



ensino médio  
**1ª SÉRIE**  
volume 2 - 2009

caderno do  
**PROFESSOR**

# QUÍMICA



## 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 Padula

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  
Luís 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, Fabíola 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 Rechí Aguiar, Rosana dos  
Santos Jordão, Simone Jaconetti Ydi e Yassuko  
Hosoume

Física: Luis Carlos de Menezes, Sonia Salem,  
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 e  
Yassuko Hosoume

Química: Denilse Morais 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 e Yvone  
Mussa Esperidião

#### Linguagens, Códigos e suas Tecnologias

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

Educação Física: Adalberto dos Santos Souza,  
Carla de Meira Leite, Jocimar Daolio, Luciana  
Venâncio, Luiz Sanches Neto, Mauro Betti, Renata  
Elsa Stark 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, Antonio Carlos de  
Carvalho, Beatriz Blay, Eliane Yambanis, Heloisa  
Amaral Dias de Oliveira, José Carlos Augusto, Luiz  
Christov, Maria Eloisa Pires Tavares, Paulo Eduardo  
Mendes, Paulo Roberto da Cunha, Pepita Prata,  
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

Esdeva Indústria Gráfica S. A.

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 - 1ª série, volume 2 / Secretaria da Educação; coordenação geral, Maria Inês Fini; equipe, Denilse Morais 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 978-85-7849-299-1  
1. Química 2. Ensino Médio 3. Estudo e ensino I. Fini, Maria Inês. II. Zambom, Denilse Morais. 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

Prezado(a) professor(a),

Vinte e cinco anos depois de haver aceito o convite do nosso saudoso e querido Governador Franco Montoro para gerir a Educação no Estado de São Paulo, novamente assumo a nossa Secretaria da Educação, convocado agora pelo Governador José Serra. Apesar da notória mudança na cor dos cabelos, que os vinte e cinco anos não negam, o que permanece imutável é o meu entusiasmo para abraçar novamente a causa da Educação no Estado de São Paulo. Entusiasmo alicerçado na visão de que a Educação é o único caminho para construirmos um país melhor e mais justo, com oportunidades para todos, e na convicção de que é possível realizar grandes mudanças nesta área a partir da ação do poder público.

Nos anos 1980, o nosso maior desafio era criar oportunidades de educação para todas as crianças. No período, tivemos de construir uma escola nova por dia, uma sala de aula a cada três horas para dar conta da demanda. Aliás, até recentemente, todas as políticas recomendadas para melhorar a qualidade do ensino concentravam-se nas condições de ensino, com a expectativa de que viessem a produzir os efeitos desejados na aprendizagem dos alunos. No Brasil e em São Paulo, em particular, apesar de não termos atingido as condições ideais em relação aos meios para desenvolvermos um bom ensino, o fato é que estamos melhor do que há dez ou doze anos em todos esses quesitos. Entretanto, os indicadores de desempenho dos alunos não têm evoluído na mesma proporção.

O grande desafio que hoje enfrentamos é justamente esse: melhorar a qualidade de nossa educação pública medida pelos indicadores de proficiência dos alunos. Não estamos sós neste particular. A maioria dos países, inclusive os mais desenvolvidos, estão lidando com o mesmo tipo de situação. O Presidente Barack Obama, dos Estados Unidos, dedicou um dos seus primeiros discursos após a posse para destacar exatamente esse mesmo desafio em relação à educação pública em seu país.

Melhorar esses indicadores, porém, não é tarefa de presidentes, governadores ou secretários. É dos professores em sala de aula no trabalho diário com os seus alunos. Este material que hoje lhe oferecemos busca ajudá-lo nesta sua missão. Foi elaborado com a ajuda de especialistas e está organizado em bimestres. O Caderno do Professor oferece orientação completa para o desenvolvimento das Situações de Aprendizagem propostas para cada disciplina.

Espero que este material lhe seja útil e que você leve em consideração as orientações didático-pedagógicas aqui contidas. Estaremos atentos e prontos para esclarecer suas dúvidas e acatar suas sugestões para melhorar a eficácia deste trabalho.

Alcançarmos melhores indicadores de qualidade em nosso ensino é uma questão de honra para todos nós. Juntos, haveremos de conduzir nossas crianças e jovens a um mundo de melhores oportunidades por meio da educação.

**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 bimestre 8**

**Situações de Aprendizagem 10**

Situação de Aprendizagem 1 – Combustíveis e combustão no dia-a-dia e no sistema produtivo 10

Situação de Aprendizagem 2 – Relações em massa nas transformações químicas: conservação e proporção em massa 22

Situação de Aprendizagem 3 – Implicações socioambientais da produção e do uso de combustíveis 37

Situação de Aprendizagem 4 – Modelo atômico de John Dalton: ideias sobre a constituição e a transformação da matéria 51

Questões para avaliação 56

Propostas de Situação de Recuperação 60

Recursos para ampliar a perspectiva do professor e do aluno para a compreensão do tema 60

**Considerações finais 62**

# SÃO PAULO FAZ ESCOLA – UMA PROPOSTA CURRICULAR PARA O ESTADO

Prezado(a) professor(a),

É com muita satisfação que apresento a todos a versão revista dos Cadernos do Professor, parte integrante da Proposta Curricular de 5ª a 8ª séries do Ensino Fundamental – Ciclo II e do Ensino Médio do Estado de São Paulo. Esta nova versão também tem a sua autoria, uma vez que inclui suas sugestões e críticas, apresentadas durante a primeira fase de implantação da proposta.

Os Cadernos foram lidos, analisados e aplicados, e a nova versão tem agora a medida das práticas de nossas salas de aula. Sabemos que o material causou excelente impacto na Rede Estadual de Ensino como um todo. Não houve discriminação. Críticas e sugestões surgiram, mas em nenhum momento se considerou que os Cadernos não deveriam ser produzidos. Ao contrário, as indicações vieram no sentido de aperfeiçoá-los.

A Proposta Curricular não foi comunicada como dogma ou aceite sem restrição. Foi vivida nos Cadernos do Professor e compreendida como um texto repleto de significados, mas em construção. Isso provocou ajustes que incorporaram as práticas e consideraram os problemas da implantação, por meio de um intenso diálogo sobre o que estava sendo proposto.

Os Cadernos dialogaram com seu público-alvo e geraram indicações preciosas para o processo de ensino-aprendizagem nas escolas e para a Secretaria, que gerencia esse processo.

Esta nova versão considera o “tempo de discussão”, fundamental à implantação da Proposta Curricular. Esse “tempo” foi compreendido como um momento único, gerador de novos significados e de mudanças de ideias e atitudes.

Os ajustes nos Cadernos levaram em conta o apoio a movimentos inovadores, no contexto das escolas, apostando na possibilidade de desenvolvimento da autonomia escolar, com indicações permanentes sobre a avaliação dos critérios de qualidade da aprendizagem e de seus resultados.

Sempre é oportuno lembrar que os Cadernos espelharam-se, de forma objetiva, na Proposta Curricular, referência comum a todas as escolas da Rede Estadual, revelando uma maneira inédita de relacionar teoria e prática e integrando as disciplinas e as séries em um projeto interdisciplinar por meio de um enfoque filosófico de Educação que definiu conteúdos, competências e habilidades, metodologias, avaliação e recursos didáticos.

Esta nova versão dá continuidade ao projeto político-educacional do Governo de São Paulo, para cumprir as 10 metas do Plano Estadual de Educação, e faz parte das ações propostas para a construção de uma escola melhor.

O uso dos Cadernos em sala de aula foi um sucesso! Estão de parabéns todos os que acreditaram na possibilidade de mudar os rumos da escola pública, transformando-a em um espaço, por excelência, de aprendizagem. O objetivo dos Cadernos sempre será apoiar os professores em suas práticas de sala de aula. Posso dizer que esse objetivo foi alcançado, porque os docentes da Rede Pública do Estado de São Paulo fizeram dos Cadernos um instrumento pedagógico com vida e resultados.

Conto mais uma vez com o entusiasmo e a dedicação de todos os professores, para que possamos marcar a História da Educação do Estado de São Paulo como sendo este um período em que buscamos e conseguimos, com sucesso, reverter o estigma que pesou sobre a escola pública nos últimos anos e oferecer educação básica de qualidade a todas as crianças e jovens de nossa Rede. Para nós, da Secretaria, já é possível antever esse sucesso, que também é de vocês.

Bom ano letivo de trabalho a todos!

**Maria Inês Fini**

Coordenadora Geral  
Projeto São Paulo Faz Escola

# FICHA DO CADERNO

## Combustíveis: transformações, massas e energias envolvidas

**Nome da disciplina:** Química

**Área:** Ciências da Natureza e suas Tecnologias

**Etapa da educação básica:** Ensino Médio

**Série:** 1ª

**Período letivo:** 2º bimestre de 2009

**Temas e conteúdos:** Combustíveis e combustão no dia-a-dia e no sistema produtivo

Relações em massa nas transformações químicas: conservação e proporção em massa

Implicações socioambientais da produção e do uso de combustíveis

Modelo atômico de John Dalton: ideias sobre a constituição e a transformação da matéria

## O RIENTAÇÃO SOBRE OS CONTEÚDOS DO BIMESTRE

Caro(a) professor(a),

Esperamos que este material possa atender aos seus anseios e auxiliá-lo no planejamento, na execução e na avaliação de suas aulas. Os conteúdos que aqui serão abordados levam em consideração as orientações dos *Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio* (PCNEM), a matriz de competências e habilidades do Exame Nacional do Ensino Médio (Enem) e os princípios educacionais de contextualização do conhecimento científico e da interdisciplinaridade. Acreditamos que, tratando de conteúdos socialmente relevantes, de forma que os estudantes possam participar ativamente na elaboração de seus próprios conhecimentos, poderemos alcançar o objetivo de fornecer à nossa sociedade um serviço educacional de qualidade.

Na 1ª série do Ensino Médio serão estudadas as transformações químicas que ocorrem no dia-a-dia e no sistema produtivo e como o conhecimento científico possibilita ao ser humano compreender, prever e controlar esses processos. Isso permitirá a ampliação do conhecimento científico e a compreensão das aplicações da Química e suas consequências na sociedade, na economia e no meio ambiente.

Neste bimestre, serão estudados os combustíveis, focalizando cinco principais as-

suntos dentro deste tema: (a) os aspectos conceituais e representacionais das reações de combustão; (b) a quantidade de energia liberada na queima de diferentes combustíveis; (c) as relações em massa envolvidas nas combustões e outras transformações químicas; (d) os impactos ambientais envolvidos na produção e no consumo de combustíveis; (e) as ideias de John Dalton sobre a constituição e a transformação da matéria.

Inicialmente, esses assuntos serão discutidos no nível macroscópico, levando-se em conta somente as massas de reagentes e produtos e as quantidades de energia que a queima de diferentes combustíveis pode fornecer. O modelo atômico de Dalton será então introduzido para que a conservação da massa (Lei de Lavoisier) e as proporções constantes entre as massas de reagentes e produtos participantes de uma transformação química (Lei de Proust) possam ser entendidas no nível submicroscópico (atômico-molecular).

Antes da introdução do modelo de Dalton, será proposta uma atividade, “Cena de um crime”, que procura apresentar a ideia de modelo e teoria como criações humanas consistentes, com evidências, e que permitem explicações e previsões, mas que não podem ser igualadas à verdade. Espera-se que os alunos compreendam que o modelo de Dalton, embora não explique a natureza elétrica da matéria, foi

muito importante em sua época e possibilitou que o entendimento das transformações químicas pudesse ser ampliado. Almeja-se, enfim, que se entenda que todos os modelos apresentam limitações e que podem ser abandonados, ampliados ou modificados à luz de novos conhecimentos e descobertas, mas que isso não diminui sua importância no processo de construção do conhecimento humano.

Na realização dessas atividades, esperamos que sejam desenvolvidas as seguintes competências e habilidades:

1. dominar a linguagem científica empregada na descrição de transformações químicas. Empregar corretamente termos como conservação de massa, proporção em massa, modelo atômico, átomos, elementos químicos e massa atômica;
2. construir e aplicar conceitos das várias áreas do conhecimento para compreender as transformações químicas que ocorrem no dia-a-dia e no sistema produtivo, em especial as relações em massa e o uso de modelos explicativos para a interpretação ao nível microscópico;
3. selecionar, organizar, relacionar e interpretar dados e informações representados em textos, tabelas e gráficos referentes às transformações químicas e às massas envolvidas, para tomar decisões e enfrentar situações-problema. Interpretar as transformações químicas a partir das ideias de John Dalton sobre a constituição da matéria;
4. relacionar informações com dados de observações diretas, textos descritivos e dados de propriedades específicas para construir argumentações consistentes sobre o uso e a produção de combustíveis;
5. recorrer aos conhecimentos sobre as transformações químicas envolvidas na queima de combustíveis para propor intervenções na realidade da comunidade escolar, visando à melhoria da qualidade de vida.

As Situações de Aprendizagem propostas neste Caderno foram concebidas tendo em vista as condições limitadas às quais muitas vezes você, professor, está sujeito. Acreditamos no potencial dos professores de Química de São Paulo e esperamos que as devidas adaptações possam ser feitas sem que haja perda de qualidade nas Situações de Aprendizagem propostas. Sugerimos a realização de experimentos, leituras de textos, atividades com papel e lápis, uso da lousa e de aulas expositivas dialógicas como estratégias didáticas para o ensino dos temas propostos para este 2º bimestre.

Os materiais elaborados pelos alunos e os resultados apresentados ao longo do bimestre na realização das atividades propostas devem ser avaliados em termos de expectativas de aprendizagem dos conhecimentos essenciais ao prosseguimento dos estudos nas etapas subsequentes. Esses conhecimentos a ser priorizados são discutidos em cada uma das Situações de Aprendizagem deste Caderno.

# SITUAÇÕES DE APRENDIZAGEM

## SITUAÇÃO DE APRENDIZAGEM 1 COMBUSTÍVEIS E COMBUSTÃO NO DIA-A-DIA E NO SISTEMA PRODUTIVO

Nesta Situação de Aprendizagem serão conhecidos e analisados diferentes combustíveis, alguns empregados na produção da cal e do ferro e outros em veículos automotivos. Este tema foi escolhido por proporcionar um contexto de estudo por meio do qual as transformações químicas podem ser compreendidas de maneira significativa. Para isso, serão ressaltadas as relações entre a massa de um combustível e a quantidade de energia que sua combustão é capaz de gerar, além de alguns aspectos científicos e tecnológicos do uso de combustíveis como carvão, álcool e gasolina.

Esta situação tem a função de estabelecer uma ponte entre os assuntos tratados no 1º bimestre e os temas que serão abordados neste 2º bimestre. Retoma-se a produção da cal e do ferro, desta vez destacando o combustível usado nesses processos, e não os produtos em si. Não se espera que sejam esgotados os conteúdos relacionados ao tema “combustíveis e combustão” ou os conceitos da termoquímica apenas nesta Situação de Aprendizagem. Trata-se de uma ampliação da compreensão dos aspectos energéticos envolvidos nas transformações químicas,

vistos na Atividade 2 da Situação de Aprendizagem 3 do Caderno anterior. Não devem ser abordados, neste momento, os conceitos de energia de ligação ou entalpia, visto que ainda não foi discutido um modelo corpuscular da matéria e, nessa introdução ao tema, não é necessário tal aprofundamento. A discussão neste bimestre deve se dar apenas no nível fenomenológico; o uso de modelos explicativos sobre a formação e o consumo de energia nas reações químicas será discutido nos bimestres posteriores. As indicações em relação ao uso de símbolos, fórmulas e equações químicas apresentadas no Caderno anterior continuam válidas, ou seja:

- ▶ as fórmulas devem ser tratadas como representações químicas das substâncias, sem a preocupação, neste momento, com a compreensão dos significados dos símbolos químicos e seus índices;
- ▶ as equações químicas devem ser tratadas como representações das interações e transformações químicas, sem a preocupação com o balanceamento, o rearranjo de átomos ou as ligações químicas.

**Tempo previsto:** 4 aulas.

**Conteúdos e temas:** uso de diferentes combustíveis; caloria; poder calorífico; reação de combustão.

**Competências e habilidades:** analisar dados referentes às massas e à energia envolvida na queima de combustíveis, estabelecendo relações de proporcionalidade entre essas duas grandezas.

**Estratégias:** levantamento das ideias dos alunos; exposição dialogada.

**Recursos:** lousa e giz; questões presentes neste Caderno.

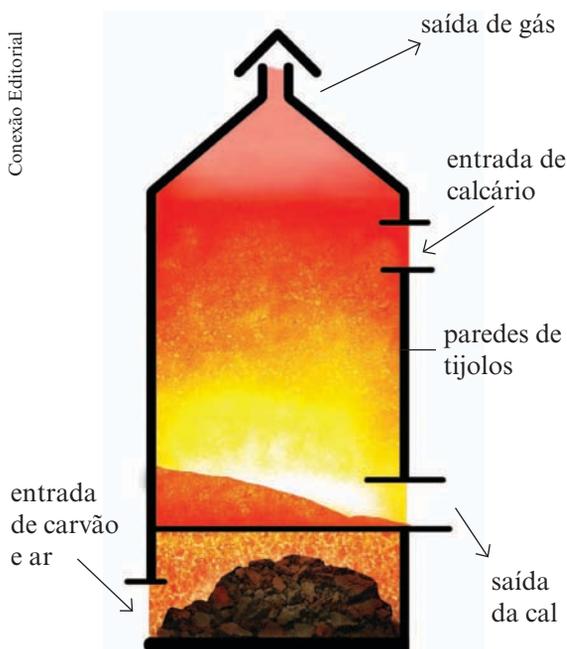
**Avaliação:** respostas às questões e participação nas aulas.

## Atividade 1 – Combustão do carvão na produção da cal e do ferro

Sugere-se que esta atividade seja iniciada com um levantamento das ideias que os alunos têm sobre o uso de combustíveis. Algumas das questões que podem ser propostas são: *Vocês conhecem algum combustível? O que são combustíveis? Para que são usados?* As respostas podem ser escritas num canto da lousa e organizadas em uma lista com os nomes dos combustíveis e seus usos, porém não há necessidade, neste momento, de entrar em detalhes sobre as formas de produção e os usos desses combustíveis, nem especificar suas características. O importante é que os alunos saibam que há uma grande diversidade de materiais usados como combustíveis para a produção de energia térmica e luz, e que esses podem ser usados em diferentes situações.

Pode-se retomar os processos de produção da cal e do ferro, discutidos no bimestre anterior. Para isso, faça um esboço de um forno de calcinação na lousa e indique onde os ma-

teriais são dispostos, quais matérias-primas são empregadas e quais produtos são obtidos. Os fornos de calcinação de calcário podem apresentar diversos formatos, portanto não é preciso dar atenção a detalhes quanto ao desenho. Uma sugestão de esboço é apresentada a seguir:



Esboço de um forno de calcinação de calcário.

A produção da cal e do ferro, como visto anteriormente, apresenta diversos aspectos científicos e tecnológicos que podem ser interpretados à luz dos conhecimentos químicos. Um desses aspectos é a necessidade da queima de combustíveis para o fornecimento de energia nas reações químicas que ocorrem no forno de calcinação do calcário e no alto-forno siderúrgico.

Lembre aos alunos que, conforme visto anteriormente, em ambos os casos o combustível empregado é o carvão. No caso da calcinação do calcário, utiliza-se o carvão mais por conveniência do que por necessidade, isto é, o carvão é usado, entre outros motivos, por ser um combustível de baixo custo e de fácil obtenção. Assim, ele poderia ser substituído por outras fontes de energia, como a lenha, o gás natural ou o óleo diesel, que fornecem a energia necessária para que o calcário alcance temperaturas superiores a 900 °C, sua temperatura de decomposição térmica em óxido de cálcio (CaO) e gás carbônico (CO<sub>2</sub>). Entretanto, tais mudanças exigiriam modificações nos fornos de calcinação e provavelmente resultariam em maiores custos com combustível.

Por outro lado, o carvão siderúrgico, ou seja, aquele empregado na produção do ferro, não pode ser substituído por outro combustível, pois apresenta uma dupla função: além de fornecer a energia necessária para que ocorram algumas transformações químicas no alto-forno, ele é um dos reagentes necessários à produção do ferro. O carvão, ao interagir com quantidades reduzidas de oxigênio, for-

ma monóxido de carbono (CO), que interage com óxidos de ferro produzindo ferro metálico. Esse processo será visto com mais detalhes no próximo bimestre.

O carvão é usado em escala industrial como fonte de energia térmica tanto na obtenção da cal como na obtenção do ferro. A tabela a seguir mostra os dados de consumo de carvão na produção de 1 kg, ou seja, 1 000 g de cal e de ferro.

Massa de carvão consumida	
Na produção de 1 000 g (1 kg) de cal	Na produção de 1 000 g (1 kg) de ferro
312 g	910 g

Na análise da tabela, algumas questões simples podem ser propostas para avaliar o entendimento sobre as informações apresentadas. Pode-se perguntar, por exemplo: *O que consome mais carvão, a produção de 1 kg de cal ou de 1 kg de ferro?*

É apresentada a seguir uma questão para que os estudantes relacionem a massa de cal produzida e a massa de carvão consumida neste processo.

### Questão

- ▶ Segundo a Associação Brasileira de Produtores de Cal (ABPC), a produção de cal no Brasil em 2006 foi de 7 milhões de toneladas. A partir deste dado e das informações da tabela acima:

- a) Expresse a massa, em gramas, de cal produzida em 2006, levando em conta que  $1 \text{ t} = 10^6 \text{ g} = 1\,000\,000 \text{ g}$ .
- b) Calcule a quantidade de carvão, em toneladas, consumido no Brasil apenas na produção de cal durante o ano de 2006.

### Grade de avaliação da Atividade 1

Nesta questão será necessário ler, interpretar e utilizar os dados da tabela e do enunciado, estabelecer uma relação de proporcionalidade e calcular o valor solicitado. Por isso, dê tempo para que os alunos reflitam e respondam à questão.

É possível a resolução da seguinte forma:

$$\text{a) } 7,0 \text{ milhões de toneladas} = 7,0 \times 10^6 \text{ t}$$

$$\begin{aligned} \text{Como } 1 \text{ t equivale a } 10^6 \text{ g} &\rightarrow \\ 7,0 \times 10^6 \text{ t} &= 7,0 \times 10^6 \times 10^6 \text{ g} = \\ &7,0 \times 10^{12} \text{ g} \end{aligned}$$

$$\text{b) } \frac{\text{Massa de carvão}}{\text{Massa de cal}} \rightarrow \frac{312 \text{ g}}{1000 \text{ g}} =$$

$$\frac{X}{7,0 \times 10^{12} \text{ g}} \quad X = 2,184 \times 10^{12} \text{ g}$$

$$X \approx 2,2 \times 10^6 \text{ t}$$

Assim, para a produção de 7,0 milhões de toneladas de cal foram usados 2,2 milhões de toneladas de carvão.

Uma provável dificuldade que pode ser apresentada na resolução desta questão diz respeito ao uso da notação científica. Talvez seja este o momento em que se deva fazer uma revisão sobre esse tópico ou, em último caso, solicitar que o professor da disciplina de Matemática a faça. Outra dúvida que pode aparecer refere-se à forma de expressar o resultado final. Nesse caso, pode-se retomar o conceito de algarismos significativos<sup>1</sup> e mostrar que, como o dado de partida (7,0 milhões de toneladas) apresenta apenas dois algarismos significativos, o resultado final fica limitado a apenas dois algarismos significativos (2,2 milhões de toneladas).

### Atividade 2 – O poder calorífico dos combustíveis

A escolha de um combustível deve considerar outros fatores além do custo e da disponibilidade. É importante também que o combustível a ser escolhido apresente uma boa produtividade de energia. Como as mesmas massas de distintos combustíveis liberam quantidades diferentes de energia, é desejável que o combustível escolhido consuma a menor massa possível na liberação da energia requerida para um dado processo.

<sup>1</sup> São os algarismos dos quais se tem certeza, mais o primeiro algarismo duvidoso de uma medida. Os zeros à esquerda não são considerados algarismos significativos. O número 0,00342 apresenta apenas três algarismos significativos, dois dos quais se tem certeza (3 e 4), e um algarismo duvidoso (2). As respostas finais não podem apresentar mais algarismos significativos do que o dado de origem com menor número de algarismos significativos:  $1,223 + 2,3 = 3,523 = 3,5$ .

A tabela a seguir permite a melhor visualização da relação entre massa de combustível

e energia térmica liberada na combustão, dados que serão utilizados nas próximas aulas.

Combustível	Energia térmica liberada na combustão de 1,0 kg de combustível	
	Em kJ/kg	Em kcal/kg
Gás de cozinha (GLP) <sup>2</sup>	49 030	11 730
Gasolina (sem álcool)	46 900	11 220
Gasolina (com 20% de álcool)	40 546	9 700
Óleo diesel	44 851	10 730
Carvão	28 424	6 800
Lenha	10 550	2 524
Etanol	29 636	7 090
Álcool combustível	27 200	6 507
Biogás	25 000	6 000
Gás natural	37 800	9 054

Tabela baseada em: GEPEQ. *Interações e transformações I*: elaborando conceitos sobre transformações químicas. Livro do Aluno / GEPEQ. São Paulo: Edusp, 2005, p. 218.

A quantidade de energia térmica liberada na queima de 1 kg de combustível é chamada de **poder calorífico** e pode ser expressa em quilojoules por quilograma (kJ/kg) ou em quilocalorias por quilograma (kcal/kg) de combustível. A comparação dos poderes caloríficos de diferentes combustíveis é um dos critérios para a sua escolha. Nesse aspecto, quanto maior o poder calorífico, melhor o combustível.

É importante destacar o fato de que a maioria dos combustíveis é formada por misturas de substâncias e que as proporções entre as substâncias que compõem cada combustível podem variar dependendo da forma como foi obtido, de sua origem ou do método usado para sua purificação. Em decorrência dessas diferenças de composição, o poder calorífico em geral representa a média de valores de certas variedades de combustível com composições bem específicas.

<sup>2</sup> Gás liquefeito de petróleo, uma mistura de propano (C<sub>3</sub>H<sub>8</sub>) e butano (C<sub>4</sub>H<sub>10</sub>).

O biogás é um exemplo disso. Este gás combustível é formado por uma mistura de diversos gases, sendo o metano ( $\text{CH}_4$ ) e o gás carbônico seus maiores constituintes. Dependendo da forma como ele é produzido, pode haver diferentes teores do gás metano (combustível). Em geral, o biogás apresenta entre 50% e 70% de metano e seu poder calorífico pode variar entre 5 000 e 7 000 kcal/kg.

O mesmo pode ocorrer com o carvão mineral, que, em sua formação geológica, passa por diferentes estágios e tem seu teor de carbono modificado progressivamente. Cada estágio apresenta um nome específico e uma faixa de teor de carbono e de poder calorífico, como é mostrado na tabela abaixo.

Tipos de carvão	Turfa	Linhito	Hulha	Antracito
Teor de carbono (%)	50-60	60-75	75-90	90-95
Poder calorífico (kJ/g)	25	25-30	30-35	35-38

Não é necessário, neste momento, que se discutam de forma aprofundada essas questões em sala de aula. Basta que fique claro que a composição dos muitos combustíveis pode variar um pouco pelo fato de serem formados por misturas de várias substâncias; por isso, o poder calorífico pode variar também.

São sugeridas a seguir algumas questões que envolvem o cálculo de massa de combustível e de energia liberada em sua combustão. Para responder a essas questões, os alunos de-

vem ter em mãos os dados de poderes caloríficos apresentados anteriormente.

### Questões

- Analise a tabela de poder calorífico de diversos combustíveis e responda:
  - Qual dos combustíveis apresenta maior poder calorífico?
  - Qual dos combustíveis apresenta menor poder calorífico?
- Que quantidade de energia térmica pode ser liberada na combustão de 5,0 kg de lenha?
- Que massa de carvão é necessária queimar para liberar 17 000 kcal?
- A queima de 1,0 kg de gás natural gera em torno de  $9,1 \times 10^3$  kcal de energia. Responda:
  - Que quantidade de energia térmica pode ser liberada na queima de 30 kg de gás natural?
  - Qual massa de biogás deve ser queimada para gerar a mesma quantidade de energia que 1,0 kg de gás natural?
- Em qual das situações há maior liberação de energia térmica: na combustão de 30 kg de gasolina com 20% de álcool ou na combustão de 40 kg de álcool combustível? Justifique sua resposta, apresentando os cálculos e as conclusões.

6. Em média, um alto-forno produz  $4,0 \times 10^4$  kg de ferro de uma vez, consumindo cerca de 0,91 kg de carvão para cada 1,0 kg de ferro produzido. Nessas condições, que quantidade de energia pode ser liberada no alto-forno por meio da queima do carvão?

### Grade de avaliação da Atividade 2

Nesta atividade, é fundamental que os alunos compreendam duas ideias principais: a relação de proporcionalidade entre a massa de combustível e a energia térmica liberada na combustão, ou seja, quanto maior a massa de um combustível queimado, maior a quantidade de energia térmica liberada; e que cada combustível tem um poder calorífico próprio.

As três primeiras questões são mais simples e a maioria dos estudantes não deve apresentar muita dificuldade em respondê-las. Ao responder à questão 1, o aluno deve reconhecer que, entre os combustíveis da tabela, o gás de cozinha (GLP) é o que apresenta maior poder calorífico e que a lenha apresenta o menor.

Na questão 2, a quantidade de energia pode ser calculada em quilojoules, obtendo-se como resultado 52 750 kJ (ou, mais corretamente,  $5,3 \times 10^4$  kJ), ou em quilocalorias, tendo como resultado 12 620 kcal (ou  $1,3 \times 10^4$  kcal).

A questão 3 tem como resposta 2,5 kg de carvão.

O grau de dificuldade eleva-se a partir da questão 4, por exigir a compreensão dos con-

ceitos de notação científica e Algarismos Significativos. No item **a** deve-se obter como resultado  $2,7 \times 10^5$  kcal e no item **b**, 1,5 kg de biogás.

Na questão 5 (proposta no Caderno do Aluno – CA como Lição de Casa, questão 1, p. 6), deve-se calcular a quantidade de energia liberada na combustão da gasolina ( $1,2 \times 10^6$  kJ) e do álcool ( $1,1 \times 10^6$  kJ) para justificar o fato de que na combustão de 30 kg de gasolina libera-se mais energia do que na combustão de 40 kg de álcool.

Das questões sugeridas, a questão 6 é, sem dúvida, a mais desafiadora. As eventuais dificuldades apresentadas anteriormente em relação ao uso de notação científica e aos Algarismos Significativos podem se repetir nesta questão. Assim, deve-se estar atento aos dados do enunciado e à apresentação do resultado.

Esta questão pode ser resolvida da seguinte forma:

- cálculo da massa de carvão consumido na produção de  $4,0 \times 10^4$  kg de ferro:

$$\frac{\text{Massa de carvão}}{\text{Massa de ferro}} \rightarrow \frac{0,91 \text{ kg}}{1,0 \text{ kg}} =$$

$$\frac{X}{4,0 \times 10^4 \text{ kg}} \rightarrow X \approx 3,6 \times 10^4 \text{ kg}$$

- cálculo da quantidade de energia térmica liberada na combustão de  $3,6 \times 10^4$  kg de carvão:

$$\frac{\text{Energia}}{\text{Massa de carvão}} \rightarrow \frac{6800 \text{ kcal}}{1,0 \text{ kg}} = \frac{Y}{3,6 \times 10^4 \text{ kg}}$$

$$Y = 24480 \times 10^4 \text{ kcal} \quad \text{ou} \quad Y \approx 2,4 \times 10^8 \text{ kcal}$$

A produção de  $4,0 \times 10^4 \text{ kg}$  de ferro envolve a liberação de cerca de  $2,4 \times 10^8 \text{ kcal}$  de energia obtida pela queima de carvão.

### Sugestão de questões para pesquisa

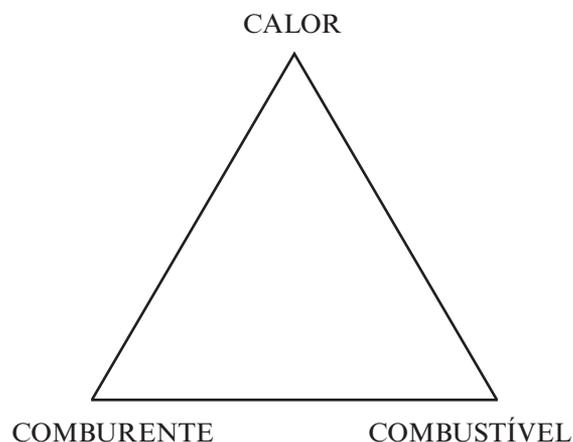
1. Além do preço, disponibilidade e poder calorífico, que outros fatores podem ser considerados na escolha de um combustível?
2. Por que a gasolina comercializada no Brasil apresenta cerca de 20% de etanol, sendo que ela isenta de álcool tem poder calorífico maior?

### Atividade 3 – A combustão

Além de conhecer os combustíveis e suas propriedades, é importante que os alunos compreendam como se dá o seu processo de combustão.

Para ocorrer a combustão são necessárias, além do combustível, a presença de gás oxigênio na quantidade ideal e uma pequena quantidade de energia para iniciar o processo. Assim, define-se combustão como sendo uma transformação química que envolve a interação de material combustível com um comburente (quase sempre o oxigênio), em que há liberação de energia térmica (transformação exotérmica).

Mesmo que a combustão já tenha sido estudada no Ensino Fundamental, este assunto pode ser retomado a partir do triângulo da combustão.



Triângulo da combustão.

Pode-se destacar, na discussão desse esquema, o fato de que apenas a presença do combustível não é suficiente para ocorrer a reação de combustão. O combustível deve estar em contato com um comburente, ou seja, outro reagente que participará da combustão – geralmente o gás oxigênio constituinte do ar –, e esses materiais devem receber uma quantidade inicial de energia para interagirem.

É bom frisar que essa quantidade inicial de energia térmica pode ter diferentes origens.

Em geral, quando se pergunta sobre o que é necessário para ocorrer a combustão de um material, os alunos respondem “oxigênio e fogo”. A ideia de que é necessário fogo para ocorrer combustão é muito recorrente. Esta concepção pode ser confrontada levando-os

a refletir sobre fenômenos como acender um palito de fósforo, queimar uma folha de papel usando uma lente para concentrar os raios solares, ou usar o pirógrafo<sup>3</sup> para escrever ou desenhar na madeira. Sugere-se que esses fenômenos sejam expostos um a um e que os estudantes sejam solicitados a dizer se houve ou não a combustão e, em caso positivo, explicar como ela ocorreu. O objetivo, neste caso, é que os alunos concluam que, para ocorrer combustão, não é necessário haver fogo, e sim energia térmica, que pode vir do atrito, da luz concentrada ou de uma resistência elétrica, por exemplo.

Outro aspecto interessante a ser tratado em sala de aula é o fato das combustões poderem ou não apresentar chama e emitir luz, dependendo do tipo de combustível e da forma como ocorrem. A queima do carvão numa churrasqueira ou de um pedaço de palha de aço, por exemplo, acontece sem a presença de chama, mas com emissão de energia térmica e luz. Já na combustão da glicose no interior das células, ocorre apenas a liberação de energia térmica. Embora possam existir diferenças entre as combustões, elas sempre serão transformações químicas exotérmicas, ou seja, que liberam energia térmica.

Outro fato pouco discutido nas aulas de Química é o de que combustíveis líquidos não

pegam fogo. Nesse caso, o que entra em combustão são os gases formados pela evaporação dos líquidos combustíveis. Tanto é que, quando resfriados abaixo de certas temperaturas, os combustíveis líquidos não vaporizam em quantidade suficiente para que ocorra a combustão, mesmo próximos de uma chama. Essa temperatura mínima para que o vapor de um combustível misturado com ar inflame na presença de chama é denominada **temperatura de fulgor**. O etanol, por exemplo, não queima, mesmo na presença de chama, em temperaturas inferiores a 13 °C, ou seja, essa é sua temperatura de fulgor. A facilidade com que um combustível líquido pode queimar está relacionada à quantidade de vapor que se forma em sua superfície. Quanto menor a temperatura de ebulição de um líquido, mais facilmente ele evapora e, conseqüentemente, mais facilmente entra em combustão.

As combustões, por serem transformações químicas, podem também ser representadas por meio de equações químicas. Os reagentes de uma combustão são o combustível e o comburente, que quase sempre é o gás oxigênio<sup>4</sup>. Os produtos vão depender do tipo de combustível empregado e da quantidade de oxigênio disponível para a combustão. Tomando como exemplo o carvão, usado como combustível na produção da cal e do ferro, pode-se representar sua combustão considerando apenas a

<sup>3</sup> Equipamento elétrico que apresenta uma ponta metálica aquecida por uma resistência elétrica, utilizado para fazer inscrições em objetos de madeira.

<sup>4</sup> Além do oxigênio, o gás cloro também atua como comburente quando, por exemplo, reage com hidrogênio ( $\text{H}_2(\text{g}) + \text{Cl}_2(\text{g}) \rightarrow 2 \text{HCl}(\text{g}) + \text{energia}$ ) ou com ferro ( $2 \text{Fe}(\text{s}) + 3\text{Cl}_2(\text{g}) \rightarrow 2 \text{FeCl}_3(\text{s}) + \text{energia}$ ).

interação do carbono, maior constituinte do carvão, com o oxigênio do ar.

carvão (carbono) + gás oxigênio →  
gás carbônico + energia



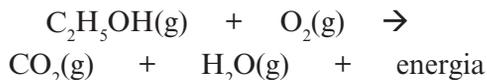
Estas e outras equações químicas que serão apresentadas neste bimestre não estão balanceadas porque, neste momento, apenas traduzem a linguagem discursiva para a linguagem simbólica da Química. Não se espera que sejam estabelecidas relações de proporcionalidade em termos de quantidade de partículas ou de matéria (mol) entre os reagentes e produtos. Assim, a introdução de coeficientes estequiométricos nas equações químicas seria apenas um fator complicador e não acrescentaria nada aos alunos.

Alguns professores e autores preferem não incluir o termo “energia” ou mesmo o valor de energia na equação química, alegando que apenas substâncias devem fazer parte desta equação. Entretanto, optamos por incluí-lo para indicar que nas transformações químicas a energia faz parte do processo, podendo ser absorvida ou liberada. No caso específico das combustões, a energia sempre é liberada e, por isso, aparece ao lado dos produtos. É necessário esclarecer, ao interpretar a equação química, que **energia não se trata de um material ou uma substância**.

Pode-se, ainda, apresentar outras transformações químicas representadas por equações

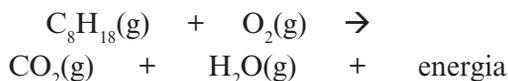
que mostrem a combustão de outros materiais, como do álcool combustível:

álcool combustível (etanol) + gás oxigênio →  
gás carbônico + água + energia

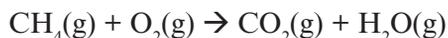


ou da gasolina (representada pelo octano):

gasolina (octano) + gás oxigênio →  
gás carbônico + água + energia



Ao interpretar essas ou outras representações da combustão, procure destacar quais são os reagentes que participam da transformação química, quais são os produtos formados, que formas de energia podem ser liberadas, que evidências de transformação química poderiam ser percebidas etc. É interessante também que a interpretação da combustão seja escrita por extenso, estabelecendo relações entre a linguagem verbal (discursiva) e a simbólica. Pode-se fazer isso, por exemplo, a partir da queima do metano:



O metano gasoso reage com o gás oxigênio formando dióxido de carbono gasoso (ou gás carbônico) e água no estado gasoso.

São apresentadas a seguir sugestões de questões que envolvem a compreensão conceitual das combustões e o domínio das linguagens discursiva escrita e simbólica.

## Questões

1. Considere as combustões a seguir e complete o quadro abaixo:

I. queima de carvão (C) para churrasco;

II. queima de álcool etílico ou etanol ( $C_2H_5OH$ );

III. queima de palha de aço, constituída basicamente de ferro (Fe), com formação apenas de óxido de ferro III ( $Fe_2O_3$ ).

Combustão	Reagentes	Produtos	Manifestação de energia liberada	Apresenta chama?
I				
II				
III				

2. Interprete por extenso as três combustões apresentadas na questão anterior e proponha equações químicas que as representem.

3. Um estudante definiu combustão da seguinte forma: “combustão é uma reação química que forma gás carbônico e água”. Analise a definição do estudante e diga o que está correto e o que está errado nela. Proponha outra definição para o termo **combustão**.

4. O enxofre (S) é um sólido amarelo que pode ser queimado facilmente, formando dióxido de enxofre gasoso ( $SO_2$ ). Proponha uma equação química que represente essa combustão (CA, Lição de Casa, questão 1, p. 9).

5. A tabela a seguir mostra as temperaturas de ebulição e de fulgor de alguns combustíveis (CA, Lição de Casa, questão 2, p. 10).

Combustível	Temperatura de ebulição ( $^{\circ}C$ )	Temperatura de fulgor ( $^{\circ}C$ )
Etanol	78	13
Gasolina	40-200	-43
Querosene	175-320	45

Responda:

a) Explique por que a gasolina e o querosene apresentam uma faixa variável de temperatura de ebulição enquanto o etanol apresenta temperatura de ebulição bem determinada.

b) Qual é a temperatura mínima da gasolina para que ocorra sua combustão quando dela se aproxima uma chama? E do querosene?

c) A partir desses dados, proponha uma explicação para o fato dos carros a álcool

mais antigos terem problema para dar partida em dias frios.

### Grade de avaliação da Atividade 3

Nesta atividade buscou-se abordar aspectos qualitativos, tecnológicos, conceituais e representacionais das combustões. As questões propostas para a avaliação da aprendizagem

buscam abranger esses aspectos, fazendo com que se tenha uma compreensão mais clara sobre o processo de combustão.

Na questão 1 é importante que o aluno compreenda que a combustão é uma transformação química e que saiba identificar os reagentes e produtos envolvidos, além dos aspectos energéticos e qualitativos das combustões.

Combustão	Reagentes	Produtos	Energia Liberada	Tem chama
I	$C + O_2$	$CO_2$	térmica, luz	talvez
II	$C_2H_5OH + O_2$	$CO_2 + H_2O$	térmica, luz	sim
III	$Fe + O_2$	$Fe_2O_3$	térmica, luz	não

As questões 2 e 4 buscam desenvolver a habilidade de transitar entre a linguagem simbólica das equações químicas e a linguagem discursiva escrita.

A questão 3 é conceitual e busca desenvolver a metacognição por motivar o estudante a refletir sobre sua própria concepção do conceito de combustão. É importante que as respostas dadas contemplem os seguintes pontos:

- ▶ a combustão é uma transformação química;
- ▶ a combustão envolve a interação de um combustível com um comburente, quase sempre o oxigênio do ar;
- ▶ os produtos da combustão dependem dos reagentes empregados na combustão, ou seja, não se formam necessariamente gás carbônico e água numa combustão;

- ▶ na combustão sempre ocorre liberação de energia.

Na questão 5 é retomado o conceito de temperatura de ebulição, discutido no bimestre anterior. No item **a**, deve-se compreender que muitos combustíveis não apresentam temperaturas de ebulição bem determinadas, pois são misturas de substâncias, como no caso da gasolina e do querosene. No item **b**, espera-se que sejam capazes de aplicar o conceito de temperatura de fulgor para comparar a facilidade de se inflamar os combustíveis. Os alunos devem reconhecer que a temperatura mínima para que a gasolina queime na presença de chama é de  $-43\text{ }^\circ\text{C}$  e que, no caso do querosene, é de  $45\text{ }^\circ\text{C}$ . No item **c**, espera-se que eles compreendam que o fato da gasolina ter componentes bastante voláteis (com temperaturas de ebulição a partir de  $40\text{ }^\circ\text{C}$ ) e temperatura de fulgor baixa ( $-43\text{ }^\circ\text{C}$ ), quando comparada ao

álcool, faz com que seja mais fácil dar partida em carros a gasolina do que em carros a álcool. Como o álcool é menos volátil que a gasolina (tem temperatura de ebulição superior à de alguns componentes da gasolina), a quantidade de vapores de etanol formados nos motores a carburação é pequena em dias frios e, por isso, a combustão é dificultada. Entretanto, é bom frisar que os automóveis mais modernos (construídos a partir de meados da década de 1990) não apresentam mais esse problema.

Como se pôde perceber, esta Situação de Aprendizagem possibilita inúmeras abordagens além da possibilidade de estabelecimento de relações interdisciplinares com a Geografia, por exemplo. As questões envolvidas com a mineração de carvão, exploração

de poços de petróleo ou uso da monocultura da cana-de-açúcar para a produção de álcool combustível podem suscitar interessantes discussões sobre aspectos sociais, ambientais, tecnológicos, políticos, econômicos e científicos. Entretanto, deve-se ter em mente que o que foi proposto aqui é apenas um pequeno recorte de tudo aquilo que pode ser abordado. Acreditamos, contudo, que a forma como está proposto o conteúdo pode auxiliar os estudantes a alcançar alguns dos objetivos principais deste 2º bimestre da 1ª série do Ensino Médio, que são: compreender as relações de proporcionalidade entre a massa de um combustível queimado e a energia liberada em sua combustão; compreender os aspectos qualitativos e conceituais principais das combustões; e conhecer alguns importantes combustíveis e suas características gerais.

## SITUAÇÃO DE APRENDIZAGEM 2

### RELAÇÕES EM MASSA NAS TRANSFORMAÇÕES QUÍMICAS: CONSERVAÇÃO E PROPORÇÃO EM MASSA

Nesta Situação de Aprendizagem serão desenvolvidas as ideias de conservação de massa e relações proporcionais entre reagentes e produtos envolvidos em uma transformação química. A construção dessas ideias se dará ao longo de três momentos pedagógicos distintos. Inicia-se o estudo com uma problematização das observações sobre mudanças de massa na combustão do papel e da palha de aço. A seguir, os conceitos de conservação de

massa e de proporção em massa nas transformações químicas são desenvolvidos, usando-se para isso dados tabelados das quantidades de reagentes e produtos da combustão do carvão e também dados obtidos de um segundo experimento demonstrativo a ser realizado em sala de aula. Num terceiro momento, as explicações fornecidas pelos alunos sobre o que acontece com as massas do papel e da palha de aço após a combustão são retomadas e reconstruídas.

**Tempo previsto:** 5 aulas.

**Conteúdos e temas:** conservação de massa nas transformações químicas e relações proporcionais entre as massas envolvidas em uma transformação química.

**Competências e habilidades:** perceber a conservação da massa nas transformações químicas; analisar dados de massas de reagentes e de produtos estabelecendo relações de proporcionalidade entre eles; aplicar os conceitos de conservação e proporção em massa na previsão de quantidades envolvidas nas transformações químicas.

**Estratégias:** exposição dialogada; experimentos demonstrativos; exercícios.

**Recursos:** lousa e giz; questões presentes neste Caderno; materiais e reagentes indicados nos roteiros dos experimentos.

**Avaliação:** respostas às questões e participação na discussão dos experimentos.

## Atividade 1 – Problematização inicial: o experimento da queima da palha de aço

Alguns problemas conceituais surgem corriqueiramente no ensino do tema combustão. Em primeiro lugar, é comum que os alunos desconsiderem a participação dos gases na combustão e comparem apenas as massas dos materiais sólidos (carvão e cinzas, por exemplo). Em segundo lugar, mesmo aqueles que consideram os gases envolvidos na combustão (oxigênio e dióxido de carbono, por exemplo), podem pensar que gases não possuem massa.

Pode-se também apresentar a concepção alternativa de que tudo o que queima diminui de massa, some ou vira energia. Essas ideias são fortemente sustentadas pela experiência de vida dos estudantes. Muito provavelmente, eles já viram a madeira e o papel ficarem mais leves quando queimados e o mesmo ocorrer com a vela, os tecidos, os plásticos e outros materiais.

Essas ideias podem constituir obstáculos para a compreensão da lei de conservação de massa e do processo de combustão. A superação dessas concepções e a construção dos conceitos de conservação e proporção em massa são os objetivos desta atividade.

Sugere-se que, após um levantamento das ideias iniciais dos estudantes e a retomada dos tópicos mais importantes da Situação de Aprendizagem anterior, seja realizada a atividade experimental demonstrativa apresentada a seguir.

Nesta atividade, serão propostas explicações para a diferença de massas observadas nas combustões do papel e da palha de aço. Esse experimento tem caráter qualitativo e pode ser feito com materiais de fácil obtenção. A partir de sua discussão, será possível conhecer melhor como os alunos compreendem a conservação de massa nas transformações químicas e a participação de substâncias gasosas nesses processos.

É importante ter em mente que a função principal desse experimento é **problematizar** a questão da conservação ou não da massa nas **transformações químicas**. Portanto, é necessário e suficiente que os estudantes se sintam instigados a discutir e a compreender o problema proposto a partir do experimento.

Esta atividade possibilita que eles apresentem suas ideias sobre o que ocorre com as massas em transformações de combustão e, ao ser confrontados com um fato que não condiz com suas previsões e que não conseguem explicar, sintam-se estimulados a buscar explicações.

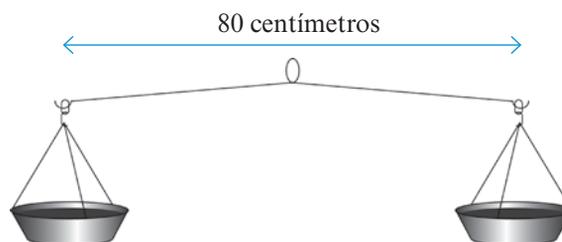
### Experimento 1 – Queima da palha de aço<sup>5</sup>

#### Materiais e reagentes

- ▶ balança de pratos feita de arame e pratos de papel-alumínio (tipo marmitex);
- ▶ 2 folhas de papel sulfite;
- ▶ 2 palhas de aço;
- ▶ fósforos ou isqueiro.

#### Procedimento

1. Construa uma balança de pratos usando arame e pratos de papel-alumínio tipo marmitex, como mostrado na figura a seguir.



Balança feita de arame e pratos de papel-alumínio.

2. Segure a balança pelo ponto central de sua haste. Pode-se utilizar um clipe metálico para segurar a balança. Isso diminui o atrito entre a mão e a balança, aumentando sua sensibilidade.
3. Coloque uma folha de papel em cada prato da balança de maneira que ambos fiquem no mesmo nível.

▶ *Questão: O que vocês acham que acontecerá com o nível dos pratos se o papel que está sobre um deles for queimado? Peça que expliquem a previsão feita em termos das massas de papel. Anote as previsões em um canto da lousa.*

4. Queime uma das folhas de papel de um dos pratos da balança e observe.

▶ *Questão: Suas previsões foram confirmadas?*

5. Limpe a balança e coloque um pedaço de palha de aço em cada prato, de maneira que os dois lados fiquem no mesmo nível.

<sup>5</sup> Experimento adaptado de: BELTRAN, N. O. Combustão: duas interpretações diferentes. In: *Revista de Ensino de Ciências*. FUNBEC. n. 19, out. 1987.

- ▶ *Questão: Quais são suas previsões sobre o que acontecerá com o nível dos pratos da balança se a palha de aço que está sobre um deles for queimada?*

6. Queime a palha de aço de um dos pratos da balança e observe.

- ▶ Peça que relacionem suas observações sobre as mudanças de massa ocorridas após a queima do papel e da palha de aço.
- ▶ Solicite que expliquem por que a massa da palha de aço aumentou e a massa de papel diminuiu.

Como os alunos ainda não estudaram a lei da conservação da massa nas transformações químicas, não se espera que eles consigam responder às questões feitas. Essas ideias devem ser retomadas na Atividade 3 desta Situação de Aprendizagem, aplicando-se os conhecimentos sobre conservação da massa que serão desenvolvidos a seguir. Caso a opção seja por não retomar as ideias iniciais dos alunos, é melhor não fazer o experimento problematizador, pois, nesse caso, as ideias alternativas apresentadas no início não serão confrontadas com as novas ideias e não poderão ser abandonadas nem reconstruídas.

Assim, é preciso ter em mente a seguinte questão: *Como explicar que na combustão da palha de aço observa-se que a massa aumenta*

*enquanto em outras a massa diminui?* Esse é o problema que deve permear os pensamentos do estudante ao longo das aulas dedicadas a esta atividade.

Diversas hipóteses podem ser consideradas na tentativa de explicar esses fenômenos. Alguns podem pensar que na combustão a massa diminui porque parte do combustível vira energia e a outra parte vira cinzas. Essa hipótese serve para explicar as observações feitas na queima do papel, mas não servem para justificar o aumento da massa observado na queima da palha de aço. Outra hipótese que pode surgir, provavelmente por força das observações sobre a queima da palha de aço, é a de que alguns materiais podem ser introduzidos no sistema ou retirados durante a queima, o que poderia causar as mudanças de massa observadas nos dois casos. Ambas as hipóteses podem vir dos próprios alunos ou ser propostas para que eles as avaliem. Tenha em mente que a Atividade 3 fará uma releitura do problema. Além disso, no CA, Lição de Casa, p. 14, os alunos são convidados a verificar a coerência de explicações sobre o que ocorre com as massas do papel e da palha de aço quando submetidas ao processo de combustão.

Para investigar se a segunda hipótese é correta, você pode propor o estudo de uma combustão cujo sistema seja fechado, ou seja, em que não ocorram trocas de materiais entre o sistema e o meio.

## Atividade 2 – Conservação da massa e proporção em massa entre as espécies participantes da transformação química

Esta segunda parte da Situação de Aprendizagem pode ser iniciada retomando-se a combustão do carvão. O carvão é constituído basicamente de carbono (C), cerca de 90% de sua massa; o restante é formado por materiais

orgânicos não decompostos na carbonização da madeira e por sais minerais.

Na combustão do carvão, o carbono interage com o oxigênio do ar formando principalmente gás carbônico, deixando um resíduo sólido composto principalmente por óxidos metálicos, a cinza. A tabela seguinte mostra as massas dos materiais envolvidos na combustão do carvão.

Amostra	Massas iniciais dos reagentes (valores em gramas)		Massas finais dos produtos (valores em gramas)		Energia liberada (kcal)
	Carvão (C(s))	Gás oxigênio (O <sub>2</sub> (g))	Dióxido de carbono (CO <sub>2</sub> (g))	Cinzas	
I	150	320	442	31	1 020
II	60	128	172	12	410
III	23	48	66	5	156

Esses dados foram obtidos a partir de experimentos de combustão de carvão em recipientes fechados e as massas de gás oxigênio consumido e de gás carbônico (dióxido de carbono) produzido puderam ser medidas porque sistemas fechados não permitem a troca de material com o meio externo, ou seja, não entra nenhum material, inclusive outros gases, no recipiente onde ocorreu a combustão, assim como não sai dele nenhum material. Pode-se fazer um desenho simples na lousa para ilustrar o experimento relatado.

É importante frisar que esses valores de massa são experimentais e não calculados; portanto, estão sujeitos a variações de até uma

unidade nos últimos algarismos medidos, inerentes à própria medição. Faz parte do trabalho experimental saber analisar dados e saber estimar as incertezas das medidas. É importante salientar que os dados não estão errados, ou seja, que não houve erros experimentais.

Na prática, deve-se considerar uma margem de incerteza nos valores medidos em qualquer aparelho, por mais simples que seja. No caso das balanças, pode-se considerar uma incerteza de mais ou menos uma unidade no último algarismo registrado. Um valor de 53 g medido em balança é mais corretamente expresso como 53 ( $\pm 1$ ) g, e um valor de 7,38 g como 7,38 ( $\pm 0,01$ ) g.

Não se propõe que você, professor, adote esse rigor na representação dos valores experimentais, mas apenas que essa possibilidade de pequenas variações de até uma unidade no último algarismo medido seja considerada na análise dos dados experimentais. Dessa forma, os alunos devem ser capazes de considerar que a soma das massas dos reagentes da amostra I de carvão ( $150 + 320 = 470$ ), por exemplo, é igual à soma das massas de seus respectivos produtos ( $442 + 31 = 473$ ), se considerarmos que cada uma das quatro medidas pode ter variação de até uma unidade no último algarismo registrado e que essas incertezas se somam quando se comparam valores de várias medidas.

É importante que essa discussão seja feita com eles, pois a compreensão dessas ideias lhes possibilitará interpretar de forma mais acertada os resultados experimentais. Isso será essencial na análise e interpretação dos dados quantitativos da atividade experimental que será proposta a seguir.

Para analisar os dados de massa da tabela de combustão do carvão propõem-se as seguintes questões:

- ▶ Some as massas dos reagentes da amostra I. Some as massas dos produtos da amostra I. Comparando esses dois resultados, é possível dizer que a massa do sistema permaneceu a mesma depois da combustão do carvão? Se não, a que pode ser atribuída essa diferença?
- ▶ Compare a soma das massas dos reagentes com a soma das massas dos produtos na amostra II. Compare também as massas reagentes e de produtos na amostra III. É possível dizer que a massa se conservou após a combustão das amostras II e III? Justifique sua resposta.

Não é preciso apresentar a lei de conservação de massa neste momento. Basta que os estudantes compreendam que na combustão do carvão a massa se conserva. A generalização para outras transformações químicas será feita a seguir com a análise de um experimento demonstrativo em duas partes.

Antes de iniciar essa etapa, porém, sugere-se que a tabela apresentada a seguir seja preenchida pelos alunos à medida que se realiza a experiência (consulte o CA, item 8 do procedimento experimental, p. 17).

Sistema no estado inicial		Sistema no estado final		
Descrição (aspecto visual)	Massa	Descrição (aspecto visual)	Massa	
			Fechado	Aberto

## Experimento 2 – Transformações químicas e conservação de massa

### Materiais e reagentes

- ▶ garrafa plástica incolor de 600 mL com tampa (seca);
- ▶ cerca de 50 mL de solução de ácido clorídrico 1 mol/L (quantidade equivalente ao volume de um copo descartável de café);
- ▶ 1 tubo de ensaio de 15 mm x 100 mm;
- ▶ 2 g de hidrogenocarbonato de sódio (bicarbonato de sódio) ou carbonato de cálcio;
- ▶ estante para tubos de ensaio;
- ▶ balança;
- ▶ 2 tubos de ensaio de 15 mm x 150 mm;
- ▶ espátula ou palito de sorvete;
- ▶ cerca de 5 mL de solução de sulfato de cobre II 0,5mol/L;
- ▶ cerca de 5 mL de solução de hidróxido de sódio 1mol/L.

**Observação 1:** a garrafa plástica e o tubo de ensaio podem ser substituídos por um frasco de maionese com tampa e um vidrinho de remédio ou similares. Basta que o sistema não permita o escape do gás formado na experiência. Para melhorar a vedação, pode-se colocar um pedaço de

filme de PVC entre o frasco e a tampa. É fundamental que você teste antes o experimento, independentemente da montagem escolhida.

**Observação 2:** pode-se preparar as soluções durante a realização do experimento dissolvendo-se separadamente nos tubos de ensaio maiores uma ponta de espátula de sulfato de cobre II em cerca de 5 mL de água e uma quantidade equivalente de hidróxido de sódio na mesma quantidade de água. Dois alunos podem ser convidados a preparar essas soluções durante a realização do experimento. Nesse caso, deve-se chamar a atenção para os perigos do manuseio desses reagentes, orientando-os a evitar que haja contato com pele e olhos. Oriente-os também sobre a forma correta de agitar um tubo de ensaio, pois eles tendem a tampar o tubo com o dedo polegar para agitá-lo e isso pode ser muito perigoso, dependendo do seu conteúdo. As quantidades de reagentes não precisam ser estequiométricas, pois o experimento é qualitativo.

### Procedimento

#### Interação entre ácido clorídrico e hidrogenocarbonato de sódio (bicarbonato de sódio)

1. Coloque com cuidado 50 mL da solução de ácido clorídrico na garrafa. A garrafa não pode estar molhada por fora para que não haja perda de massa por evaporação.
2. Usando a espátula, adicione cerca de 2 g de bicarbonato de sódio ao tubo de ensaio pequeno.

3. Transfira com cuidado o tubo de ensaio para dentro da garrafa conforme a Figura 4. Não deixe que a solução de ácido entre em contato com o bicarbonato de sódio neste momento.

Claudio Ripinskas



Montagem do experimento usando garrafa plástica ou frasco de boca larga.

4. Pese todo o conjunto na balança: garrafa com a solução de ácido e tubo de ensaio contendo o bicarbonato e a tampa da garrafa (não se esqueça de pesar a tampa). Anote o valor de todo o sistema.
5. Assegure-se de que a garrafa esteja bem fechada.
6. Vire a garrafa de modo que o ácido entre em contato com o bicarbonato. Deixe ocorrer a reação até cessar a efervescência.
7. Com a garrafa ainda tampada, meça a massa do conjunto novamente. Anote o valor.

8. Destampe a garrafa e meça a massa do conjunto sem se esquecer de medir também a massa da tampa da garrafa. Anote o valor.

#### Interação entre o sulfato de cobre II e o hidróxido de sódio

1. Prepare as soluções de sulfato de cobre II e de hidróxido de sódio, dissolvendo separadamente, nos tubos de ensaio maiores, uma espátula de cada um deles em 5 mL de água.
2. Coloque esses tubos de ensaio maiores com as soluções preparadas na estante para tubos de ensaio. Pese todo esse sistema (tubos com as soluções e estante). Anote o valor da massa.
3. Transfira a solução de sulfato de cobre II para o tubo de ensaio com a solução de hidróxido de sódio.

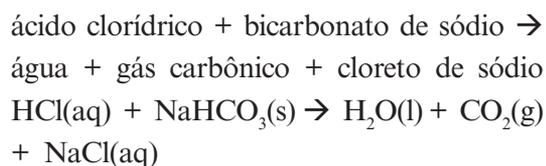
Neste momento, pode-se questionar os alunos sobre o que eles acham que acontece com a massa do sistema.

4. Pese todo o sistema novamente, incluindo o tubo de ensaio que continha a solução de sulfato de cobre II. Anote o valor da massa.

Neste momento, pode-se perguntar a eles se o valor de massa encontrado corresponde às suas previsões.

## Questões para análise do Experimento 2

1. Você considera que os dois fenômenos observados neste experimento são transformações químicas? Por quê?
2. Em relação ao sistema ácido clorídrico e hidrogenocarbonato de sódio, calcule a diferença de massa entre:
  - a) a massa inicial e a massa final com a garrafa fechada. Houve diferença entre as massas? Como você explica esse resultado?
  - b) a massa inicial e a massa final com a garrafa aberta. Houve diferença entre as massas? Como você explica esse resultado?
3. Caso tenha sido usado bicarbonato de sódio nesta experiência, o fenômeno observado pode ser representado pela equação química:



O termo (aq) indica que o material está dissolvido em água, formando o que se chama de uma **solução aquosa**. Os termos (s), (l) e (g) representam os estados físicos sólido, líquido e gasoso, respectivamente. Relacione os estados físicos dos materiais envolvidos nesse fenômeno e as diferenças de massa calculadas na questão 2.

4. É possível dizer que as massas inicial e final na interação entre o ácido clorídrico e o bicarbonato de sódio foram iguais? Justifique sua resposta com base nos dados experimentais.
5. Compare as massas inicial e final na interação entre a solução de sulfato de cobre II e a solução de hidróxido de sódio. Houve conservação da massa nessa interação? Explique.

Após a discussão e correção das questões, pode ser proposta a generalização das relações em massa que foram estabelecidas, ou seja, a massa no estado inicial é sempre igual à massa no estado final em qualquer transformação química. A soma das massas dos reagentes será igual à soma das massas dos produtos. Esse fato pode ser observado quando a transformação química se processa em sistema fechado, mas pode parecer incorreto quando se observam as transformações em sistemas abertos. Isso porque em sistemas abertos pode ocorrer ganho ou perda de materiais gasosos, modificando a massa final do sistema.

Pode-se mencionar que essas observações sobre a conservação da massa nas transformações químicas são conhecidas desde o século XVIII e foram inicialmente propostas pelo químico francês Antoine Laurent Lavoisier (1743-1794). Essa proposta ficou conhecida como Lei da Conservação da Massa ou Lei de Lavoisier.

## Como escolher as quantidades de reagentes para que não haja desperdício?

Evitar desperdício de materiais é uma das preocupações que surgem quando se quer realizar uma transformação química. Esse cuidado é especialmente importante nos processos industriais, nos quais a margem de lucro, a qualidade do produto e os impactos ambientais, por exemplo, podem estar diretamente ligados à questão do desperdício de materiais.

Na produção do ferro-gusa usa-se minério de ferro, calcário e carvão em quantidades da ordem de toneladas. Se for usado menos minério de ferro, serão desperdiçados carvão e calcário, além de ser gerado um produto final de má qualidade. Se for usado menos carvão ou calcário, sobrarão minério de ferro sem reagir. Os prejuízos, em ambos os casos, serão grandes. Para que

não haja desperdício é preciso que os reagentes sejam adicionados em uma proporção ideal. O estudo sobre as proporções entre reagentes e produtos numa transformação química pode ser iniciado com a retomada da tabela que mostra as massas de reagentes e produtos envolvidos na combustão do carvão, apresentada no início desta atividade da Situação de Aprendizagem 2 (p. 26). Além das relações em massa, pode-se abordar também as relações entre energia e massas de reagentes e de produtos.

A primeira relação que pode ser observada é a razão entre a massa de carvão queimado e a massa de cinzas formada. Peça que calculem a razão entre esses valores dividindo a massa de carvão pela massa de cinzas para cada uma das três amostras. Esse valor representa quantas vezes a massa de carvão é maior que a massa de cinzas em cada amostra.

	Amostra I	Amostra II	Amostra III
$\frac{\text{Massa de carvão}}{\text{Massa de cinzas}}$	$\frac{150}{31} = 4,8$	$\frac{60}{12} = 5,0$	$\frac{23}{5} = 4,6$ ou $\approx 5$

É importante que na análise desses resultados sejam considerados os algarismos significativos dos dados (dois para as amostras I e II e apenas um para a amostra III). Deve-se também lembrar o fato de que esses dados são experimentais e, portanto, estão sujeitos a incertezas.\*

Dessa forma, pode-se considerar que a razão ou a proporção entre as massas de carvão e cinzas é constante:

$$\frac{\text{Massa de carvão}}{\text{Massa de cinzas}} = \frac{5}{1}$$

Para cada cinco partes de carvão queimadas, uma parte de cinzas se formará. Se queirmos 10 g de carvão devem-se formar 2 g de cinzas.

Proponha outras questões, como: *Se queirmos 100 g de carvão, que massa de cinzas deverá se formar? E se queirmos 27 g?*

\* No CA, pp. 19 e 20, são propostos exercícios sobre as questões tratadas nesta página e na próxima.

Agora, outra relação pode ser explorada: existe uma proporção constante entre a massa de carvão e a massa de oxigênio.

	Amostra I	Amostra II	Amostra III
$\frac{\text{Massa de carvão}}{\text{Massa de oxigênio}}$	$\rightarrow \frac{150}{320} = 0,469$	$\rightarrow \frac{60}{128} = 0,47$	$\rightarrow \frac{23}{28} = 0,48$

A relação entre as massas de carvão e de oxigênio é de 0,47.

$$\frac{\text{Massa de carvão}}{\text{Massa de oxigênio}} = \frac{0,47}{1}$$

Em outras palavras, pode-se dizer que para cada 0,47 parte de carvão é necessária uma parte de oxigênio. Questão para discussão: *Quantos gramas de gás oxigênio são necessários para queimar 47 g de carvão? E para queimar 94 g de carvão?*

Essa relação de proporcionalidade pode ser estabelecida entre quaisquer reagentes ou produtos. É importante dizer também que geralmente essa relação não é um número inteiro. Pode-se estabelecer, por exemplo, a relação entre as massas de carvão e gás carbônico, entre gás carbônico e gás oxigênio etc.

Os alunos devem ser motivados a realizar análises qualitativas dos dados, ou seja, perceber as proporções de forma aproximada (CA, “Exercícios em sala de aula”, p. 19). Mostre que, nesse caso, a massa de carvão é praticamente a metade da massa de oxigênio nas três

amostras. Analisar os dados qualitativamente é importante para a compreensão das relações de proporcionalidade e, desta forma, não aceitar qualquer resultado dado por uma calculadora. Assim, os estudantes devem perceber que:

- ▶ a massa de oxigênio é um pouco maior que o dobro da massa de carvão;
- ▶ a massa de carvão é cerca de cinco vezes maior que a massa de cinzas;
- ▶ a massa de oxigênio é cerca de dez vezes maior que a massa de cinzas etc.

O desenvolvimento dessa forma de pensar é tão importante quanto a capacidade de realizar cálculos de razão entre as massas, pois ambos os raciocínios, qualitativo e quantitativo, se complementam.

A seguir, mostre a relação de proporcionalidade entre as massas de reagentes e produtos de cada uma das três amostras: as massas da amostra I são cerca de 2,5 vezes maiores que as massas da amostra II.

	carvão	oxigênio	dióxido de carbono	cinzas
$\frac{\text{Amostra I}}{\text{Amostra II}}$	$\rightarrow \frac{150}{60} = 2,5$	$\rightarrow \frac{320}{128} = 2,50$	$\rightarrow \frac{442}{172} = 2,57$	$\rightarrow \frac{31}{12} = 2,6$

Pode-se mencionar que essas observações sobre a proporção entre as massas nas transformações químicas também são conhecidas desde o século XVIII. Elas ficaram conhecidas como Lei das Proporções Fixas ou Lei de Proust em homenagem ao francês Joseph Louis Proust (1754-1826), que estudou as relações entre massas nas transformações químicas. Em seus estudos, ele demonstrou que a composição do carbonato de cobre era a mesma, independentemente da amostra escolhida: 5,1 partes de cobre para 3,9 partes de oxigênio para 1 parte de carbono. Assim, para formar qualquer quantidade de carbonato de cobre seria necessária sempre a mesma proporção entre os reagentes. Essas mesmas observações foram feitas em relação à composição e formação de outras substâncias e, no início do século XIX, era praticamente consensual a aceitação da Lei das Proporções definidas pela comunidade científica.

A relação entre a massa de um combustível queimado e a quantidade de energia liberada nessa combustão foi abordada na Situação de Aprendizagem 1 (consulte o CA, p. 14) e pode ser retomada na análise desses dados sobre a combustão do carvão. É possível fazer uma análise qualitativa dos dados mostrando que, quanto maior a massa de carvão queimado, maior também será a quantidade de energia liberada na transformação. Essa relação é de 1 g de carvão para 6,8 kcal de energia. A relação entre massa e energia pode também ser estabelecida em termos de quantidade de oxigênio consumido ou de um dos produtos formados (CA, “Exercícios em sala de aula”, p. 19).

Neste momento, eles podem ser questionados sobre a seguinte situação: *Sabemos que as substâncias interagem em proporções determinadas. Mas o que aconteceria se os reagentes não estivessem na proporção correta? Todos os reagentes seriam consumidos mesmo assim?*

Pode-se dar como exemplo a amostra I da combustão de carvão. O que aconteceria se, em vez de 320 g de oxigênio, houvesse 4 000 g de oxigênio no recipiente onde ocorreu a combustão do carvão?

Espera-se que deem como resposta que as quantidades de produtos não mudariam, apenas sobrariam 3 680 g de oxigênio no final do processo, pois para consumir 150 g de carvão necessita-se de apenas 320 g de oxigênio.

Outras questões mais elaboradas também podem ser propostas: *Que massa de oxigênio restaria se 30 g de carvão fossem queimados na presença de 500 g de oxigênio?*

Nesse caso, deve-se primeiro calcular que massa de oxigênio é necessária para interagir com 30 g de carvão. Como a massa de carvão queimada é  $\frac{1}{5}$  da massa de carvão da amostra I, espera-se que a massa de oxigênio consumido também seja  $\frac{1}{5}$ , ou seja, para queimar 30 g de carvão seriam necessários apenas 64 g de oxigênio e restariam 436 g desse gás sem reagir.

A seguir são propostas questões e problemas nos quais se pode aplicar os conceitos de conservação e proporção em massa.

## Questões\*

1. Sabendo-se que a combustão de 60 g de carvão requer 128 g de gás oxigênio e produz 12 g de cinzas, que massa de cinzas é formada quando se queimam 90 g de carvão? Que massa de oxigênio será consumida na combustão dessa massa de carvão?
2. O responsável técnico de um forno de calcinação de calcário elaborou um relatório sobre as três últimas tiragens da produção de cal. O relatório apresenta a seguinte tabela:

Data	Massa de calcário (t) (CaCO <sub>3</sub> )	Massa de cal (t) (CaO)	Massa de dióxido de carbono (t) (CO <sub>2</sub> )
12/7	10,0	5,6	4,4
15/7		11,2	
18/7	12,0	6,7	

Como se pode perceber, faltaram dados de massa de calcário usado no dia 15/7 e massa de dióxido de carbono formado nos dias 15/7 e 18/7.

- a) Identifique o que é reagente e o que é produto nesse processo.
  - b) Sabendo que a calcinação do calcário envolve o consumo de energia, proponha uma equação química que represente a calcinação do calcário e inclua o termo “energia” na equação.
  - c) Determine os valores que faltam na tabela e complete-a. Mostre todos os cálculos realizados.
3. A combustão do etanol foi estudada em laboratório e as massas de reagentes e produtos da combustão de duas amostras de etanol foram registradas em uma tabela.

Massas no estado inicial (g)		Massas no estado final (g)			
Etanol adicionado	Oxigênio adicionado	Gás carbônico produzido	Água produzida	Etanol em excesso	Oxigênio em excesso
50	96	88	54	4	
23	50				

- a) Analise a tabela e mostre que a massa se conservou na combustão da primeira amostra de etanol. Apresente os cálculos e as conclusões.
- b) Há excesso de oxigênio na combustão da segunda amostra de etanol? Mostre os cálculos e as conclusões.

\* No CA, as questões 1 a 4 compõem a Lição de Casa das pp. 21 e 22.

- c) Calcule a massa de gás carbônico ( $\text{CO}_2$ ) e de água formada na combustão da segunda amostra de etanol.
4. Sabe-se que 0,50 g de magnésio metálico (Mg) e 0,33 g de oxigênio ( $\text{O}_2$ ) reagem completamente, formando exclusivamente óxido de magnésio (MgO).
- a) Que massa de MgO espera-se nesta experiência?
- b) Que massa de  $\text{O}_2$  é necessária para reagir totalmente com 1,0 g de Mg?
- c) O que se espera que aconteça se 2,0 g de Mg reagirem com 2,0 g de  $\text{O}_2$ ?

### Grade de avaliação da Atividade 2

Na questão 1, relações de proporcionalidade deverão ser estabelecidas entre as massas de carvão e cinzas e entre carvão e oxigênio. Espera-se que os alunos concluam que são formados 18 g de cinzas a partir da combustão de 90 g de carvão, sendo consumidos para isso 192 g de gás oxigênio.

Na questão 2, os alunos deverão analisar a tabela de produção de cal e identificar o calcário como o único reagente e o dióxido de carbono e a cal como seus produtos. A massa de dióxido de carbono formada no dia 18/7 pode ser obtida considerando-se a conservação das massas nessa transformação química e seu

valor deve ser de 5,3 t. As massas de calcário e dióxido de carbono do dia 15/7 podem ser obtidas considerando-se a proporção entre as massas de calcário e de cal e entre as massas de cal e dióxido de carbono dos dias 12/7 e 15/7. Dessa maneira, obtêm-se como resultados um consumo de 20 t de calcário e uma produção de 8,8 t de dióxido de carbono no dia 15/7.

Na questão 3, item **a**, comparando-se as massas de reagentes e produtos, nota-se que a massa se conservou nessa transformação química. Isso pode ser feito considerando a massa inicial como a soma da massa de etanol que reage (etanol adicionado – etanol em excesso) e a massa de oxigênio, e a massa final como a soma das massas dos produtos ( $m_i = 142$ ;  $m_f = 142$ ). No item **b**, deve-se identificar que apenas 46 g de etanol reagem na primeira amostra (excesso de 4 g) e que essa massa está relacionada a um consumo de 96 g de oxigênio. Assim, a combustão de 23 g de etanol (metade de 46 g) consome apenas 48 g de oxigênio (metade de 96 g), sobrando 2 g de oxigênio. No item **c**, os alunos devem, ainda, calcular as massas de água e dióxido de carbono na combustão da segunda amostra de etanol. Espera-se que cheguem aos valores de 44 g de dióxido de carbono e 27 g de água.

Na questão 4, obtêm-se um valor de 0,83 g de MgO no item **a**; 0,66 g de  $\text{O}_2$  no item **b**; e se espera que 2,0 g de Mg consumam apenas 1,32 g de oxigênio, restando um excesso de 0,68 g desse gás no item **c**.

### Atividade 3 – Releitura do problema inicial

Neste momento, pode-se retomar o problema inicialmente levantado na experiência da queima da palha de aço. A questão que os alunos devem ser capazes de responder agora é: *Como explicar que em algumas combustões observamos que a massa aumenta enquanto em outras a massa diminui?*

Espera-se que, neste momento, os alunos possam:

- ▶ considerar a importância da participação dos gases nas reações químicas, inclusive em combustões;
- ▶ compreender que gases possuem massa;
- ▶ saber que em todas as transformações químicas, incluindo as combustões, as massas no estado inicial e final são iguais.

O experimento da queima da palha de aço pode ser retomado fazendo um desenho esquemático na lousa ou mostrando a balança de pratos usada em sua execução.

Recorde o fato da balança ter pendido para o lado do papel sem queimar na primeira parte do experimento, o que indicaria que a massa teria diminuído na combustão do papel. Retome também a observação feita na combustão da palha de aço que mostra que a massa teria aumentado durante sua combustão.

Pode-se construir na lousa um quadro comparativo das combustões do papel e da palha de aço. Faça essa construção dialogando com a turma, procurando verificar se eles se lembram da participação do oxigênio nas combustões e se sabem quais produtos se formam em cada combustão.

Combustão	Reagentes	Produtos
Papel	Papel (celulose) $(C_6H_{12}O_6)_n$ Gás oxigênio do ar $(O_2)$	Gás carbônico $(CO_2)$ Vapor de água $(H_2O)$ Cinzas
Palha de aço	Aço (ferro) $(Fe)$ Gás oxigênio do ar $(O_2)$	Óxido de ferro (III) $(Fe_2O_3)$

Destacando quais são os materiais sólidos envolvidos nas combustões, peça que comparem apenas as massas de reagentes e de produtos sólidos nessas combustões e as relacionem com as observações feitas na realização do experimento.

Os alunos podem ser questionados se consideram que os gases consumidos ou produzidos na combustão do papel e da palha de aço têm massa e, se tiverem, se suas massas podem ser medidas na balança de pratos usada no experimento.

Peça aos alunos que proponham agora uma explicação para as observações feitas no experimento. Pode-se perguntar a eles se consideram que a massa se conservou nas duas combustões. Espera-se que digam que a massa sempre se conserva nas transformações químicas, inclusive na queima do papel e da palha

de aço. Observou-se a diminuição de massa na queima do papel porque a balança compara apenas as massas de sólidos (papel e cinzas), mas se compararmos as massas de todos os reagentes e a massa de todos os produtos percebemos que a massa não se altera. Observou-se o aumento de massa na queima da palha de aço porque não foi considerada a massa de oxigênio, que foi incorporada na formação do produto.

A Situação de Aprendizagem pode ser concluída sintetizando-se as ideias discutidas nesta Situação e enfatizando o fato de que a massa sempre se conserva nas transformações químicas, mesmo naquelas em que isso não seja evidente, como no caso das combustões realizadas em sistema aberto.

### SITUAÇÃO DE APRENDIZAGEM 3 IMPLICAÇÕES SOCIOAMBIENTAIS DA PRODUÇÃO E DO USO DE COMBUSTÍVEIS

Nesta Situação de Aprendizagem serão discutidos problemas sociais e ambientais ligados à produção e ao uso de combustíveis, especificamente aqueles relacionados à produção de carvão vegetal, à extração de

carvão mineral e à emissão de gases provenientes da combustão (como  $\text{CO}_2$  e  $\text{SO}_2$ ). Esses gases são responsáveis por problemas ambientais, como o agravamento do efeito estufa e a chuva ácida.

**Tempo previsto:** 4 aulas.

**Conteúdos e temas:** problemas sociais e ambientais ligados à produção e ao uso de combustíveis; conceito operacional de ácido e base.

**Competências e habilidades:** selecionar, organizar, relacionar e interpretar dados e informações apresentados em textos, tabelas e gráficos referentes aos problemas socioambientais provenientes da produção e do uso de combustíveis (chuva ácida e efeito estufa) para tomar decisões e enfrentar situações-problema; relacionar informações obtidas por meio de observações diretas e de textos descritivos para construir argumentações consistentes num debate sobre desenvolvimento tecnológico e impactos socioambientais.

**Estratégias:** levantamento das ideias dos alunos; leitura de textos; experimentos; debate; exposição dialogada.

**Recursos:** lousa e giz; roteiros experimentais; questões presentes neste Caderno; texto e folhas de atividades; materiais e reagentes indicados nos roteiros dos experimentos.

**Avaliação:** respostas às questões e participação na aula; material escrito sobre o tema do debate.

A Situação de Aprendizagem pode ser iniciada procurando-se conhecer as ideias dos alunos a respeito dos problemas que a produção e o uso de combustíveis podem trazer para o ambiente e a vida no planeta. Sugere-se a seguinte questão para esse levantamento:

- ▶ A produção e o uso de combustíveis estão relacionados a problemas ambientais? E a problemas de saúde? Dê exemplos.

### Atividade 1 – Produção e uso de carvão vegetal e carvão mineral e seus impactos ambientais

Após o levantamento das ideias prévias, sugere-se que você oriente a leitura do Texto 1, dividindo os alunos em grupos e pedindo a cada grupo que procure responder, utilizando o texto, a duas ou três das questões apresentadas abaixo. Se possível, disponibilize outras fontes de informações, como livros e *sites*.

- ▶ Como é produzido o carvão vegetal?
- ▶ Quais são os problemas ambientais e sociais que podem ser causados pela produção do carvão?
- ▶ Como é extraído o carvão mineral?
- ▶ Quais são os problemas ambientais e sociais que podem ser causados por essa extração?
- ▶ Quais são os tipos de indústrias que utilizam o carvão como combustível?

- ▶ Quais são os problemas ambientais causados pela queima do carvão?
- ▶ Quais são as vantagens em utilizar cada tipo de carvão? E quais são as desvantagens?

É preciso estar atento à discussão desse texto para não perder o foco na tentativa de explicar todos os termos técnicos e científicos que aparecem. Exemplo disso são os termos “chuva ácida” e “efeito estufa”, apenas citados no texto, mas que serão abordados com mais detalhes na próxima atividade desta Situação de Aprendizagem.

Sugere-se que, para avaliar o entendimento sobre o que foi tratado, os alunos completem a tabela a seguir, que compara informações obtidas no texto ou em outras fontes (livros, internet) sobre o carvão vegetal e o carvão mineral.

Tipos de carvão	Carvão vegetal	Carvão mineral
Forma de obtenção		
Problemas ambientais relacionados à produção/extração		
Problemas sociais relacionados à produção/extração		
Vantagens		
Desvantagens		
Onde é utilizado		
Problemas relacionados ao uso		

### Texto 1 – Carvão vegetal e carvão mineral

Adaptado por Fabio Luiz de Souza e Luciane Hiromi Akahoshi

Existem basicamente dois tipos de carvão, o vegetal e o mineral. Embora ambos sejam formados a partir da madeira, o carvão mineral só se forma por processo de fossilização da madeira ao longo de milhares de anos.

O carvão vegetal, usado como combustível na calcinação do calcário e na produção de ferro no Brasil, além de muitas outras aplicações, pode ser obtido por meio da carbonização da madeira. Nesse processo, a madeira é queimada parcialmente, de forma controlada e na presença de pouco oxigênio, ocorrendo um processo de decomposição térmica de substâncias presentes na madeira (celulose, lignina<sup>1</sup>, sais minerais, água e outras). Como resultado, obtêm-se carvão vegetal e uma mistura de gases e vapores. Parte desses vapores pode ser condensada obtendo-se metanol ( $\text{CH}_3\text{OH}$ ), ácido acético ( $\text{CH}_3\text{CO}_2\text{H}$ ) e alcatrão<sup>2</sup>. A fração gasosa restante é formada por monóxido de carbono ( $\text{CO}$ ), dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), hidrogênio ( $\text{H}_2$ ) e hidrocarbonetos<sup>3</sup>, principalmente metano ( $\text{CH}_4$ ).

O carvão vegetal, por ser obtido a partir da carbonização da madeira, pode ser considerado um recurso renovável, pois por meio do re-

plântio da madeira pode-se obtê-lo facilmente. O inconveniente é que muitas carvoarias não são fiscalizadas e acabam utilizando madeira de regiões de mata nativa, degradando o meio ambiente.

A carbonização da madeira ocorre por meio de seu aquecimento a elevadas temperaturas na presença de pouco oxigênio, resultando na produção de carvão e de compostos voláteis, que podem ser separados por destilação. As quantidades médias desses materiais obtidos a partir da destilação seca de uma tonelada de madeira são as seguintes: gases: 210 kg; água: 350 kg; ácido acético: 60 kg; metanol: 120 kg; alcatrão: 90 kg; e carvão: 270 kg. A soma das massas dos produtos obtidos a partir da combustão incompleta da madeira é 1100 kg, pois nestes produtos foram incorporados átomos de oxigênio provenientes do ar, que é introduzido no sistema de forma controlada para que haja uma combustão incompleta da madeira. Assim, a soma da massa de madeira e de oxigênio do ar equivale à soma das massas dos produtos obtidos neste processo.

No Brasil, o uso industrial do carvão vegetal continua sendo largamente praticado, o que torna o país o maior produtor mundial desse insumo energético. No setor industrial, que

<sup>1</sup> Polímero tridimensional de estrutura complexa e semelhante à celulose. Ela confere maior resistência à madeira, onde está misturada à celulose.

<sup>2</sup> Líquido escuro, espesso e oleoso formado por dezenas de substâncias orgânicas (compostos de carbono), obtido na destilação de vários materiais, como hulha (tipo de carvão) e madeira.

<sup>3</sup> Substâncias formadas por carbono (C) e hidrogênio (H).

utiliza cerca de 85% do carvão, o ferro e o aço são os principais consumidores, uma vez que o carvão participa como reagente e como fonte de energia. O setor residencial consome cerca de 9%, a geração de energia em termoeletricas, 4,5%, e o setor comercial (pizzarias, padarias e churrascarias), 1,5%.

A carbonização de lenha é praticada de forma tradicional em fornos de alvenaria com ciclos de aquecimento e resfriamento que duram até vários dias. Os fornos retangulares equipados com sistemas de condensação de vapores e recuperadores de alcatrão são os mais avançados em uso atualmente no país. Os fornos cilíndricos com pequena capacidade de produção, sem mecanização e sem sistemas de recuperação de alcatrão, continuam sendo os mais usados nas carvoarias. A temperatura máxima média de carbonização é de 500 °C.

Não raras vezes, a atividade de produção do carvão vegetal tem sido associada a condições de trabalho de baixa remuneração, falta de segurança (risco de contaminação por gases tóxicos, queimaduras e explosões), falta de preparo técnico e de equipamentos apropriados. Geralmente, os trabalhadores não têm registro em carteira e é comum o emprego de crianças e adolescentes.

Além do carvão proveniente da queima da madeira há também o carvão mineral, proveniente da fossilização de troncos, raízes, galhos e folhas de árvores gigantes que cresceram há 250 milhões de anos em pântanos rasos. Essas

partes vegetais, após morrerem, depositaram-se no fundo lodoso e ficaram encobertas. O tempo e a pressão da terra sobre esse material transformaram-no em uma massa negra – as jazidas de carvão.

Dependendo do teor de carbono, resultado do tempo de fossilização, têm-se diversos tipos de carvão: turfa, linhito, hulha e antracito.

No Brasil, a hulha ocorre nos Estados do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul, e sua extração é de cerca de 10 milhões de toneladas por ano (a produção não é maior em virtude do alto teor de cinzas e de enxofre que possui). Ela é usada como combustível em usinas termoeletricas nas próprias regiões de onde é extraída e nos altos-fornos siderúrgicos, após aquecimento prévio para eliminar material orgânico (gases e alcatrão).

A exploração das jazidas de minério de carvão gera impactos ambientais causados pela degradação de fauna, flora, solo e cursos d'água da região. Além disso, são muitos os riscos à saúde dos operários das minas de carvão. Incêndios, desmoronamentos, inundações e exposição a agentes cancerígenos (gases tóxicos e material particulado) e a elevadas temperaturas são alguns desses problemas.

Embora o uso de carvão mineral apresente a conveniência de se extrair um combustível diretamente da natureza, é problemático o fato de ser um recurso não-renovável e, portanto, esgotável.

Atualmente, o principal uso da combustão do carvão vegetal ou mineral no mundo é na geração de eletricidade, em usinas termoelétricas. Os impactos ambientais das usinas a carvão são grandes, não só pelas emissões atmosféricas que agravam o problema da chuva ácida e do efeito estufa, mas também pelo descarte de resíduos sólidos e a poluição térmica. A melhoria no processo de combustão e o uso de carvão com baixo teor de enxofre poderiam reduzir as emissões de poluentes como o dióxido de enxofre ( $\text{SO}_2$ ), um dos causadores da chuva ácida. Na usina, a energia térmica residual proveniente desse processo também poderia ser aproveitada no próprio local para o aquecimento de caldeiras, movimentação de motores etc., minimizando as perdas energéticas.

Até a II Guerra Mundial, o carvão ainda era o combustível mais utilizado no mundo. Mas a partir do início do século XX, com o desenvolvimento dos motores a explosão, houve um crescente aumento do consumo de combustíveis derivados do petróleo e uma consequente diminuição do uso de carvão como combustível. Com o uso da energia nuclear para a geração de energia elétrica a partir da segunda metade do século XX, diminuiu-se ainda mais o uso de carvão. No entanto, a disponibilidade de grandes jazidas de carvão mineral e o baixo custo do carvão vegetal ainda conferem a esse combustível certo grau de importância no cenário energético mundial.

Adaptado de CENBIO: <[http://infoener.iee.usp.br/scripts/biomassa/br\\_carvao.asp](http://infoener.iee.usp.br/scripts/biomassa/br_carvao.asp)> e <[http://www.cepa.if.usp.br/energia/energia\\_1999/Grupo1A/carvao.html](http://www.cepa.if.usp.br/energia/energia_1999/Grupo1A/carvao.html)>. Acesso em: 20 fev. 2009.

As “Questões para análise do texto” e “Você aprendeu?” (CA, pp. 27 a 29) podem orientar a discussão. Sugere-se como aprofundamento dos

conhecimentos sobre a chuva ácida e o efeito estufa, a realização das Folhas de atividade 1 e 2 como Lição de Casa (CA, pp. 30 a 33).

### Folha de atividades 1 – Efeito estufa

Fabio Luiz de Souza e Luciane Hiromi Akahoshi

Efeito estufa é o aquecimento da camada gasosa (atmosfera) que envolve a Terra em razão da absorção de radiações eletromagnéticas. Os gases que compõem a atmosfera têm diferentes capacidades de absorção. Apesar do gás carbônico estar presente em pequena quantidade (0,033% em volume), possui uma grande capacidade de absorver essas radiações, sendo responsável por cerca de 60% do efeito estufa.

A retenção de calor provocada pelo efeito estufa é um fenômeno natural responsável por manter uma temperatura média de 15 °C na Terra, proporcionando condições ideais para a manutenção da vida no planeta. Entretanto, o aumento do efeito estufa devido à crescente emissão de gases estufa pode contribuir para o aquecimento global, considerado um dos maiores problemas ambientais da atualidade.

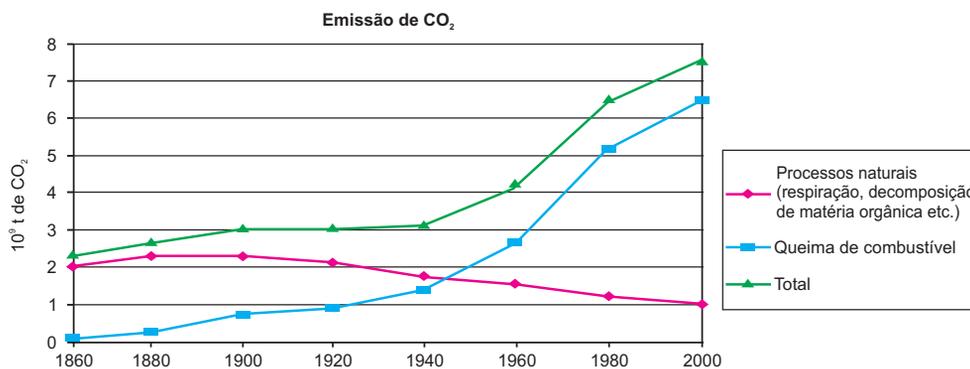
A figura e o gráfico a seguir representam os processos de absorção e emissão de radiações eletromagnéticas.

Elaborado especialmente para o *São Paulo faz escola*.



- 1 – 100% da radiação solar que atinge a Terra.
- 2 – Cerca de 25% da radiação solar recebida é refletida pelas nuvens e se perde no espaço.
- 3 – Cerca de 5% da radiação solar que atinge a Terra é refletida por sua superfície e se perde no espaço.
- 4 – Cerca de 45% da radiação solar que chega à Terra (solo e oceanos) é absorvida, aquecendo-a.
- 5 – Cerca de 25% da radiação solar é absorvida pela atmosfera, provocando seu aquecimento (efeito estufa).

- 6 – Parte da radiação absorvida pela superfície da Terra é convertida em radiação infravermelha que aquece o solo e a água, e o restante é emitido.
- 7 – Parte da radiação infravermelha emitida pela Terra se perde no espaço.
- 8 – Parte da radiação infravermelha emitida pela Terra é absorvida pela atmosfera (efeito estufa).



Emissões de gás carbônico ao longo de quase um século e meio.

Gráfico adaptado de: FERREIRA, Omar Campos. Efeito estufa e consumo de combustíveis. *Economia & Energia*, n. 26, maio/jun. 2001. Disponível em: <[http://ecen.com/eee26/emis\\_omar.htm](http://ecen.com/eee26/emis_omar.htm)>. Acesso em: 12 jan. 2009.

Após ler o texto, analise a figura e o gráfico acima, que mostra as emissões de gás carbônico ao longo de quase um século e meio, e responda às seguintes questões:

- a) Explique as alterações nas emissões de gás carbônico provenientes de processos naturais.
- b) De que forma o homem contribui para o aumento

nas emissões de gás carbônico? E por que esse aumento se deu a partir do final do século XIX?

- c) Qual é a relação entre a emissão de gás carbônico e o efeito estufa?
- d) Por que o aumento do efeito estufa é um problema ambiental?

## Folha de atividades 2 – Chuva ácida

Fabio Luiz de Souza e Luciane Hiromi Akahoshi

A chuva é naturalmente ácida, mesmo em locais não poluídos. Isso ocorre em virtude da presença do dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), que reage com o vapor de água da atmosfera formando o ácido carbônico ( $\text{H}_2\text{CO}_3$ ) e conferindo um pH<sup>1</sup> de 5,6 para essa chuva. Entretanto, quando aumenta a quantidade de certos poluentes atmosféricos (dióxido de enxofre,  $\text{SO}_2$  e óxidos de nitrogênio), a chuva pode tornar-se excessivamente ácida em razão da interação desses gases com a água, produzindo principalmente ácido sulfúrico ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) e ácido nítrico ( $\text{HNO}_3$ ). Nesse caso, usa-se a expressão “chuva ácida”.

Esses poluentes são liberados principalmente na queima de combustíveis de origem fóssil – carvão e petróleo. O dióxido de enxofre pode ser produzido, por exemplo, na queima de carvão mineral, pois compostos de enxofre são encontrados como impurezas nesse combustível. Os óxidos de nitrogênio, porém, podem ser produzidos em combustões a altas temperaturas, como a que ocorre, por exemplo, nos motores a explosão de veículos e em processos industriais. Nessas combustões, o próprio nitrogênio ( $\text{N}_2$ ) e o oxigênio ( $\text{O}_2$ ) do ar reagem para formar os óxidos de nitrogênio.

A chuva ácida é considerada um problema de grande impacto ambiental, pois pode provocar a devastação de florestas, acidificando solos e matando plantas. Ela afeta também os ambientes aquáticos,

<sup>1</sup> pH – escala utilizada para indicar o grau de acidez ou basicidade de um material. Tal escala varia de 0 a 14. A 25 °C, o valor de pH = 7 indica materiais de caráter neutro; abaixo desse valor, os materiais têm caráter ácido e acima, têm caráter básico ou alcalino.

provocando a morte de peixes e outros animais. Outros problemas que ela causa são a transformação da superfície de mármore (carbonato de cálcio –  $\text{CaCO}_3$ ) de monumentos em gesso (sulfato de cálcio –  $\text{CaSO}_4$ ), provocando sua erosão, e a corrosão de materiais metálicos de edifícios e construções.

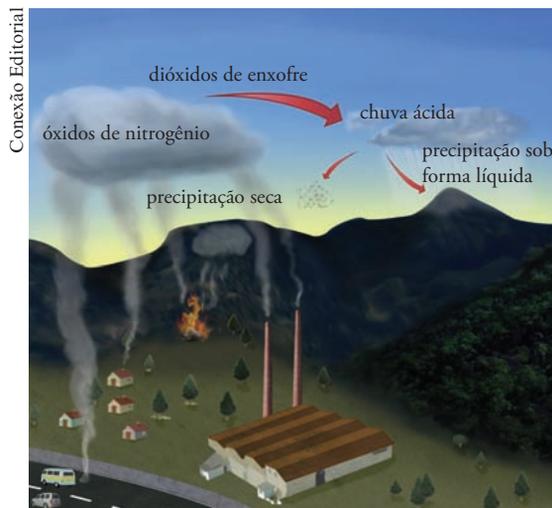


Figura adaptada de: < <http://educar.sc.usp.br/licenciatura/2000/chuva/formacao.htm>>. Acesso em: 29 jan. 2009.

Após ler o texto, analise a figura e responda às seguintes questões:

1. Qual é a origem dos compostos que produzem a chuva ácida?
2. Quais são os efeitos da chuva ácida para o ambiente? E para o ser humano?
3. A chuva ácida cai sempre na região onde se formam os poluentes? Explique sua resposta.

Elaborado especialmente para o São Paulo faz escola.

## Atividade 2 – Produção de carvão vegetal, efeito estufa e chuva ácida

Você pode iniciar esta atividade retomando a ideia de carbonização da madeira para a produção de carvão vegetal. Para isso, sugere-se a realização da atividade experimental demonstrativa, assim como algumas questões que podem auxiliar os alunos a compreender o processo de obtenção do carvão vegetal, já discutido no Texto 1 (p. 39).

### Experimento 3 – Carbonização da madeira: produção de carvão vegetal

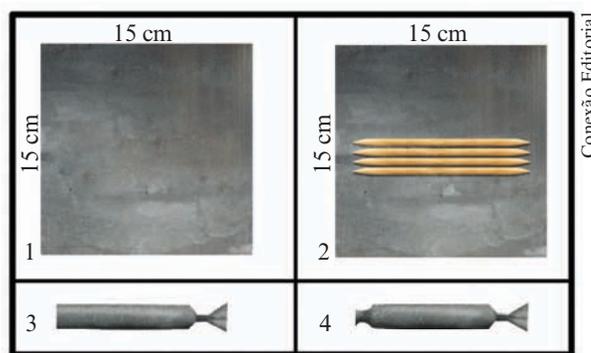
#### Materiais e reagentes

- ▶ 1 pedaço de papel-alumínio (15 cm × 15 cm);
- ▶ 5 a 10 palitos de dente;
- ▶ pinça metálica;
- ▶ 1 lamparina a álcool;
- ▶ 1 tripé metálico;
- ▶ fósforos ou isqueiro;
- ▶ água;
- ▶ 1 tira de papel de tornassol azul ou 1 tira de cerca de 2,5 cm de comprimento de papel de filtro umedecido com alaranjado de metila (papel indicador).

Experimento adaptado de: CISCATO, Carlos A. M. Carvão vegetal. In: *Revista de Ensino de Ciências*. Funbec, n. 18, ago. 1987, p. 38-41.

#### Procedimento

1. Embrulhe os palitos no papel-alumínio e feche uma das pontas, enrolando-a, para evitar a saída dos gases. A outra ponta, ainda aberta, deve ser parcialmente fechada de forma a deixar um orifício para a saída dos gases, conforme mostra a sequência de figuras a seguir.



2. Coloque o conjunto no tripé. Aqueça a região próxima à ponta fechada, conforme a figura a seguir.



3. Com a pinça metálica, prenda a tira de papel indicador e a umedeça com água. A partir do aparecimento de fumaças brancas, tente aproximar cuidadosamente a pinça (com o papel umedecido) dos gases que escapam pelo lado aberto. Retire-o dessa posição quando observar alguma mudança e anote suas observações.

► O que acontece com a cor do papel indicador?

4. Se ainda houver fumaça branca, tente atear fogo nos gases que escapam pelo lado aberto.

5. Quando o aquecimento não produzir mais gases, interrompa-o.

6. Deixe esfriar e abra o embrulho para observar o resíduo do aquecimento, anotando suas características.

a) Quais gases poderiam ser formados nesse experimento? E o resíduo? Retornem ao texto “Carvão vegetal e carvão mineral” e tentem localizar informações que os auxiliem a responder à questão.

b) Por qual razão os gases puderam ser queimados?

c) Por que os gases modificaram a cor do papel indicador ao entrar em contato com ele?

Como se pretende que esta atividade sirva para que se entenda o conceito operacio-

nal sobre ácidos e bases, sugere-se enfatizar a observação da mudança da cor do papel de tornassol azul para rosa (vermelho) ou do alaranjado de metila de laranja para vermelho.

Ao serem questionados sobre os gases e o resíduo formado (**a**), espera-se que os alunos sejam capazes de relacionar, com o auxílio do texto, o experimento com a produção de carvão. Portanto, eles devem relatar que o resíduo é o carvão e os gases devem ser uma mistura de metanol ( $\text{CH}_3\text{OH}$ ), ácido acético ( $\text{CH}_3\text{CO}_2\text{H}$ ), alcatrão, monóxido de carbono ( $\text{CO}$ ), dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), hidrogênio ( $\text{H}_2$ ) e hidrocarbonetos (principalmente metano –  $\text{CH}_4$ ).

Em relação à questão sobre por que os gases sofrem combustão (**b**), é provável que eles não consigam respondê-la, mas você pode lembrá-los de que são formados nesse processo vários materiais combustíveis, como o metanol (um álcool), o metano (um dos gases combustíveis do biogás) e o hidrogênio (combustível utilizado em foguetes).

Quanto à questão sobre a mudança de cor do papel de tornassol azul para rosa (**c**), é provável que eles não tenham a resposta. Portanto, deve-se dizer que a interação desses gases com o papel umedecido é o que modifica a cor do papel de tornassol. Isso ocorre, principalmente, pela presença do ácido acético, ou seja, o papel de tornassol azul muda de cor para rosa por causa das substâncias ácidas.

A partir da modificação da cor do papel de tornassol azul, é possível construir com os alu-

nos o conceito operacional de materiais ácidos, básicos e neutros. Para isso, sugere-se questioná-los se há outros materiais que modificam a cor do papel de tornassol e propor a realização de outra atividade experimental (Experimento 4).

Para facilitar a realização dessa atividade experimental, sugere-se a formação de grupos e que se distribua para cada grupo apenas dois

dos materiais que irão interagir (observando a relação mostrada na tabela abaixo), tomando o cuidado de que cada interação seja realizada por pelo menos dois grupos. Tal procedimento é importante para o confronto dos resultados na hora da discussão dos experimentos. Assim, após a realização do experimento, peça aos alunos para preencherem a tabela a seguir com os dados coletados pelo grupo.

Interações	Ocorre dissolução?	Teste 1		Teste 2	Outras observações
		Cor adquirida pelo papel de tornassol azul	Cor adquirida pelo papel de tornassol vermelho	Ação sobre o carbonato	
Água					
Água e sabão					
Água e açúcar					
Água e água sanitária					
Água e leite					
Água e vinagre					
Água e sal de cozinha					
Água e cal					
Água e soda cáustica					
Água e ácido clorídrico					

#### Experimento 4 – Como reconhecer uma substância ácida, básica ou neutra<sup>6</sup>

##### Materiais e reagentes

- ▶ 2 tubos de ensaio;
- ▶ 2 vidros de relógio;
- ▶ 2 conta-gotas;
- ▶ 1 estante para tubos de ensaio;
- ▶ sabão;
- ▶ açúcar ( $C_{12}H_{22}O_{11}$ );

<sup>6</sup> Experimento adaptado de: GEPEQ. *Interações e transformações I: Química para o Ensino Médio – Livro do Aluno/GEPEQ*. São Paulo: Edusp, 2005, p. 24.

- ▶ leite;
- ▶ soda cáustica ou hidróxido de sódio (NaOH) em pastilhas;
- ▶ sal de cozinha (NaCl);
- ▶ cal de construção (CaO);
- ▶ água;
- ▶ vinagre branco;
- ▶ água sanitária;
- ▶ ácido clorídrico diluído (HCl);
- ▶ carbonato de cálcio (CaCO<sub>3</sub>);
- ▶ tiras de papel de tornassol azul e vermelho.

### Procedimento

**Observação 1:** caso o material seja líquido, adicione 10 gotas à água contida no tubo de ensaio.

**Observação 2:** caso o material seja sólido, utilize uma quantidade equivalente a um grão de arroz.

1. Identifique os tubos de ensaio, numerando-os como 1 e 2.
2. Coloque água nos tubos de ensaio até a altura de 2 cm, aproximadamente.

3. Ao tubo 1, adicione um dos seguintes materiais recebido por seu grupo: sabão, leite, vinagre, água sanitária, açúcar, sal, cal, hidróxido de sódio ou ácido clorídrico diluído, de acordo com as observações anteriores quanto ao material ser um sólido ou um líquido. Agite, anote suas observações e identifique o material utilizado.
4. Faça o mesmo no tubo 2, para o outro material. Se não houver outro material, os testes do experimento serão realizados com a água deste tubo.
5. Numere os vidros de relógio como 1 e 2. No vidro 1, coloque algumas gotas do líquido contido no tubo 1. No vidro 2, coloque algumas gotas do líquido contido no tubo 2. Ao fazer anotações sobre suas observações, cuidado para não confundir os materiais dos dois vidros de relógio.
6. Realize a seguir os seguintes testes tanto no vidro de relógio 1 quanto no 2:

**Teste 1:** coloque um pedaço de papel de tornassol azul em contato com o líquido, mantendo-o apoiado numa das bordas do vidro de relógio. Neste mesmo vidro, repita a operação usando um pedaço de papel de tornassol vermelho. Anote suas observações.

**Teste 2:** ao líquido contido no vidro de relógio, adicione carbonato de cálcio em quantidade equivalente a um grão de arroz, espere alguns segundos e anote suas observações.

Após completar a tabela, sugerem-se as seguintes questões para analisar e sistematizar as observações realizadas pelos alunos.

### Questões para avaliação do entendimento do Experimento 4

1. É possível classificar os materiais estudados em grupos diferentes? Em caso afirmativo, qual(is) critério(s) você utilizou ao propor esta classificação?
2. Os gases do Experimento 3, ao interagirem com a água no papel indicador umedecido, indicaram seu caráter ácido (presença de ácido acético, principalmente), evidenciado pela mudança de cor. Entre os materiais estudados no Experimento 4, quais têm caráter ácido? Esses materiais apresentam outras propriedades em comum? Quais?
3. Os materiais que ao interagirem com a água fazem com que ela se torne ácida são denominados ácidos. Considerando esta informação e as respostas às questões anteriores, defina o que é um ácido.
4. Além dos ácidos, há materiais que são classificados como neutros ou como básicos, usando-se como critério de classificação as propriedades que esses materiais conferem (ou não) à água após interagirem com ela. Defina material neutro e material básico (alcalino).

Deve-se tomar cuidado ao discutir este experimento, pois o que se pretende nesta atividade é que os alunos consigam identificar e classificar

os ácidos por meio da interação com o papel de tornassol azul, tornando-o rosa, e da efervescência na interação com carbonatos; identificar bases por meio da mudança de cor do papel de tornassol vermelho (rosa) para azul; e, também, identificar que os materiais neutros não modificam a cor do papel de tornassol azul ou vermelho. Não se pretende, aqui, aprofundar o conceito de ácido e base, por exemplo, com as ideias de Arrhenius, ou mesmo entender os valores de pH, pois esses conceitos serão tratados no 2º bimestre da 3ª série.

Após a realização e discussão das atividades experimentais, sugere-se que se retomem as folhas de atividades, discutindo as questões propostas na tarefa e apontando as principais ideias sobre o efeito estufa e a chuva ácida. Mas, caso a opção seja dar mais tempo para que possa ser desenvolvida a próxima atividade, que trata de envolver os alunos num debate relacionado a uma situação-problema, essas folhas podem ser usadas como proposta de recuperação.

### Atividade 3 – Ciência e cidadania: aplicando as ideias estudadas para a tomada de decisões

Nesta etapa da Situação de Aprendizagem, sugere-se que seja proposto um debate com a classe. Para isso, exponha a seguinte situação-problema:

“Numa cidade interiorana, próxima a uma reserva indígena, foi descoberta uma jazida de minério de ferro que tem grande potencial para

ser economicamente explorada, mas a região possui uma paisagem exuberante (mata nativa, corredeiras, cascatas e fauna diversificada) que é apreciada por muitos turistas. Foi proposto um projeto para a instalação de uma grande siderúrgica na cidade, que deve ser aprovado pelos habitantes da região por meio de um plebiscito. Para esclarecimento da população, está sendo promovida uma ampla campanha de divulgação dos diversos pontos de vista de todos os interessados na instalação ou não dessa indústria.”

Exposta a situação, lembre aos alunos que, ao construírem suas argumentações, eles devem considerar os seguintes aspectos: políticos, econômicos, sociais, culturais e ambientais.

Para suscitar o debate, pode-se dividir os alunos em grupos para que eles representem o papel dos diversos interessados na instalação ou não da siderúrgica e que defendam seus pontos de vista, ou deixe que os próprios alunos escolham seus personagens, formando os grupos. Os grupos podem representar indígenas, políticos, industriais, ambientalistas, mineradores (trabalham na extração do minério de ferro), comerciantes (donos de carvoaria e pequenos comerciantes), fazendeiros e trabalhadores do ecoturismo (proprietários de pousadas e guias turísticos). Depois, organize-os para que, nos grupos, discutam como irão defender seus pontos de vista e quais argumentos irão utilizar na elaboração de suas falas para a participação no debate.

Pode-se avaliar o desenvolvimento da atividade por meio da participação tanto na

elaboração das argumentações como no desempenho durante o debate. Além disso, pode-se pedir a eles que produzam textos defendendo suas posições, como cartas abertas, cartazes, *folders*, *sites*, informativos etc.

A atividade pode ser mais produtiva e criativa se houver a possibilidade de criar na escola um plebiscito que simule a situação-problema que está ocorrendo na cidade. Assim, eles teriam que desenvolver argumentos não só para seus colegas de sala que estão efetivamente envolvidos nesta atividade, mas também para outros alunos e professores, para que votem a favor ou contra a instalação dessa siderúrgica.

### Grade de avaliação da Situação de Aprendizagem 3

Cabe lembrar que para abordar o tema desta Situação de Aprendizagem, “Implicações socioambientais da produção e do uso de combustíveis”, poderiam ser tratados muitos outros aspectos diferentes do que os sugeridos, mas, em razão do número de aulas previsto e da complexidade do tema, é preciso fazer escolhas. Portanto, fez-se essa opção por possibilitar a discussão de aspectos socioambientais de obtenção e uso de um combustível conhecido pelos alunos. Além disso, problemas ambientais como efeito estufa e chuva ácida são bastante discutidos e tratados nos diversos meios de comunicação. A proximidade do assunto com o cotidiano pode favorecer tanto a aprendizagem e a motivação para realizar as atividades propostas quanto o desenvolvimento de novos níveis de conscientização

e atitudes referentes às questões socioambientais envolvidas na obtenção e no consumo de combustíveis.

Na Atividade 1 desta Situação de Aprendizagem, sobre a produção e o uso de carvão

vegetal e mineral, espera-se que o aluno consiga buscar no texto as informações que respondam às questões propostas inicialmente e que serão organizadas posteriormente na tabela. Portanto, a tabela poderá conter as seguintes informações:

	<b>Carvão vegetal</b>	<b>Carvão mineral</b>
<b>Forma de obtenção</b>	Por meio da carbonização da madeira realizada em fornos de alvenaria, onde a lenha é aquecida a altas temperaturas de forma controlada e com pouco oxigênio.	Extraído diretamente de jazidas de carvão (mineração).
<b>Problemas ambientais relacionados à produção/extração</b>	Eliminação de gases e vapores para a atmosfera; uso de mata nativa.	Degradação da fauna, flora, solo e cursos d'água no local das jazidas.
<b>Problemas sociais relacionados à produção/extração</b>	Trabalho com baixa remuneração, sem segurança, e emprego de crianças e adolescentes.	Riscos à saúde dos operários nas minas, como exposição a gases tóxicos e material particulado, incêndios, desmoronamentos e inundações.
<b>Vantagens</b>	Recurso renovável.	Possibilidade de extrair combustível direto da natureza.
<b>Desvantagens</b>	Para sua obtenção são gastos vários dias; degradação do meio ambiente.	Recurso não-renovável; degradação do meio ambiente.
<b>Onde é utilizado</b>	Uso industrial na produção de ferro e aço; geração de energia em termelétrica.	Uso industrial na produção de ferro e aço; geração de energia em termelétrica.
<b>Problemas relacionados a seu uso</b>	Impactos ambientais ocasionados pelas emissões de gases que provocam chuva ácida e aumento do efeito estufa.	Impactos ambientais ocasionados pelas emissões de gases que provocam chuva ácida e aumento do efeito estufa.

Em relação à Folha de atividades 1, sobre o efeito estufa (CA, p. 31), espera-se que, no item **a**, os alunos consigam relacionar a diminuição das emissões de gás carbônico em processos naturais com a degradação do meio ambiente, ou seja, com a devastação de matas

e florestas, a morte de animais etc. No item **b**, espera-se que eles relacionem o aumento das emissões de gás carbônico com o uso crescente de combustíveis por parte do ser humano, principalmente os fósseis – como o petróleo –, nas suas diversas atividades. No item **c**, os

estudantes devem identificar que o gás carbônico, entre os gases da atmosfera, é o que mais absorve as radiações eletromagnéticas e, por isso, é o principal responsável pelo efeito estufa. Quanto ao item **d**, espera-se que respondam que o aumento do efeito estufa pode causar o aquecimento global, e este pode provocar muitos problemas ambientais, como derretimento das calotas polares, mudanças climáticas, formação de áreas desérticas etc.

Na questão 1 da Folha de atividades 2 (CA, p. 33), sobre a chuva ácida, espera-se que sejam identificados os gases poluentes – dióxido de

enxofre ( $\text{SO}_2$ ) e os óxidos de nitrogênio – como os compostos que provocam a chuva ácida e que são provenientes da queima de combustíveis, principalmente os de origem fóssil. Na questão 2, espera-se que os alunos relacionem a chuva ácida à degradação do meio ambiente, provocando a morte de plantas e animais e também desgastando monumentos e construções. Na questão 3, por meio da análise da figura, os alunos devem perceber que os gases poluentes que escapam para a atmosfera estão sujeitos à ação dos ventos e, portanto, podem ser transportados para outras regiões, ou seja, nem sempre caem onde são produzidos.

## SITUAÇÃO DE APRENDIZAGEM 4

### MODELO ATÔMICO DE JOHN DALTON: IDEIAS SOBRE A CONSTITUIÇÃO E A TRANSFORMAÇÃO DA MATÉRIA

Nesta Situação de Aprendizagem será discutida a ideia de modelos explicativos como construções humanas influenciadas pelo contexto histórico e social e o modelo atômico proposto por Dalton sobre a constituição da

matéria. A transformação química pode ser explicada por meio do modelo de constituição da matéria, assim como suas relações de massa e energia. Apresenta-se também a ideia de elemento químico segundo Dalton.

**Tempo previsto:** 3 aulas.

**Conteúdos e temas:** modelos explicativos; modelo atômico de Dalton.

**Competências e habilidades:** interpretar as transformações químicas a partir das ideias de John Dalton sobre a constituição da matéria; compreender modelos e teorias como construções humanas.

**Estratégias:** simulação de situação: cena de um crime; levantamento das ideias dos alunos; leitura de textos; exposição dialogada.

**Recursos:** lousa e giz; textos e questões presentes neste Caderno.

**Avaliação:** respostas às questões e participação na aula.

## Atividade 1 – Modelos explicativos

A Situação de Aprendizagem pode ser iniciada mostrando-se a importância de construir modelos que explicam os fenômenos observados, visto que o ser humano sempre esteve em busca dessas explicações. Mas também deve ser esclarecido que esses modelos não são verdades absolutas. Como são frutos das atividades humanas, são influenciados pelas ideias vigentes da época em que foram elaborados, ou seja, dependem de seu contexto histórico e social.

Para envolver os alunos numa tarefa que mostre como podem ser criadas as teorias e os modelos explicativos, sugere-se a realização da atividade denominada “Cena de um crime”. Para isso, desenhe com giz, no chão da sala, o perfil de uma pessoa e espalhe em volta do desenho vários objetos (o que estiver à mão, como caneta, livro, copo descartável, papel amassado etc.), pedindo aos alunos que, vendo a cena, criem hipóteses sobre o que ocorreu com essa pessoa. Várias suposições poderão ser feitas, como: a pessoa sofreu um ataque, foi ferida ou foi envenenada. A intenção desta atividade é a de que percebam que, ao levantarem uma hipótese, os colegas podem contribuir com ela, aceitando-a e acrescentando outros fatores, como podem refutá-la, apresentando evidências contrárias. Isto é, as ideias devem fluir entre todos os par-

ticipantes para que possam chegar a pequenas conclusões, mas nunca se chegará a uma verdade, pois os alunos estão trabalhando apenas com suposições carregadas de seus próprios conceitos, valores e vivências. Deve-se deixar claro que as teorias que eles levantaram estão sujeitas a dúvidas e incertezas e que o mesmo também se dá com os modelos explicativos e teorias elaboradas para explicar os fenômenos observados ao seu redor. Isso pode ser feito com um debate desencadeado pelas seguintes perguntas:

- ▶ Apresentem as hipóteses que foram levantadas nesta atividade. Todas são plausíveis?
- ▶ Quem está certo?
- ▶ A ideia que você tem sobre o que ocorreu na “Cena de um crime” é a realidade? É o que aconteceu de fato ou é uma teoria?

Você pode utilizar uma aula para realizar esta atividade, que servirá para introduzir a atividade seguinte, que trata do modelo atômico de Dalton.

## Atividade 2 – Modelo atômico de Dalton

Inicialmente, peça aos alunos que leiam o texto a seguir. Após a leitura, proponha algumas questões para avaliar o entendimento.

## Texto 2 – Modelo atômico de Dalton

Adaptado por Fabio Luiz de Souza e  
Luciane Hiromi Akahoshi

No fim do século XVIII, muitos conhecimentos sobre as transformações químicas tinham sido adquiridos e cientistas buscavam explicações para os fenômenos que observavam, além de sentirem a necessidade de representá-los.

John Dalton (1766-1844) foi um dos cientistas que buscou explicar os aspectos quantitativos relacionados às transformações químicas. O foco de seu estudo era a solubilidade de gases. Ele decide aceitar a ideia defendida por Lavoisier de que os gases são formados por corpúsculos.

Dalton propõe, então, que, para diferenciar os corpúsculos dos gases, teria que ser levada em conta a massa, ou seja, que átomos de gases diferentes têm massas diferentes e átomos de gases iguais têm a mesma massa.

Ele passa a estudar as quantidades envolvidas nas transformações químicas e usa a Lei de Proust como base para sua hipótese atômica, formulada do seguinte modo:

- ▶ Toda matéria é formada por átomos, que são as menores partículas que a constituem.
- ▶ Os átomos são indestrutíveis e indivisíveis, mesmo quando participam de transformações químicas.

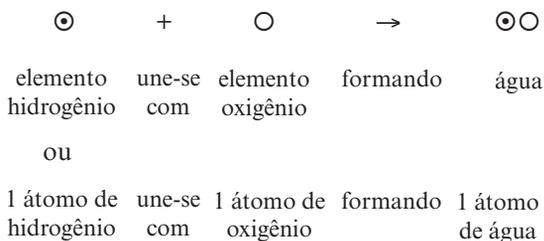
▶ As transformações da matéria são recombinações de átomos.

▶ Átomos de elementos iguais apresentam massas iguais e átomos de elementos diferentes apresentam massas diferentes.

Por elemento, Dalton assume a definição proposta por Lavoisier: elemento é toda substância que atingiu sua última fase da análise, ou seja, que não mais se decompõe.

Dalton representava os átomos utilizando símbolos; para o hidrogênio, por exemplo, usava  $\odot$ . Nessa representação, o símbolo de um elemento indicava não só o elemento, mas também um átomo dele com massa característica. Esse tipo de representação dos elementos químicos se mostrou pouco prático e, por isso, outros químicos sugeriram novas formas de representação. O químico sueco Berzelius (1779-1848) propôs usar a primeira letra em maiúscula do nome do elemento em latim; com isso, o hidrogênio passou a ser simbolizado por H. Essa representação é utilizada até hoje, e, quando há elementos cujos nomes começam com a mesma letra, acrescenta-se uma segunda (em minúscula), como o nitrogênio (*nitrogen*), símbolo N, e o sódio (*natrium*), símbolo Na.

Para Dalton, as fórmulas e as representações das transformações químicas (equações químicas) também indicavam quantidades. Por exemplo, a representação a seguir indicava a formação da água e seria interpretada como:



Um problema que se apresentava era a determinação das massas dos átomos. Como é impossível medir a massa de um átomo, Dalton analisou as relações entre as massas dos reagentes envolvidos na formação de substâncias hidrogenadas, ou seja, transformações químicas entre diferentes substâncias e o gás hidrogênio. Ele admitiu que o elemento hidrogênio tinha massa atômica 1 e, com isso, pôde estimar as massas de outras substâncias. Por exemplo, na decomposição da água, Dalton obteve 98

partes de oxigênio para 14 de hidrogênio, dando uma proporção aproximada de 7:1. Dessa maneira, admitiu que a massa dos átomos de oxigênio era aproximadamente sete vezes maior que a massa dos átomos de hidrogênio, e fez o mesmo para outros compostos hidrogenados.

Contudo, experimentos e estudos do químico francês Gay-Lussac (1778-1850), do físico italiano Avogadro (1776-1856) e de Berzelius mostraram que a partícula de água era constituída por dois átomos de hidrogênio e um de oxigênio; portanto, a massa atômica deste último não seria 7, como propôs Dalton. Assim, as determinações das massas atômicas foram revistas e atualmente esses valores são determinados utilizando o carbono como padrão.

### Algumas massas atômicas de Dalton

Massa atômica	Nome atual (em português)	Massa atômica	Nome atual (em português)
1	Hidrogênio	56	Zinco
5	Nitrogênio	56	Cobre
5	Carbono	90	Chumbo
7	Oxigênio	157	Mercúrio
9	Fósforo	190	Ouro
13	Enxofre	190	Platina
50	Ferro	190	Prata

Extraída de: GEPEQ (Grupo de Pesquisa em Educação Química). *Interações e transformações: Química para o Ensino Médio – Livro do Aluno*. São Paulo: Edusp, 2005, p. 112.

Embora Dalton tenha proposto que os átomos dos diferentes elementos químicos apresentassem massas específicas, alguns dados publicados em seus trabalhos mostraram elementos diferentes com massas iguais (zinco e cobre, 56; prata, ouro e platina, 190). Essas divergências podem ser en-

tendidas como resultado das limitações conceituais e tecnológicas da época. Apesar dessas e de outras inconsistências nas ideias de Dalton, elas ofereceram aos cientistas de sua época conceitos novos e importantes que possibilitaram grande parte do progresso científico do século XIX.

### Questões para avaliação do entendimento do texto\*

1. Para Dalton, o que era um átomo?
2. Segundo as ideias de Dalton, que característica diferenciava os átomos dos diversos elementos químicos?
3. De acordo com Dalton, o que era um elemento químico?
4. Como Dalton representava os átomos? Como eles são representados atualmente?
5. Faça uma analogia entre a certeza oferecida pelo modelo de Dalton e a teoria criada por você para explicar a cena do crime.

Nesta atividade, fez-se a opção por trabalhar apenas com o modelo atômico de Dalton para explicar a estrutura da matéria por ser esse um modelo simples e de fácil entendimento, além de ser suficiente para explicar as relações das massas envolvidas nas transformações químicas. Entretanto, é bom ter em conta que o conhecimento de novos fatos químicos, que não podiam ser explicados pelas ideias de Dalton sobre a estrutura da matéria,

levaram os cientistas a buscar novas explicações e a propor outros modelos que tivessem maior poder explicativo. Esses modelos serão abordados nas séries seguintes.

Quando Dalton propôs seu modelo atômico, sabia-se que a massa se conservava numa transformação química. A ideia de Dalton de que os átomos dos reagentes não são destruídos, mas sofrem recombinações para formar os produtos, explica a conservação da massa. Essa aplicação das ideias de Dalton para explicar a Lei da Conservação de Massa pode ser demonstrada, por exemplo, por meio da combustão do ferro, na qual partículas de ferro e partículas de oxigênio se rearranjam para formar partículas de óxido de ferro; portanto, a soma das massas de reagentes é igual à massa do produto.

A ideia de Proust de que há uma proporção determinada entre as massas dos elementos químicos que compõem cada substância pode ser compreendida com base no modelo de Dalton. Se há uma proporção determinada em massa em uma dada substância, há também uma proporção determinada em relação às partículas que compõem essa substância. Sugere-se a realização da Lição de Casa, CA, p. 44.

\* Consulte o CA, “Questões para análise do texto”, pp. 43 e 44.

## Grade de avaliação da Situação de Aprendizagem 4

Nesta Situação de Aprendizagem pretende-se que os alunos entendam a ideia de modelo – construção humana influenciada por seu contexto histórico e social – e que também tenham contato com uma das primeiras ideias sobre átomo – modelo atômico de Dalton –, além de utilizá-la para explicar as relações de massa numa transformação química.

Nas questões de interpretação de texto (1 a 5), espera-se que se compreenda, em termos gerais, as ideias de Dalton.

Na questão 1, os alunos devem reconhecer que para Dalton o átomo é a menor partícula que compõe toda a matéria, sendo indivisível e indestrutível.

Na questão 2, devem identificar a massa como critério para diferenciar os átomos dos diversos elementos químicos de acordo com Dalton. Como consequência disso, os elementos químicos seriam os conjuntos de átomos que possuíssem a mesma massa (questão 3).

A questão da representação dos elementos químicos utilizada por Dalton é abordada na questão 4. Para ele, os elementos eram representados por símbolos (desenhos circulares). Atualmente, os elementos químicos são representados pela primeira letra (de forma e maiúsculas) do nome em latim do elemento. Quando houver elementos cujos nomes comecem com a mesma letra, acrescenta-se uma segunda letra (em minúscula) a um deles.

## QUESTÕES PARA AVALIAÇÃO\*

1. A tabela seguinte contém dados relativos à queima de um pedaço de palhinha de aço:

Experimentos	Massa dos reagentes (g)		Massa dos produtos (g)	Massa que não reagiu (g)	
	Palhinha (ferro)	Oxigênio	Óxido de ferro	Palhinha (ferro)	Oxigênio
I	22,4	11,7	32,0	—	2,1
II	22,4	8,6	28,5	2,6	—
III	22,4	9,6	32,1	—	—

\* Consulte o CA, “Você aprendeu?”, pp. 44 a 46.

a) Qual é a massa de oxigênio ( $O_2$ ) que reage nos experimentos I, II e III? Explique.

b) Verifique se houve conservação de massa em cada um dos experimentos. Mostre os cálculos e conclusões.

## Respostas

a) *Experimento I:*  $11,7 - 2,1 = 9,6$  g. Houve excesso de 2,1 g de oxigênio e 9,6 g reagiram.

*Experimento II:* 8,6 g.

*Todo o oxigênio adicionado reagiu.*

*Experimento III:* 9,6 g. *Todo o oxigênio adicionado reagiu.*

b) *Experimento I:*  $\left. \begin{array}{l} \text{massa inicial} = 22,4 + 11,7 = 34,1\text{g} \\ \text{massa final} = 32,0 + 2,1 = 34,1\text{g} \end{array} \right\} m_i = m_f \quad \text{A massa se conservou.}$

*Experimento II:*  $\left. \begin{array}{l} m_i = 22,4 + 8,6 = 31,0\text{g} \\ m_f = 28,5 + 2,6 = 31,1\text{g} \end{array} \right\} \text{Considerando a incerteza das medidas experimentais, pode-se dizer que a massa se conservou.}$

*Experimento III:*  $\left. \begin{array}{l} m_i = 22,4 + 9,6 = 32,0\text{g} \\ m_f = 32,1\text{g} \end{array} \right\} \text{Considerando a incerteza das medidas experimentais, pode-se dizer que a massa se conservou.}$

2. Analise as seguintes afirmações.

I. Toda vez que ocorrer uma transformação química em sistema fechado e se formar um sólido, a massa final do sistema será maior que sua massa inicial.

II. Na combustão da madeira, a massa inicial do sistema formado por madeira e gás oxigênio é igual à massa final do sistema formado por gás carbônico, vapor de água e cinzas.

III. Quando uma transformação química processada em sistema fechado produz

gás, as massas inicial e final do sistema serão iguais, pois os gases não têm massa.

Está(ão) correta(s) a(s) afirmativa(s) :

a) I

b) II

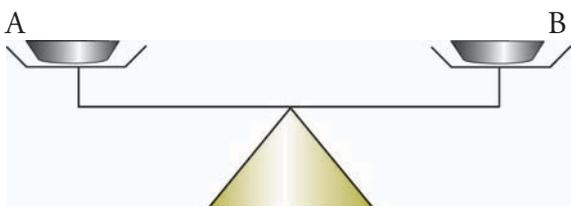
c) III

d) I e II

e) II e III

As afirmações I e III estão erradas, pois nas transformações químicas que ocorrem em sistema fechado não ocorrem variações de massa. Além disso, em III afirma-se, erradamente, que gases não têm massa.

3. (Fuvest-SP/1997) Os pratos A e B de uma balança foram equilibrados com um pedaço de papel em cada prato e efetuou-se a combustão apenas do material contido no prato A. Esse procedimento foi repetido com palha de aço em lugar de papel. Após cada combustão, observou-se:



	Com papel	Com palha de aço
a)	A e B no mesmo nível	A e B no mesmo nível
b)	A abaixo de B	A abaixo de B
c)	A acima de B	A acima de B
<b>d)</b>	A acima de B	A abaixo de B
e)	A abaixo de B	A e B no mesmo nível

4. (Comvest/Vestibular – Unicamp-SP/1990) Antoine Laurent Lavoisier (1743-1794), o iniciador da Química moderna, realizou, por volta de 1775, vários experimentos. Em um deles, aqueceu 100 g de mercúrio

em presença de ar dentro de um recipiente de vidro fechado, obtendo 54 g de óxido vermelho de mercúrio, tendo ficado ainda sem reagir 50 g de mercúrio. Pergunta-se:

- a) Qual a razão entre a massa de oxigênio e a de mercúrio que reagiram?  
 b) Que massa de oxigênio seria necessária para reagir com todo o mercúrio inicial?

**Resposta:**

- a) Como foram adicionados 100 g de mercúrio e restaram 50 g sem reagir, sabe-se que a massa de mercúrio que reagiu foi de 50 g. Como a massa de óxido de mercúrio produzido foi de 54 g, sabe-se que a massa de oxigênio que reagiu foi de 4 g.

$$\frac{\text{massa de oxigênio}}{\text{massa de mercúrio}} = \frac{4}{50} = 0,08$$

- b) Se 50 g de mercúrio consumiram 4 g de oxigênio, então 100 g de mercúrio (o dobro da massa) irão consumir 8 g de oxigênio (o dobro da massa também).

$$\frac{4 \text{ g de oxigênio}}{50 \text{ g de mercúrio}} = \frac{X}{100 \text{ g de mercúrio}}$$

$$X = \frac{4 \times 100}{50} \quad X = 8 \text{ g de oxigênio}$$

Ou, usando a razão calculada no item a:

$$0,08 = x / 100 \quad x = 8 \text{ g de oxigênio}$$

5. As ideias sobre a constituição da matéria propostas por John Dalton no início do século XIX podem explicar:

- I. A produção de energia elétrica numa pilha.
- II. O aumento de massa durante a queima da palha de aço.
- III. O fato dos materiais se combinarem em proporções definidas nas transformações químicas.

A aplicação correta do modelo atômico de Dalton ocorre apenas em:

- a) I
- b) II
- c) III
- d) I e II
- e) II e III

*O modelo de Dalton explica os itens II e III, mas não o I, pois Dalton não considerava a existência de cargas elétricas nos átomos.*

6. Corrosão de monumentos de mármore ou de metais e derretimento das calotas polares causando a elevação dos níveis dos oceanos são duas consequências de quais problemas ambientais, respectivamente?

- a) Destruição da camada de ozônio e efeito estufa.
- b) Chuva ácida e efeito estufa.
- c) Efeito estufa e superaquecimento global.
- d) Chuva ácida e destruição da camada de ozônio.
- e) Superaquecimento global e chuva ácida.

## PROPOSTAS DE SITUAÇÃO DE RECUPERAÇÃO

Como descrito no bimestre anterior, Situações de Recuperação nem sempre são fáceis de ser propostas pelos motivos expostos. Uma das estratégias que pode ser adotada é, novamente, a elaboração pelos alunos de um trabalho sobre as Situações de Aprendizagem que devem ser recuperadas.

Outra forma de realizar a recuperação é a apresentação de outros valores para os exercícios propostos ao longo das duas primeiras Situações de Aprendizagem, além de trabalhar com as folhas de atividades propostas na Situação de Aprendizagem 3 que não tenham sido utilizadas; caso tenham sido usadas, podem-se aprofundar as ideias relativas ao efeito estufa e à chuva ácida.

Outra possibilidade de atividade de recuperação seria a utilização de artigos sobre com-

bustíveis, usos e impactos ambientais que eles trouxessem para ser debatidos em sala de aula ou outros indicados por você. Como exemplo, há dois textos da revista *Química Nova na Escola* que abordam o tema **biodiesel**:

1. OLIVEIRA, F. C. C.; SUAREZ, P. A. Z.; SANTOS, W. L. P. Biodiesel: possibilidades e desafios. *Química Nova na Escola*. São Paulo: SBQ, n. 28, maio 2008. Disponível em: <<http://qnesc.s bq.org.br/online/qnesc28/>>. Acesso em: 12 fev. 2009.
2. CARDOSO, A. A.; MACHADO, C. M. D.; PEREIRA, E. A. Biocombustível, o mito do combustível limpo. *Química Nova na Escola*. São Paulo: SBQ, n. 28, maio 2008. Disponível em: <<http://qnesc.s bq.org.br/online/qnesc28/>>. Acesso em: 12 fev. 2009.

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

ACIOLI, J. de L. *Fontes de energia*. Brasília: Editora da Universidade de Brasília, 1994. O livro apresenta ideias gerais sobre fontes de energia, usos e problemas ambientais relacionados a esses usos.

BELTRAN, N. O.; CISCATO, C. A. M. *Química*. São Paulo: Cortez, 1991 (Magistério).

Este livro apresenta um capítulo sobre a combustão, contendo atividade experimental, textos e questões que discutem diferentes interpretações científicas, propostas ao final do século XVIII, para esse fenômeno.

BRANCO, S. M. *Energia e meio ambiente*. São Paulo: Moderna, 1990.

Discute-se neste livro tanto as fontes de energia mais amplamente utilizadas pelo ser humano quanto novas alternativas energéticas que têm se destacado a partir das décadas finais do século XX. O texto apresenta uma reflexão crítica sobre o consumo excessivo de energia e seus impactos socioambientais.

CHAGAS, A. P. *A história e a química do fogo*. Campinas: Átomo, 2006.

Este livro trata dos aspectos científicos, tecnológicos, históricos e sociais sobre a combustão, numa linguagem acessível a todos os públicos. O livro apresenta textos, figuras e esquemas que podem ser utilizados em sala de aula.

FILGUEIRAS, Carlos A. L. Duzentos anos da teoria atômica de Dalton. *Química Nova na Escola*. São Paulo, nov. 2004, v. 20, p. 38-44.

Este artigo faz um breve resumo das teorias que precederam a teoria atômica de Dalton e discute como suas ideias sobre a constituição da matéria foram elaboradas a partir da experimentação, e não mais de especulações teórico-filosóficas.

GEPEQ (Grupo de Pesquisa em Educação Química). *Interações e transformações: Química para o Ensino Médio – Livro do Aluno*. São Paulo: Edusp, 1995.

O livro traz exercícios e atividades relacionados à proporcionalidade entre massas de reagentes e produtos nas transformações químicas e também o envolvimento da energia nesses processos. Além disso, apresenta textos sobre as ideias de Dalton, a respeito da constituição da matéria, e as ideias de Proust e de Lavoisier sobre as relações de massas envolvidas nas transformações químicas.

MOUVIER, G. *A poluição atmosférica*. São Paulo: Ática, 1997.

O livro trata de aspectos diversos da poluição do ar. Efeito estufa, chuva ácida, ozônio estratosférico e troposférico e *smog* fotoquímico são alguns dos assuntos tratados nessa obra.

SÃO PAULO (Estado). Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo. *PROCLIMA* (Programa Estadual de Mudanças Climáticas). *Efeito estufa*. Disponível em: <[www.ambiente.sp.gov.br/proclima/default.asp](http://www.ambiente.sp.gov.br/proclima/default.asp)>. Acesso em: 12 fev. 2009.

Essa página da internet apresenta textos bastante claros e de linguagem acessível para ser trabalhados com os alunos sobre o efeito estufa e seu agravamento.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste bimestre foram estudados alguns aspectos quantitativos das transformações químicas no que se refere às relações entre massa e energia e as leis de conservação e proporção em massa. As ideias de John Dalton sobre a constituição da matéria foram introduzidas por possibilitarem explicações científicas sobre as relações em massa estudadas.

Foi proposta a realização do estudo desses assuntos no contexto da produção e do uso de combustíveis. Espera-se que, ao abordar a relação entre massa e energia envolvida na transformação química a partir das combustões, se possa tornar o ensino de Química mais significativo. Ao findarem as primeiras aulas deste bimestre, tem-se a expectativa de que se compreenda que nas transformações químicas, incluindo as combustões, as massas de reagentes e produtos envolvidos são proporcionais à energia consumida ou liberada.

Além dos aspectos quantitativos envolvidos nas combustões, foram abordados também aspectos qualitativos sobre elas, ampliando o entendimento sobre esses fenômenos tão comuns a todos.

O estudo das relações ponderais também se deu no contexto das combustões, embora não tenha se limitado a ele. Estudou-se a conservação da massa na combustão de carvão e em outras transformações químicas observadas

em experiências demonstrativas realizadas em sala de aula. Analisaram-se, também, as relações de proporcionalidade entre as massas de reagentes e produtos nessas transformações. Dessa forma, espera-se que se possa compreender de maneira significativa as proposições de Lavoisier sobre a conservação da massa e de Proust sobre as proporções determinadas nas transformações químicas.

Discutiram-se neste bimestre as implicações socioambientais da obtenção e exploração do carvão. Embora o número de aulas dedicado a este tema e a profundidade da abordagem realizada possam ser considerados insuficientes, devido ao grau de importância do tema, optou-se por introduzir esses assuntos neste momento. É preciso ter clara a ideia de que o estudo dos impactos socioambientais causados pela obtenção e queima de combustíveis, realizado neste bimestre, trata-se de introdução ao tema e que não se pretende, de forma alguma, esgotá-lo.

Finalmente, as leis ponderais, conhecidas pelo estudo quantitativo no nível macroscópico, puderam ser explicadas no nível microscópico considerando o modelo atômico proposto por Dalton.

Espera-se que os estudantes, ao final do bimestre, não apenas compreendam as proposições de Dalton sobre a constituição da matéria, mas também saibam aplicá-las ao explicar

as leis de conservação e proporção em massa nas transformações químicas.

Além da construção dos conceitos científicos que se busca desenvolver neste bimestre, também espera-se que sejam adquiridos conhecimentos sobre os aspectos tecnológi-

cos, sociais e ambientais inerentes à produção de calor pela queima de combustíveis. Desenvolver as competências e habilidades, arroladas em cada atividade, constitui um dos objetivos principais deste bimestre e não pode ser desconsiderado no planejamento, na condução e na avaliação de cada aula.

