de plásticos, porém pode formar gases tóxicos e, se a intenção for a separação de pequenas quantidades, essa alternativa é pouco razoável.

Pode-se reforçar a importância da separação do lixo (limpo) para que possa ser reciclado e da existência de uma codificação internacional para os plásticos.

SITUAÇÃO DE APRENDIZAGEM 4 CONTRIBUIÇÕES PARA A DIMINUIÇÃO DA POLUIÇÃO NO PLANETA

Nesta Situação de Aprendizagem serão apresentadas algumas situações para que os alunos as avaliem e proponham intervenções solidárias que resultem em contribuições para

a diminuição da poluição no planeta. Você poderá escolher, entre os temas e as sugestões a seguir, aqueles que considerar mais pertinentes e adequados à sua realidade escolar.

Tempo previsto: 3 aulas.

Conteúdos e temas: tipos de poluição e intervenção do homem na natureza.

Competências e habilidades: organizar conhecimentos e aplicá-los para avaliar situações-problema e propor ações que busquem minimizá-las ou solucioná-las

Estratégia: trabalhos em grupo.

Recursos de ensino: livros; materiais de outras séries; internet.

Avaliação: apresentação da tarefa solicitada; participação; apresentação do material solicitado.

Pode-se solicitar aos alunos que busquem informações, em fontes diversas, sobre problemas de poluição já estudados e que, após uma rápida síntese, proponham possíveis alternativas para que eles sejam minorados ou solucionados. Para tanto, os alunos, em grupos, devem escolher um dos temas abaixo sugeridos para pesquisa, a ser posteriormente apresentados para o restante da classe. Você deve orien-

tar a pesquisa levando em conta a autonomia relativa à busca de informações que cada classe apresenta. Para alunos menos autônomos, podem ser sugeridos textos previamente selecionados nos livros didáticos e paradidáticos disponíveis, em páginas da internet, em periódicos e até mesmo em anotações de aulas de séries anteriores. A pesquisa pode também ser mais bem orientada por meio de perguntas. Os

relatos devem ser objetivos, para que se prestem ao papel de sintetizadores de informações. A socialização dos dados também poderá ser feita por meio de cartazes, pela construção de uma página na internet ou de um *blog*, onde cada equipe publica suas ideias e as coloca em discussão (no CA, essas sugestões de temas constituem a Pesquisa Individual).

Sugestões de temas

Sugestão 1 – Poluição atmosférica: causas, efeitos e intervenções sociais

- ▶ O que é o *smog* fotoquímico e o que podemos fazer para diminuir esse problema nas grandes cidades?
- ▶ O que é o efeito estufa? Poderia haver vida na Terra sem ele? Quais são as causas prováveis da atual intensificação do efeito estufa? Há relação entre o efeito estufa e o aquecimento global? O que podemos fazer individual ou coletivamente, para reverter esse quadro (consultar a *Agenda 21* e o *Protocolo de Kyoto*)?
- ▶ A camada de ozônio na estratosfera: o que é, qual é sua importância, quais são as prováveis causas para a sua destruição, quais são os efeitos dessa diminuição para a saúde dos seres vivos e o que se pode fazer para minimizar esses efeitos?
- ▶ O aumento na acidez da chuva, causas e efeitos no meio ambiente: o que se pode fazer para reduzir a acidez das chuvas?

Sugestão 2

 – Pesticidas

Pesquise no que consistem as ações abaixo descritas e avalie vantagens e desvantagens de seus usos como substitutos ao uso de pesticidas sintéticos.

- ▶ Substituição de adubo químico por adubação orgânica. (Dica: relacionar a adubação orgânica com os ciclos do carbono e do nitrogênio anteriormente estudados.)
- ▶ Uso de plantas atraentes, repelentes e companheiras e controle de pragas por substâncias sexo-atrativas.
- ▶ Introdução de espécies predadoras de pragas, incluindo parasitas, e espécies patogênicas. (*Discussão controversa, pois essa introdução pode causar desequilíbrios futuros.*)
- ▶ Uso de sementes geneticamente modificadas resistentes às pragas que normalmente ocorrem na região do cultivo. (*Discussão controversa, pois essas plantas concorrem com as espécies nativas, podendo chegar a exterminá-las.*)

Sugestão 3 – Lixo e poluição: o que se pode fazer

- ▶ Busque informações sobre a quantidade anual de lixo produzida no seu município e onde esse lixo é depositado ou incinerado. Procure conhecer a diferença entre aterro sanitário e lixão. Faça uma estimativa da porcentagem de plásticos nesse lixo. Faça propostas concretas para diminuir o volume de lixo.

- ▶ Procure informações sobre custos e benefícios da incineração e da deposição do lixo em aterros sanitários. Procure saber também quais os problemas causados por lixões.
- ▶ Discuta as vantagens da instalação de biodigestores em aterros sanitários.

Sugestão 4 – Poluição do Rio Tietê: analisando a situação atual e propondo soluções

- ▶ Pesquise a respeito das fontes de poluição do Rio Tietê, em vários municípios por onde passa, e discuta propostas de melhoria da qualidade da água, como o aumento da calha; a floculação; a fiscalização de despejo de esgotos clandestinos e de efluentes industriais não tratados; o aumento de estações de tratamento de esgoto etc.

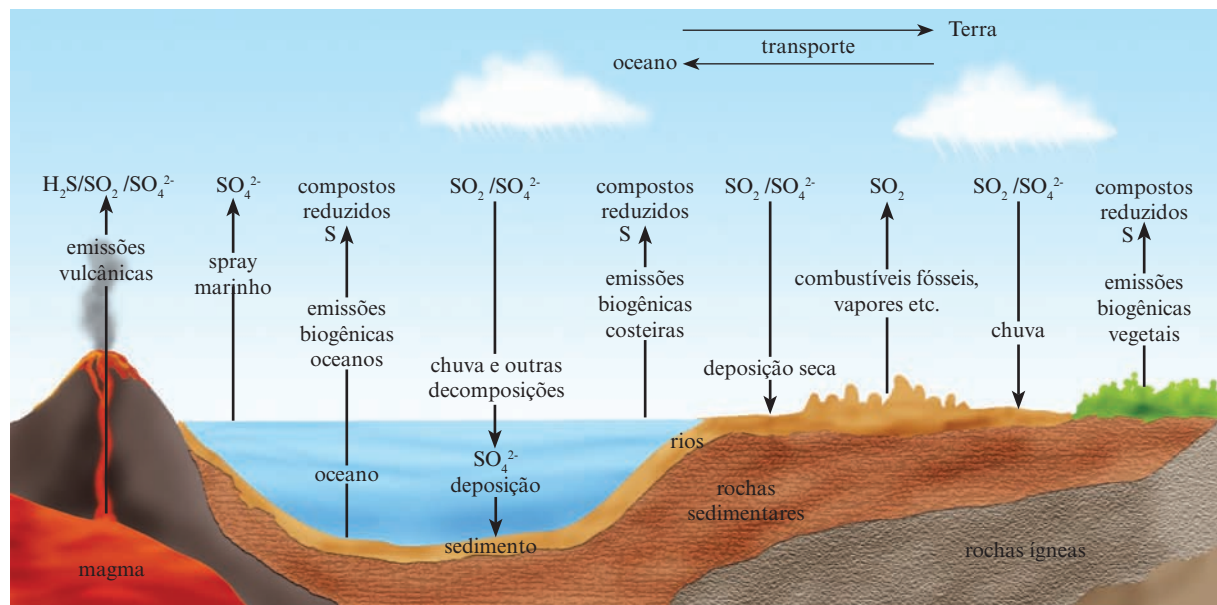
- ▶ Caso a sua cidade seja cortada por um rio, discuta a viabilidade da implantação dessas propostas no município onde está a sua cidade. Como a comunidade poderia participar?

Grade de avaliação da Situação de Aprendizagem 4

Levando em conta que esta é uma Situação de Aprendizagem de fechamento das aulas e que seu objetivo maior é permitir que os alunos apliquem conhecimentos construídos ao longo do ano para avaliar situações-problema e propor ações para solucioná-las, sugere-se que eles sejam avaliados de acordo com esses objetivos. Você deverá escolher os instrumentos de avaliação que achar mais adequados às atividades que optou por desenvolver.

PROPOSTAS DE SITUAÇÕES DE RECUPERAÇÃO

1. **Ciclo do enxofre** – Propõe-se a análise do ciclo e suas perturbações, usando o seguinte roteiro:



Ciclo do enxofre. Adaptado de: GEPEQ (Grupo de Pesquisa em Educação Química). *Interações e transformações: Química para o ensino médio, v. I: Guia do professor: elaborando conceitos sobre transformações químicas.* São Paulo: Edusp, 1982.

- Examinando a ilustração, identifique algumas das diferentes fontes de compostos de enxofre remetidos e depois removidos da atmosfera.
- Elabore um esquema que mostre que o dióxido de enxofre presente na atmosfera provém tanto da indústria quanto da oxidação de gases como o gás sulfídrico (H_2S).
- Explique, por meio de equações químicas, a formação da chuva ácida a partir da combustão do enxofre e/ou da combustão do gás sulfídrico.
- O ácido sulfúrico pode interagir com o NH_3 formando sulfato de amônio. Represente essa transformação por uma equação. Represente também por equação química a corrosão do mármore de fachadas de edifícios, causada pela chuva ácida.
- São lançados, anualmente, 130 milhões de toneladas de SO_2 na atmosfera. Sabe-se que, na atmosfera, esse gás sofre interações transformando-se em SO_3 e, depois, em H_2SO_4 . Quantas toneladas de ácido sulfúrico dissolvido na água da chuva são remetidas à superfície terrestre?

2. Poluição das águas – No livro *Água hoje e sempre: consumo sustentável*, publicado pela SEE-SP, em 2004, e disponível em todas as escolas, há uma atividade, na página 179, que ques-

tiona por que o mar ou o rio não são capazes de absorver naturalmente o esgoto, sendo necessário o seu tratamento. Tal atividade pode ser

utilizada para a recuperação. Os alunos podem ser orientados a fazer a leitura do texto, elaborar uma síntese e responder às questões propostas.

PROPOSTAS DE QUESTÕES PARA AVALIAÇÃO*

1. A quantidade máxima de fósforo (P) permitida em águas doces destinadas ao abastecimento para consumo humano é de 0,020 mg/L. Considere os dados a seguir, relativos à análise de amostras de água de três reservatórios diferentes, e aponte quais das amostras obedecem à legislação para o fósforo.

Amostra	Volume da amostra (mL)	Quantidade de fósforo (mg)
1	100	$1,4 \times 10^{-3}$
2	200	$2,5 \times 10^{-2}$
3	50	$0,7 \times 10^{-3}$

As concentrações de fósforo nas amostras 1 e 3 são iguais (0,014 mg/L). A concentração de fósforo na amostra 2 é de 0,125 mg/L e está fora do limite previsto pela legislação.

2. (Enem - 2008) A Lei Federal n.º 11.097/2005 dispõe sobre a introdução do biodiesel na matriz energética brasileira e fixa em 5%, em volume, o percentual mínimo obrigatório a ser adicionado ao óleo diesel vendido ao consumidor. De acordo com essa lei, biocombustível é “derivado de biomassa renovável para uso em motores a combustão interna com ignição por

compressão ou, conforme regulamento, para geração de outro tipo de energia, que possa substituir parcial ou totalmente combustíveis de origem fóssil”. A introdução de biocombustíveis na matriz energética brasileira:

- a) colabora na redução dos efeitos da degradação ambiental global produzida pelo uso de combustíveis fósseis, como os derivados do petróleo;
- b) provoca uma redução de 5% na quantidade de carbono emitido pelos veículos automotores e colabora no controle do desmatamento;
- c) incentiva o setor econômico brasileiro a se adaptar ao uso de uma fonte de energia derivada de uma biomassa inesgotável;
- d) aponta para pequena possibilidade de expansão do uso de biocombustíveis, fixado, por lei, em 5% do consumo de derivados do petróleo;
- e) diversifica o uso de fontes alternativas de energia que reduzem os impactos da produção do etanol por meio da monocultura da cana-de-açúcar.

* No CA, essas questões constam na seção Você Aprendeu?

3. (Enem – 1998) Um dos índices de qualidade do ar diz respeito à concentração de monóxido de carbono (CO), pois esse gás pode causar vários danos à saúde. A tabela abaixo mostra a relação entre a qualidade do ar e a concentração de CO.

Qualidade do ar	Concentração de CO – ppm* (média de 8h)
Inadequada	15 a 30
Péssima	30 a 40
Crítica	Acima de 40

* ppm (parte por milhão) = 1 micrograma de CO por grama de ar (10^{-6} g)

- Para analisar os efeitos do CO sobre os seres humanos, dispõe-se dos seguintes dados:

Concentração de CO (ppm)	Sintomas em seres humanos
10	Nenhum
15	Diminuição da capacidade visual
60	Dores de cabeça
100	Tonturas, fraqueza muscular
270	Inconsciência
800	Morte

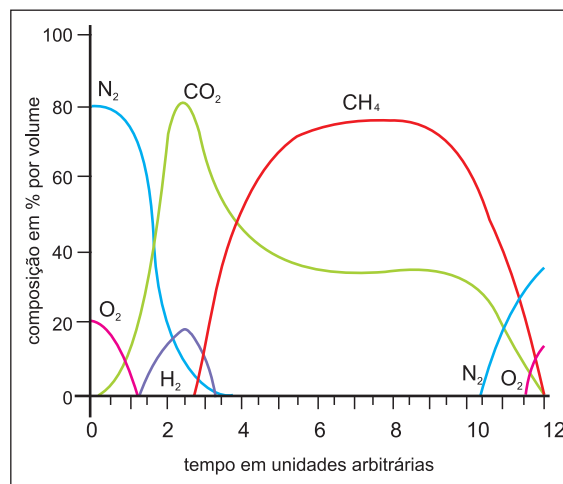
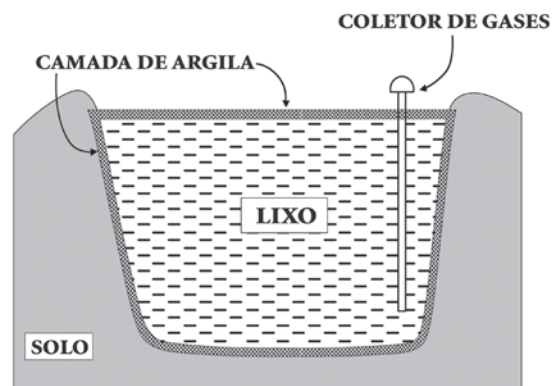
- Suponha que você tenha lido em um jornal que na cidade de São Paulo foi atingido um péssimo nível de qualidade do ar. Uma pessoa que estivesse nessa área poderia:

- a) não apresentar nenhum sintoma;
b) ter sua capacidade visual alterada;
 c) apresentar fraqueza muscular e tontura;

d) ficar inconsciente;

e) morrer.

4. (Comvest – Vestibular Unicamp – 1999) Em um aterro sanitário, o lixo urbano é enterrado e isolado da atmosfera por uma camada de argila, conforme vem esquematizado na figura a seguir. Nestas condições, micro-organismos decompõem o lixo proporcionando, entre outras coisas, o aparecimento de produtos gasosos. O gráfico após a figura ilustra a composição dos gases emanados em função do tempo.



- a) Em que instante do processo a composição do gás coletado corresponde à do ar atmosférico?

No instante zero e bem próximo a ele.

- b) Em que intervalo de tempo prevalece a atividade microbológica anaeróbica? Justifique.

A atividade anaeróbica prevalece no intervalo de 1,2 a 10,5 porque a produção de CO_2 e CH_4 diminui bruscamente e a produção de O_2 e N_2 recomeça.

- c) Se você quisesse aproveitar, como combustível, o gás emanado, qual seria o melhor intervalo de tempo para fazer isso? Justifique a sua resposta e escreva a equação química da reação utilizada na obtenção de energia térmica.

O melhor intervalo de tempo seria entre 5 e 10, quando ocorre a maior produção de gás metano. A equação é: $CH_4 + 2 O_2 \rightarrow CO_2 + 2 H_2O + \text{energia}$.

5. (Fuvest - 1997) Em uma indústria um operário misturou, inadvertidamente, polietileno (PE), policloreto de vinila (PVC) e poliestireno (PS), limpos e moídos. Para recuperar cada um desses polímeros, utilizou o seguinte método de separação: jogou a mistura em um tanque contendo água

(densidade = $1,00 \text{ g/cm}^3$) separando, então, a fração que flutuou (fração A) daquela que foi ao fundo (fração B). A seguir, recolheu a fração B, secou-a e a jogou em outro tanque contendo solução salina (densidade = $1,10 \text{ g/cm}^3$), separando o material que flutuou (fração C) daquele que afundou (fração D).

Fórmula do polímero	Densidade (g/cm^3)
$\left[\text{CH}_2 - \text{CH}_2 \right]_n$ <p>(polietileno, PE)</p>	0,91 a 0,98
$\left[\begin{array}{c} \text{CH} - \text{CH}_2 \\ \\ \text{C}_6\text{H}_5 \end{array} \right]_n$ <p>(poliestireno, PS)</p>	1,04 a 1,06
$\left[\begin{array}{c} \text{CH} - \text{CH}_2 \\ \\ \text{Cl} \end{array} \right]_n$ <p>(policloreto de vinila, PVC)</p>	1,35 a 1,42

As frações A, C e D eram, respectivamente:

- a) PE, PS e PVC
 b) PS, PE e PVC
 c) PVC, PS e PE
 d) PS, PVC e PE
 e) PE, PVC e PS

RECURSOS PARA AMPLIAR A PERSPECTIVA DO PROFESSOR E DO ALUNO PARA A COMPREENSÃO DO TEMA

Livros

BAIRD, Colin. *Química ambiental*. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2002. Traz uma discussão sobre a Química e o ambiente, dando subsídios para a compreensão de temas atuais como o agravamento do efeito estufa, o gerenciamento de resíduos e o tratamento de águas subterrâneas e residuais, entre outros.

CANTO, Eduardo L. *Plástico: bem supérfluo ou mal necessário?* São Paulo: Moderna, 1995. (Coleção Polêmica). Oferece subsídios a estudantes e leigos que possibilitam entender a polêmica a respeito do uso de materiais plásticos apesar de serem agentes poluidores.

TOLENTINO, M.; ROCHA-FILHO, R. C.; SILVA, R. R. *O azul do planeta: um retrato da atmosfera terrestre*. 5. ed. São Paulo: Moderna, 1997. Elucida temas que estão diretamente relacionados com a poluição atmosférica, como a intensificação do efeito estufa, o aumento da acidez das chuvas, o depauperamento da camada de ozônio, a formação de ciclones, o efeito *el niño*, neblinas químicas e inversões térmicas, entre outros.

Artigo de revista

GUIMARÃES, José R.; NOUR, Edson A. A. Tratando nossos esgotos: processos que imitam a natureza. *Caderno Temático de Química Nova na Escola*, n. 1, maio 2001, pp. 19-30. Disponível em: <<http://qnesc.sbq.org.br/online/cadernos/01/>>. Acesso em: 8 ago. 2009. Esse caderno trata de Química Ambiental e traz outros artigos que podem interessar ao professor.

Site

CETESB (Companhia Ambiental do Estado de São Paulo). Variáveis de qualidade das águas. Informações sobre as variáveis de qualidade das águas. Disponível em: <<http://www.cetesb.sp.gov.br/Agua/rios/variaveis.asp>>. Acesso em: 28 ago. 2009.

No *site* da Cetesb pode-se, ainda, encontrar amplas informações relativas à água, ao ar, aos solos, à tecnologia e ao saneamento e controle de qualidade ambiental. Disponível em: <<http://www.cetesb.sp.gov.br>>. Acesso em: 11 ago. 2009.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste Caderno, pretende-se que os alunos apliquem os conhecimentos adquiridos no decorrer das aulas para entender e avaliar mudanças e desequilíbrios ambientais atualmente em curso. Espera-se que as atividades os capacitem e os incentivem a intervir e contribuir para um desenvolvimento sustentável, levando em conta a qualidade de vida e a sobrevivência das espécies a longo prazo. Espera-se formar alunos que saibam fazer escolhas de consumo mais conscientes, que se disponham a intervir em suas comunida-

des, que saibam avaliar decisões tomadas por instâncias superiores e que saibam expor e defender seus pontos de vista de maneira consistente, usando conhecimentos químicos. Uma reflexão sobre o que pode ser feito individualmente, em comunidade, e o que depende de decisões de instâncias maiores (governos municipais, estaduais, federal e entre os países do mundo) é proposta na esperança de que os alunos possam defender suas posições, buscar maneiras de ser ouvidos, enfim, atuarem como cidadãos do mundo.