

Caro(a) aluno(a),

Está chegando o fim do ano letivo e você vai utilizar os conhecimentos que adquiriu ao longo dos três bimestres para continuar estudando um dos principais assuntos da disciplina – as transformações químicas.

Com os conteúdos apresentados neste Caderno, você será capaz de analisar as relações proporcionais envolvidas em uma transformação química. Assim, poderá fazer a previsão das quantidades de reagentes e produtos a ser utilizados. E, a partir do estudo da unidade (o mol), vai aprofundar o conceito de matéria.

Neste Caderno, você será convidado a criar uma unidade apropriada para medir quantidades de grãos de cereais, com o objetivo de estabelecer relações entre essa unidade e a grandeza química – quantidade de matéria (mol).

Você poderá compreender a importância da estequiometria para o sistema produtivo. Quando se consegue prever as quantidades envolvidas nas transformações químicas, é possível reduzir o desperdício. Como exemplo disso, você vai estudar a produção de cobre e de ferro e as quantidades ideais de matérias-primas envolvidas no processo de produção. Dessa forma, poderá constatar que é possível definir previamente essas quantidades.

Considerando que a extração e o beneficiamento de metais produzem quantidades significativas de resíduos e subprodutos, você vai pesquisar como é feita a extração do ferro, obter informações sobre o uso do carvão nesse processo e verificar quais são os impactos ambientais gerados.

Enfim, aprenderá conteúdos indispensáveis para entender, com base na produção do ferro e do cobre, como se dá a obtenção de outros metais e, além disso, quais os impactos socioambientais envolvidos na extração de minérios.

Bons estudos!

Equipe Técnica de Química  
Área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias  
Coordenadoria de Estudos e Normas Pedagógicas – CENP  
Secretaria da Educação do Estado de São Paulo





## SITUAÇÃO DE APRENDIZAGEM 1

### QUANTIDADE DE MATÉRIA E SUA UNIDADE (MOL)

Neste volume, continuaremos estudando as transformações químicas e aprofundaremos os conhecimentos sobre o tema “metais”. Introduziremos novos conceitos que possibilitem prever as quantidades de reagentes e produtos envolvidos na produção de ferro e de cobre e também em outros processos.



### PESQUISA EM GRUPO

Cada grupo de estudantes realizará uma pesquisa sobre um dos metais indicados pelo professor (alumínio, manganês, estanho, zinco, níquel, ouro, cromo ou chumbo). São apresentados a seguir alguns tópicos que podem ser pesquisados para uma compreensão mais rica desse tema:

- principais minérios dos quais se pode obter esse metal (se ele não ocorrer na forma nativa);
- localização das principais jazidas desses minérios no Brasil e no mundo;
- transformações químicas envolvidas no processo de obtenção desse metal;
- aplicações desse metal na indústria e no cotidiano;
- dados mundiais e nacionais da extração de minérios e da produção do metal;
- impactos socioambientais na extração do minério e na produção e no descarte do metal;
- descarte e reciclagem do metal;
- uma reportagem sobre problemas ambientais relacionados à extração, à produção ou ao descarte do metal.

O professor determinará a forma como essa pesquisa será apresentada e avaliada.

### Atividade 1 – Contando grãos

É comum criarmos unidades de medida para facilitar a contagem de grandes quantidades de objetos, como as unidades resma, dúzia, cento e grossa (consulte um dicionário para conhecer o significado de cada uma dessas unidades).

Nesta Atividade, você poderá criar uma unidade de medida e usá-la para contar grandes quantidades de grãos de arroz, feijão e milho.

Considere os dados de massas médias de alguns grãos apresentados no quadro a seguir e responda às questões propostas.

Alimentos	Massa média de 1 grão (g)
Arroz	0,020
Feijão	0,40
Milho	0,15

### Exercícios em sala de aula

- Com base nos dados da tabela, calcule o número de grãos de arroz contidos em 1 kg desse alimento. Admita que todos os grãos de arroz sejam iguais.

---



---



---



---

- Adote o número calculado de grãos em 1 kg de arroz como sua unidade de quantidade de grãos. Crie um nome e um símbolo para essa unidade.

Nome da unidade: \_\_\_\_\_ Símbolo: \_\_\_\_\_

- Complete a frase: “Assim como em uma dúzia (1 dz) temos 12 unidades, em um(a) \_\_\_\_\_ (1 \_\_\_\_\_) temos \_\_\_\_\_ grãos”.
- Com base nos resultados das questões anteriores, determine a quantidade de grãos (na unidade criada) contida em 5 kg de arroz. Essa quantidade equivale a quantos grãos de arroz?

---



---



---



---

- Qual é a massa de 10 \_\_\_\_\_ (unidade criada) de arroz?

---



---

6. Complete a tabela a seguir:

Número de grãos	Quantidade de grãos na unidade criada (____)	Massa de arroz
50 000	1	1 000 g
		10 kg
	2	
5 000		
	12	

A unidade criada inicialmente para contar grãos de arroz pode ser aplicada na quantificação de outros tipos de grão, como feijão ou milho, ou mesmo de qualquer outro objeto. Assim como pode-se dizer “uma dúzia de laranjas”, “uma dúzia de bananas” ou “uma dúzia de parafusos”, também pode-se aplicar a unidade criada para definir um conjunto de 50 000 grãos de feijão ou 50 000 pregos ou porcas. Considerando essa ideia, responda às questões que seguem.

7. Quantos grãos há em 3 (\_\_\_\_) de feijão?

---



---



---

8. Qual é a massa de 5 (\_\_\_\_) de grãos de milho?

---



---



---



---

9. O que tem maior massa: 2 (\_\_\_\_) de feijão ou 5 (\_\_\_\_) de milho?

---



---



---



---



---



---

## Atividade 2 – Unidade de quantidade de matéria

De acordo com a atividade anterior, o uso de unidades apropriadas para representar grandes quantidades pode facilitar cálculos e tornar mais simples as representações. Por exemplo, é mais conveniente dizer que em um pacote com 5 kg de arroz há 5 \_\_\_\_\_ (unidade de quantidade de grãos) do que dizer que nesse pacote de arroz há 250 000 grãos.

Em Química, o uso de unidades convenientes para representar as quantidades de partículas é ainda mais significativo, visto que em pequenas porções de matéria há quantidades quase inimagináveis de partículas. Como exemplo, em uma única gota de água, com cerca de 0,050 g, há a incrível quantidade de  $1,7 \cdot 10^{21}$  partículas de água!

### Exercícios em sala de aula

1. Elabore um resumo sobre a unidade de quantidade de matéria que aborde os seguintes pontos:

- o que é o mol;
- a quantidade de partículas que o mol representa;
- para que o mol pode ser usado.

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

2. Na Atividade 1, foi adotada a quantidade de grãos existente em 1 kg de arroz como a unidade de quantidade de grãos, a qual equivale a 50 000 grãos ou  $5 \cdot 10^4$  grãos. Essa unidade foi usada para contar não apenas grãos de arroz, mas também grãos de milho e de feijão. De forma análoga, pode-se considerar que a unidade de quantidade de matéria (mol) foi adotada tendo como padrão a quantidade de átomos existentes em 12,0 g de carbono, a qual equivale a aproximadamente  $6,0 \cdot 10^{23}$  partículas, que podem ser átomos ou outras espécies químicas. Complete o quadro a seguir estabelecendo uma relação entre a unidade que você criou e o mol.

	Unidade de quantidade de grãos	Unidade de quantidade de matéria
Nome da unidade		
Símbolo da unidade		
Massa de matéria estabelecida como padrão		
Número de partículas nessa porção de matéria		

3. Sabendo que a massa molar de uma substância é a massa de 1 mol de partículas dessa substância e que esse valor é numericamente igual à massa molecular da substância, siga os exemplos apresentados a seguir e complete o esquema proposto.

Fórmula da substância	Massa molecular (massa de 1 partícula da substância)	Massa molar (massa de 1 mol de partículas da substância)	Massa de diferentes quantidades de matéria
$\text{CaCO}_3$	$40 + 12 + (3 \cdot 16)$ $= 100 \text{ u}$	100 g/mol	2 mol = 200 g
$\text{Fe}_2\text{O}_3$	$(2 \cdot 56) + (3 \cdot 16)$ $= 160 \text{ u}$	160 g/mol	0,5 mol = 80 g
$\text{NaCl}$			4 mol =
$\text{CH}_4$			0,1 mol =
$\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$			20 mol =

Massas atômicas (u): Ca = 40; C = 12; O = 16; Fe = 56; Na = 23; Cl = 35,5; H = 1.

---



---



---



---

4. Tanto na atividade anterior, em que discutimos a unidade criada para contar grãos, quanto nesta atividade, na qual discute-se a unidade de quantidade de matéria adotada pela ciência (o mol), foram estabelecidas relações entre três grandezas: número de partículas, unidade de quantidade de partículas e massa. Complete a tabela apresentada a seguir estabelecendo relações entre essas grandezas para as substâncias  $O_2$  (gás oxigênio), C (carbono) e Fe (ferro).

Número de partículas	Quantidade de matéria (mol)	Massa (g)
$6,0 \cdot 10^{23}$	1 mol de $O_2$	32 g
	2 mol de $O_2$	
	2 mol de C	
$18 \cdot 10^{23}$	_____ mol de C	
	_____ mol de Fe	112 g

---



---



---



---



---



LIÇÃO DE CASA



1. Sabendo-se que a massa molecular da água é 18 u, qual é sua massa molar? Qual é a diferença de significado entre esses dois valores?

---



---



---



---

2. A massa atômica do ferro (Fe) é 56 u. Quantos átomos de Fe existem em 56 g de ferro?

---



---



---

3. Quantos átomos de Fe existem, aproximadamente, em um prego de massa 2,8 g? Suponha que o prego é feito somente de ferro.

---

---

---

---

---

4. Que quantidade de matéria está presente em 22 g de dióxido de carbono? Isso equivale a quantos átomos de carbono e de oxigênio, respectivamente?

---

---

---

---

---

---

---

*O que eu aprendi...*



---

---

---

---

---

---

---

---



## SITUAÇÃO DE APRENDIZAGEM 2

### PREVISÃO DAS QUANTIDADES DE REAGENTES E DE PRODUTOS NAS TRANSFORMAÇÕES QUÍMICAS

Nesta Situação de Aprendizagem, você terá condições de prever, nas transformações químicas, as quantidades de reagentes a ser utilizadas e as de produtos a ser obtidas. Nas indústrias, esse cálculo é essencial para não haver desperdício de matéria-prima e para prever o quanto será produzido na transformação.

#### Atividade 1 – Prevendo quantidades envolvidas nas transformações químicas: relação entre massa e quantidade de matéria

##### Exercícios em sala de aula

- Observe a representação da combustão do gás hidrogênio ( $H_2$ ) e complete a tabela, indicando o nome das substâncias e a quantidade de matéria, em mol, de cada uma delas.

	$2 H_2(g)$	+	$O_2(g)$	→	$2 H_2O(g)$
Nome das substâncias					
Quantidade de matéria em mol	2 mol				

- Observe novamente a equação anterior, considerando a proporção entre reagentes e produtos, e responda:

- Se pretendermos obter 8 mol de água, qual deverá ser a quantidade de matéria utilizada, em mol, de gás hidrogênio? E a de gás oxigênio?

---



---



---

- Ao utilizarmos 6 mol de gás hidrogênio, qual será a quantidade de matéria necessária, em mol, de gás oxigênio? Que quantidade de matéria, em mol, de água será formada?

---



---



---

c) Calcule a massa de água formada na situação descrita no item anterior.

Dados – massa molar da água: 18 g/mol

---



---



---



---

3. A tabela a seguir apresenta a combustão completa do carvão (C):

	C(s)	+	O <sub>2</sub> (g)	→	CO <sub>2</sub> (g)
Quantidade de matéria em mol	1 mol		1 mol		1 mol
					0,5 mol

a) Se for produzido 0,5 mol de CO<sub>2</sub>, qual será a quantidade de matéria, em mol, de carvão queimada?

---



---



---

b) Sabendo que a massa molar do C é 12 g/mol, calcule a massa de carvão consumida na situação descrita no item a.

---



---



---

### Análise de resultados do experimento

Veja, agora, os dados referentes ao experimento intitulado “Decomposição térmica do hidrogenocarbonato de sódio (bicarbonato de sódio)”.

Observe a demonstração realizada por seu professor ou leia o relato da atividade experimental.



## ROTEIRO DE EXPERIMENTAÇÃO

**Decomposição térmica do hidrogenocarbonato de sódio (bicarbonato de sódio)**

**Objetivo:** usar os conhecimentos de estequiometria para determinar o produto sólido formado pela decomposição térmica do hidrogenocarbonato de sódio.

**Materiais e reagentes**

- 1 béquer de 150 mL;
- 1 tubo de ensaio termorresistente (16 mm x 180 mm);
- 1 balança com precisão de 0,1 g;
- 1 pinça de madeira;
- hidrogenocarbonato de sódio ( $\text{NaHCO}_3$ );
- lamparina a álcool.

**Procedimento**

1. Apoie o tubo de ensaio no béquer e pese-os. Anote o valor.
2. Adicione, aproximadamente, 1,5 g de hidrogenocarbonato de sódio ao tubo de ensaio. Pese novamente o sistema e anote a massa exata de hidrogenocarbonato encontrada.
3. Aqueça o tubo de ensaio com o hidrogenocarbonato por cerca de 5 minutos (use a pinça de madeira para segurar o tubo). Observe e anote.
4. Continue o aquecimento do tubo para eliminar o líquido formado. Aguarde o resfriamento do tubo apoiando-o no béquer (cerca de 2 minutos) e depois pese-os.
5. Aqueça por mais 1 minuto. Espere o resfriamento do sistema e verifique se a massa se mantém a mesma. Repita essa operação até a massa ficar constante.
6. Determine a massa do sólido formado e faça a previsão da reação de decomposição.

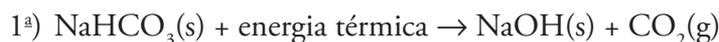
Experimento adaptado de: COCH, Juan A.; FIGUEIRA, Álvaro R.; ZEPKA, Marilene.  
*Ensinando a Química através de experiências nos cursos de 2º grau.* Rio Grande do Sul: FURG, 1988.

### Resultados possíveis:

Durante a realização do experimento, observou-se:

- o embaçamento do tubo de ensaio e a permanência da cor do sólido após o aquecimento;
- que a massa do sólido branco formado foi de 0,9 g.

São três as possibilidades de transformações químicas que poderiam ter ocorrido:



### Questões para análise do experimento

1. Sabendo-se que o embaçamento observado no tubo é decorrência do vapor de água formado na transformação, alguma das três possibilidades pode ser descartada? Justifique.

---



---

2. Admitindo-se que a equação que representa a decomposição do hidrogenocarbonato de sódio seja a segunda possibilidade, responda aos itens **a**, **b** e **c** e insira os dados na tabela a seguir:

### 2ª possibilidade de reação

	$2 \text{NaHCO}_3(s) \rightarrow \text{Na}_2\text{CO}_3(s) + \text{CO}_2(g) + \text{H}_2\text{O}(g)$
<b>a</b>	
<b>b e c</b>	

- a) Qual é a proporção, em mol, existente entre o hidrogenocarbonato de sódio ( $\text{NaHCO}_3$ ) e o carbonato de sódio ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ )?

---



---

- b) Qual é a quantidade de matéria, em mol, existente em 1,5 g de  $\text{NaHCO}_3$  utilizada?  
 Massa molar do  $\text{NaHCO}_3 = 84 \text{ g/mol}$

---



---

- c) Calcule a quantidade de matéria, em mol, de  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  que se formaria pela decomposição da quantidade de matéria de  $\text{NaHCO}_3$  calculada no item **b**, admitindo que todo o  $\text{NaHCO}_3$  adicionado tenha reagido.

---



---



---



---

3. Admitindo-se que a equação que representa a decomposição do hidrogenocarbonato de sódio seja a terceira possibilidade, responda aos itens **a**, **b** e **c** e insira os dados na tabela a seguir:

**3ª possibilidade de reação**

	$2 \text{NaHCO}_3(\text{s}) \rightarrow \text{Na}_2\text{O}(\text{s}) + 2 \text{CO}_2(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{g})$
<b>a</b>	
<b>b e c</b>	

- a) Qual é a proporção, em mol, existente entre o hidrogenocarbonato de sódio ( $\text{NaHCO}_3$ ) e o óxido de sódio ( $\text{Na}_2\text{O}$ )?

---



---



---



---

- b) Qual é a quantidade de matéria, em mol, existente em 1,5 g de  $\text{NaHCO}_3$  utilizada?  
 Massa molar do  $\text{NaHCO}_3 = 84 \text{ g/mol}$

---



---



---

- c) Calcule a quantidade de matéria, em mol, de  $\text{Na}_2\text{O}$  que se formaria pela decomposição da quantidade de matéria calculada de  $\text{NaHCO}_3$  no item **b**, admitindo que todo o  $\text{NaHCO}_3$  adicionado tenha reagido.

---



---



---



---

4. Transforme em massa os valores calculados no item **c** das questões **2** e **3**, referentes à quantidade de matéria do produto sólido formado, e compare-os com a massa obtida experimentalmente. Qual deve ser o produto da decomposição térmica do hidrogenocarbonato de sódio? Justifique. Massas molares:  $\text{Na}_2\text{CO}_3 = 106 \text{ g/mol}$ ;  $\text{Na}_2\text{O} = 62 \text{ g/mol}$

---



---



---



---



---



---

## Atividade 2 – Prevendo quantidades envolvidas no processo de obtenção de ferro e de cobre

Nas indústrias siderúrgicas, é importante prever as quantidades de reagentes que serão utilizadas na obtenção de certas quantidades de produtos. Essa previsão é necessária para dimensionar equipamentos a ser utilizados, evitar desperdício de matéria-prima e fazer estimativas de produção final, o que pode definir se o processo é economicamente viável ou não. Por exemplo, as quantidades de carvão e de minério de ferro que são colocadas no alto-forno não são aleatórias, mas devem ser calculadas previamente. Essa previsão das quantidades de materiais envolvidos em uma transformação química é chamada de cálculo estequiométrico.

### Exercícios em sala de aula

1. Nos altos-fornos das indústrias siderúrgicas, qual deve ser a massa de carvão (considerando que o carvão contenha apenas átomos do elemento carbono) necessária para obter uma tonelada de ferro?

O preenchimento da tabela a seguir o ajudará a responder à questão.

	$2 \text{Fe}_2\text{O}_3(\text{s})$	+	$6 \text{C}(\text{s})$	+	$3 \text{O}_2(\text{g})$	$\rightarrow$	$4 \text{Fe}(\text{l})$	+	$6 \text{CO}_2(\text{g})$
	óxido de ferro III		carvão		oxigênio		ferro		dióxido de carbono
Proporção em mol entre C e Fe									
Proporção em massa entre C e Fe									
Massa de C necessária para produzir 1 t de Fe							1,0 t		

---



---



---



---



---



---

2. Nas siderúrgicas, a quantidade de carvão empregada é maior do que a prevista pela estequiometria, conforme você calculou no exercício da tabela acima. Por exemplo, sabe-se que, nas siderúrgicas, é utilizado 0,71 t de carvão vegetal para produzir 1,0 t de ferro, um valor bem maior do que o previsto pela estequiometria. Como você explicaria esse fato?

---



---



---



---



---

3. Uma das etapas de produção de cobre metálico a partir da calcosita ( $\text{Cu}_2\text{S}$ ) consiste em aquecê-la na presença de oxigênio. Se forem utilizados 318 g de minério calcosita, quais serão a massa de cobre e a de  $\text{SO}_2$  produzidas?

	$\text{Cu}_2\text{S}(\text{s})$	+	$\text{O}_2(\text{g})$	→	$2 \text{Cu}(\text{l})$	+	$\text{SO}_2(\text{g})$
Proporção em mol							
Proporção em massa							
Massa de Cu e massa de $\text{SO}_2$ formadas a partir de 318 g de calcosita	318 g						

Dados:

Substâncias	Massa molar (g/mol)
$\text{O}_2$	32,0
$\text{Cu}_2\text{S}$	159,0
Cu	63,5
$\text{SO}_2$	64,0



LIÇÃO DE CASA



1. A cal viva ( $\text{CaO}$ ) é obtida pela decomposição do carbonato de cálcio segundo a equação:



Massas molares (em g/mol): Ca = 40; C = 12; O = 16

Que massa de cal viva é obtida de 300 g de carbonato de cálcio?

---

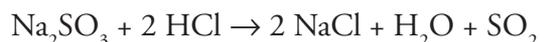


---



---

2. O papel sulfite tem esse nome porque na sua clarificação emprega-se o sulfito de sódio ( $\text{Na}_2\text{SO}_3$ ). Este reage com o ácido clorídrico, havendo produção de  $\text{SO}_2$ . A equação que representa essa transformação é:



- a) Qual é a quantidade de matéria, em mol, de  $\text{SO}_2$  produzida quando é utilizado 0,60 mol de  $\text{Na}_2\text{SO}_3$  na reação?

---



---



---

- b) Calcule o número de partículas de  $\text{SO}_2$  correspondente à quantidade em mol obtida na situação descrita no item anterior.

---



---



### Desafio!

Em grupo, faça a previsão de quantas toneladas de carvão (valor teórico e valor real) e de minério (óxido de ferro III) são utilizadas em uma indústria siderúrgica por dia, sabendo-se que essa siderúrgica produz diariamente  $1,35 \times 10^4$  t de ferro-gusa.

**Atenção:** o valor real consta nesta Situação de Aprendizagem, na Atividade 2, questão 2 dos Exercícios em Sala de Aula.

---



---



---



---



---



---



---



---



---



---



---



---



---



---



---



---



### SITUAÇÃO DE APRENDIZAGEM 3

## ENERGIA LIBERADA OU ABSORVIDA NAS TRANSFORMAÇÕES QUÍMICAS

A queima de combustíveis é uma transformação exotérmica; já o cozimento de um alimento é uma transformação endotérmica. As quantidades de energia liberada ou absorvida nas transformações podem ser medidas experimentalmente ou calculadas por relações conhecidas entre massa e energia ou quantidade de matéria e energia, como será visto nesta Situação de Aprendizagem.

Como prever a energia envolvida nas transformações químicas?

Para prever a energia liberada ou absorvida em uma transformação química, observe a demonstração experimental realizada por seu professor ou leia o relato da atividade experimental “Reação entre alumínio e solução de hidróxido de sódio”.



### ROTEIRO DE EXPERIMENTAÇÃO

## Reação entre alumínio e solução de hidróxido de sódio

Denilse Morais Zambom, Fabio Luiz de Souza e Luciane Hiromi Akahoshi

### Materiais e reagentes

- 1 tubo de ensaio (20 mm x 150 mm);
- hidróxido de sódio (4 mol/L);
- 1 pedaço de papel-alumínio (2,0 cm x 15,0 cm);
- 1 termômetro (de -10 °C a 110 °C);
- 1 proveta de 10 mL;
- 1 balança;
- 1 bastão de vidro.

### Procedimento

1. Recorte um retângulo de papel-alumínio (2,0 cm x 15,0 cm), que equivale a 0,09 g, e corte-o em pedaços pequenos.
2. Pese o tubo de ensaio e anote sua massa.

3. Meça 10,0 mL de solução de hidróxido de sódio em uma proveta, adicione ao tubo de ensaio e meça a temperatura inicial com o termômetro.
4. Coloque os pedaços de papel-alumínio no tubo de ensaio contendo a solução de hidróxido de sódio e agite-o cuidadosamente com a ajuda do bastão de vidro.
5. Quando perceber que não há mais reação entre o papel-alumínio e a solução de hidróxido de sódio, introduza o termômetro no tubo de ensaio e meça a temperatura do líquido resultante.
6. Anote a maior temperatura atingida e outras observações.

### Cuidados

- Evite o contato da soda cáustica ou solução de hidróxido de sódio com a pele e os olhos, pois pode provocar queimaduras. É aconselhável o uso de óculos de segurança e luvas.
- Não realize essa atividade perto de fogo, pois o gás hidrogênio formado é inflamável e explosivo.

### Dados sobre o experimento e observações

- Massa do tubo de ensaio: 20,00 g
- Massa do papel-alumínio: 0,09 g
- Densidade da solução:  $d = 1,2 \text{ g/mL}$
- Variação da temperatura observada:  $20 \text{ }^\circ\text{C}$  ( $T_{\text{inicial}} = 25 \text{ }^\circ\text{C}$ ;  $T_{\text{final}} = 45 \text{ }^\circ\text{C}$ )
- Evidências perceptíveis dessa transformação química: aquecimento e liberação de gases.

Elaborado especialmente para o *São Paulo faz escola*.

### Questões para análise do experimento

1. Considerando a variação de temperatura observada no experimento, essa transformação pode ser classificada como endotérmica ou exotérmica? Explique.

---

---

---

---

2. Sabendo-se que a representação da transformação que ocorre é:  $2 \text{NaOH}(\text{aq}) + 2 \text{Al}(\text{s}) + 6 \text{H}_2\text{O}(\text{l}) \rightarrow 2 \text{NaAl}(\text{OH})_4(\text{aq}) + 3 \text{H}_2(\text{g})$ , qual foi o gás formado nessa transformação?

---

3. O volume de solução utilizado no experimento foi de 10,0 mL e permaneceu praticamente constante durante a transformação. Qual é a massa dessa solução, sabendo-se que sua densidade é de 1,2 g/mL? (Esse valor de massa será utilizado na resolução do item **b** da questão 4.)

---



---

4. A energia térmica liberada na reação aqueceu o líquido contido no tubo de ensaio.

- a) Sabe-se que para aumentar a temperatura de 1 g de solução em 1 °C é necessária a liberação de 1 cal na transformação química. Que quantidade de energia deve ser liberada na transformação química para que 1 g de solução tenha o aumento de temperatura observado no experimento?

---



---



---

- b) Que quantidade de energia deve ser liberada na transformação química para que toda a solução tenha a variação de temperatura observada no experimento? (Utilize o valor de massa calculado na questão 3.)

---



---



---

5. A energia liberada também aqueceu o vidro do tubo de ensaio. Como o vidro e o líquido entram em equilíbrio térmico, o aumento de temperatura do vidro é o mesmo do líquido (20 °C).

- a) Sabe-se que para aumentar a temperatura de 1 g de vidro em 1 °C é necessária a liberação de 0,2 cal na transformação química. Que quantidade de energia deve ser liberada na transformação química para que 1 g de vidro tenha o aumento de temperatura observado no experimento?

---



---



---



---

b) Que quantidade de energia deve ser liberada na transformação química para que o tubo de ensaio tenha a variação de temperatura observada no experimento?

---



---



---

6. Qual é a energia liberada pela reação de 0,09 g de alumínio com 10 mL de solução de hidróxido de sódio? Considere que parte da energia liberada pela transformação química é absorvida pela solução e outra parte é absorvida pelo tubo de ensaio, desprezando as perdas de energia para o ambiente.

---



---

7. Sabendo que a massa molar do alumínio (Al) é de 27 g/mol, calcule a energia liberada na reação quando for utilizado 1 mol de alumínio.

---



---



---



### LIÇÃO DE CASA



1. Considerando-se o experimento realizado anteriormente, qual será a energia liberada na reação se forem utilizados 4 mol de átomos de alumínio e uma quantidade de NaOH(aq) suficiente para que todo o alumínio reaja?

---



---

2. Que massa de alumínio deveria ser utilizada para liberar 32 kcal de energia?

---



---



---

3. A soda cáustica (hidróxido de sódio) pode ser guardada em recipiente de alumínio? Explique.

---



---



## APRENDENDO A APRENDER

Pode-se medir a quantidade de energia em calorias (cal) ou em joule (J), e a relação entre essas grandezas é:  $1 \text{ cal} = 4,18 \text{ J}$  ou  $1000 \text{ cal} (1 \text{ kcal}) = 4,18 \cdot 1000 \text{ J} (4,18 \text{ kJ})$ . Procure em rótulos de embalagens de leite a informação nutricional sobre a quantidade de energia obtida após a ingestão de um copo de leite (200 mL).

Indique os valores em caloria e em joules.

---



---



---



---



---



---

*O que eu aprendi...*

---



---



---



---



---



---



---



---



---



---



---



---



---



---



---



---



## SITUAÇÃO DE APRENDIZAGEM 4 IMPACTOS SOCIAIS E AMBIENTAIS DECORRENTES DA EXTRAÇÃO DE MATÉRIAS-PRIMAS E DA PRODUÇÃO DE FERRO, COBRE E OUTROS METAIS

### Atividade 1 – Impactos socioambientais da produção de ferro e cobre

A seguir, leia um texto sobre a produção de ferro e de cobre. O texto também aborda alguns problemas socioambientais relacionados a essa produção.



#### Leitura e Análise de Texto

##### Ferro e cobre: impactos socioambientais

Denilse Morais Zambom, Fabio Luiz de Souza e Luciane Hiromi Akahoshi

Os metais e ligas metálicas são essenciais para a agricultura, geração de energia, medicina, transportes e inúmeras outras atividades atualmente indispensáveis. A Organização das Nações Unidas (ONU) estima que, até o ano 2050, a população mundial crescerá em 3 bilhões de pessoas, o que implicará aumento no consumo de metais, principalmente nos países desenvolvidos.

Em relação ao cobre, por exemplo, a combinação de suas propriedades (maleabilidade, ductibilidade, temperatura de fusão e condutividade elétrica e térmica) determina sua ampla aplicação em ligas, fios, utensílios de cozinha, tubulações industriais e domésticas e componentes eletroeletrônicos, sendo essa última aplicação responsável por 65% de seu consumo no mundo. A necessidade mundial de cobre, que hoje é algo próximo de  $15 \cdot 10^6$  t/ano, sendo 1/3 dela suprido pela reciclagem do próprio metal, deverá duplicar até 2050.

Para obtenção dos metais ferro e cobre é necessário que seus minérios sejam extraídos do meio em que se encontram, ou seja, de jazidas minerais (lavras ou minas) que possam fornecê-los em larga escala. Nas minas, o minério é extraído com auxílio de explosivos, máquinas escavadoras e caminhões de grande porte, que retiram enormes quantidades do material provocando emissão de muita poeira, gases e ruídos. A mineração a céu aberto altera paisagens inteiras, podendo destruir a cobertura vegetal e alterar relevos. Os detritos provenientes dessa extração podem provocar o assoreamento dos rios, alterando as características físicas e químicas dos cursos de água.

Em relação ao carvão utilizado na produção do ferro, o desastre ambiental pode ser ainda maior, com a possibilidade de devastação de florestas, caso seja empregado o carvão vegetal em vez do mineral. Nas minas de carvão mineral, existe o perigo de explosões provocadas por

material particulado (pó de carvão, principalmente), que é formado naturalmente na extração do carvão; essas explosões podem ocasionar inúmeros casos de acidentes fatais.

Outro aspecto problemático é a produção de resíduos ácidos nas áreas mineradoras, especialmente nas que exploram minerais compostos de sulfetos, como a calcopirita. Esses resíduos de mineração, em contato com a água, formam uma solução ácida que precisa ser drenada para fora das minas, processo definido como drenagem ácida de minas (DAM), formando grandes lagoas ácidas. Essas lagoas são consideradas um dos problemas ambientais mais graves associados à mineração, pois essa solução acidificada dissolve e arrasta alguns minerais presentes no solo (processo de lixiviação). O produto da lixiviação, ao entrar em contato com as águas subterrâneas, pode provocar contaminação de rios e solos.

O processo de mineração pode acarretar diversos problemas de saúde, como as pneumoconioses, doenças pulmonares que os mineradores desenvolvem devido ao contato prolongado com o acúmulo de poeira. Entre as pneumoconioses, destaca-se a silicose, moléstia irreversível causada pela inalação da poeira de sílica (partículas cristalinas do dióxido de silício), que danifica os tecidos pulmonares, podendo levar à insuficiência respiratória. Essa forma de pneumoconiose é mais recorrente na extração de carvão e minério de ferro. A Organização Mundial da Saúde (OMS) estima que, no Brasil, exista pelo menos meio milhão de pessoas com esse problema.

Na etapa pós-mineração, destacam-se os impactos ambientais provenientes da produção de gases. O dióxido de enxofre ( $\text{SO}_2$ ), produzido em larga escala na ustulação dos minérios de cobre, é aproveitado como matéria-prima para a produção de ácido sulfúrico. Entretanto, quando mal acondicionado, esse gás pode ser liberado para a atmosfera e, em contato com a água da chuva, provocar a formação de chuvas ácidas. Estas, ao longo de poucos anos, podem destruir florestas e a vida em ambientes aquáticos. Já na produção do ferro, a emissão de grandes quantidades de  $\text{CO}_2$  contribui para o aumento do efeito estufa e também da chuva ácida.

Os impactos ambientais causados pela produção de ferro e de cobre só não são maiores em virtude da reciclagem de parte desses metais. No caso do cobre, por exemplo, os países desenvolvidos chegam a reciclar cerca de 40% de todo o material produzido.

Os impactos sociais e ambientais da exploração dos metais ferro e cobre são os mais diversos possíveis; contudo, é importante salientar que todos os problemas que envolvem sua produção, desde a obtenção dos minérios até o descarte, podem ser minimizados, caso autoridades competentes, indústrias mineradoras e população em geral adotem meios de exploração sustentável, gestão responsável no setor e padrões de consumo mais conscientes.

Elaborado especialmente para o *São Paulo faz escola*.

**Questão para análise do texto**

Complete os quadros com informações sobre os possíveis impactos socioambientais relacionados a cada uma das substâncias representadas na equação química.

a) Para a produção do ferro

$2 \text{Fe}_2\text{O}_3(\text{s}) + 6 \text{C}(\text{s}) + 3 \text{O}_2(\text{g}) \rightarrow 4 \text{Fe}(\text{s}) + 6 \text{CO}_2(\text{g})$		

b) Para a produção do cobre

$4 \text{CuFeS}_2(\text{s}) + 11 \text{O}_2(\text{g}) \rightarrow 4 \text{Cu}(\text{s}) + 2 \text{Fe}_2\text{O}_3(\text{s}) + 8 \text{SO}_2(\text{g})$		



**LIÇÃO DE CASA**



A seguir, apresentamos um poema de Carlos Drummond de Andrade, publicado em 1979, que retrata o impacto ambiental causado pela exploração do ferro em Itabira (MG), cidade do poeta. O poema faz referência à destruição do Pico do Cauê. Ao longo de quase meio século, a base do pico sofreu sucessivas escavações para a exploração do minério de ferro, gerando sérias alterações no relevo, conforme as fotos apresentadas após o poema.

### A montanha pulverizada

Carlos Drummond de Andrade

Chego à sacada e vejo a minha serra,  
a serra de meu pai e meu avô,  
de todos os Andrades que passaram  
e passarão, a serra que não passa.

Era coisa dos índios e a tomamos  
para enfeitar e presidir a vida  
neste vale soturno onde a riqueza  
maior é sua vista e contemplá-la.

De longe nos revela o perfil grave.  
A cada volta de caminho aponta  
uma forma de ser, em ferro, eterna,  
e sopra eternidade na fluência.

Esta manhã acordo e  
não a encontro.  
Britada em bilhões de lascas  
deslizando em correia transportadora  
entupindo 150 vagões  
no trem-monstro de 5 locomotivas  
– o trem maior do mundo,  
[tomem nota –  
foge minha serra, vai  
deixando no meu corpo e na paisagem  
miseró pó de ferro, e este não passa.

ANDRADE, Carlos Drummond de. In: *Boitempo: menino antigo*.  
Rio de Janeiro: Record. Carlos Drummond de Andrade © Graña  
Drummond. <[www.carlosdrummond.com.br](http://www.carlosdrummond.com.br)>.

© Douglas Lynch/Tyba



Exploração de ferro em Itabira (MG).



Pico do Cauê nos primeiros anos de extração do minério em  
Presidente Vargas, atual Itabira, 1942-45.

© J. Merjane/Arquivo CVRD - Jornal da Vale

1. Após a leitura do poema e a observação das fotos, procure interpretá-lo e relacioná-lo com o que você aprendeu até o momento.

---

---

---

---

---

---

---

2. Localize em um mapa a região citada no poema e busque informações a respeito da produção de minério de ferro nessa região.

---



---



---



---

## Atividade 2 – Impactos socioambientais da produção de outros metais

Foi proposta, no início do Caderno, uma pesquisa sobre os aspectos científico-tecnológicos, econômicos e socioambientais do processo de mineração e de produção de diversos metais para ampliar o estudo do tema. Neste momento, a pesquisa servirá de base para uma discussão sobre alguns desses aspectos na produção de metais.



VOCÊ APRENDEU?



1. Segundo dados da Cetesb sobre a qualidade do ar, deve ser decretado estado de alerta quando é atingida a concentração de  $3,4 \cdot 10^{-2}$  g de monóxido de carbono (CO) por metro cúbico de ar; nessa situação, fica impedida a circulação de veículos na área atingida, no período das 6 às 21 horas. Ao se decretar o estado de alerta, a quantidade de matéria, em mol, de CO por metro cúbico de ar é:

Dado – massas molares em g/mol: C = 12; O = 16

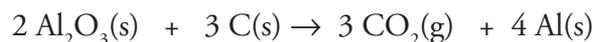
- a) 28      b) 1,0      c)  $1,2 \cdot 10^{-3}$       d)  $7,2 \cdot 10^{20}$       e)  $6,02 \cdot 10^{23}$

---



---

2. O alumínio é obtido da alumina ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ), extraída do minério bauxita pela reação com carbono, segundo a equação:



- a) Determine qual é a quantidade de matéria (mol) de  $\text{CO}_2$  produzida a partir de 408 g de  $\text{Al}_2\text{O}_3$ .

---

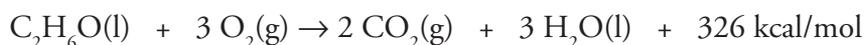


---

- b) Qual é a massa de Al obtida pela reação de 816 g de  $\text{Al}_2\text{O}_3$  com carbono?

Dado – massas molares em g/mol: Al = 27; O = 16; C = 12

3. A combustão do etanol (álcool combustível) libera 326 kcal/mol de etanol, como mostra a equação química:



Dado – massa molar do etanol: 46 g/mol

A energia liberada na queima de 552 g desse combustível é igual a aproximadamente:

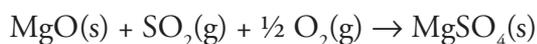
- a)  $3,2 \cdot 10^2$  kcal      b) 1,7 kcal      c)  $6,0 \cdot 10^{23}$  kcal  
 d)  $2,0 \cdot 10^3$  kcal      e)  $3,9 \cdot 10^3$  kcal

4. (Fuvest – 1994) O Brasil produz, por ano, aproximadamente,  $5,0 \cdot 10^6$  toneladas de ácido sulfúrico,  $1,2 \cdot 10^6$  toneladas de amônia e  $1,0 \cdot 10^6$  toneladas de soda cáustica. Transformando-se toneladas em mols, a ordem decrescente de produção dessas substâncias será:

Dado – massas molares em g/mol:  $\text{H}_2\text{SO}_4 = 98$ ;  $\text{NaOH} = 40$ ;  $\text{NH}_3 = 17$

- a)  $\text{H}_2\text{SO}_4 > \text{NH}_3 > \text{NaOH}$       b)  $\text{H}_2\text{SO}_4 > \text{NaOH} > \text{NH}_3$       c)  $\text{NH}_3 > \text{H}_2\text{SO}_4 > \text{NaOH}$   
 d)  $\text{NH}_3 > \text{NaOH} > \text{H}_2\text{SO}_4$       e)  $\text{NaOH} > \text{NH}_3 > \text{H}_2\text{SO}_4$

5. (Fuvest – 1994) Uma das maneiras de impedir que o  $\text{SO}_2$ , um dos responsáveis pela “chuva ácida”, seja liberado para a atmosfera é tratá-lo previamente com óxido de magnésio, em presença de ar, como equacionado a seguir:

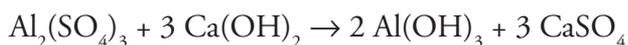


Quantas toneladas de óxido de magnésio são consumidas no tratamento de  $9,6 \cdot 10^3$  toneladas de  $\text{SO}_2$ ?

Dado – massas molares em g/mol:  $\text{MgO} = 40$ ;  $\text{SO}_2 = 64$

- a)  $1,5 \cdot 10^2$                       b)  $3,0 \cdot 10^2$                       c)  $1,0 \cdot 10^3$   
 d)  $6,0 \cdot 10^3$                       e)  $2,5 \cdot 10^4$
- 
- 
- 

6. (Fuvest – 1993) Nas estações de tratamento de água, eliminam-se as impurezas sólidas em suspensão através do arraste por flóculos de hidróxido de alumínio, produzidos na reação representada por:

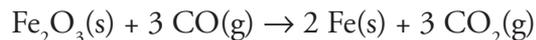
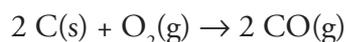


Para tratar  $1,0 \cdot 10^6 \text{ m}^3$  de água foram adicionadas 17 toneladas de  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ . Qual é a massa de  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  necessária para reagir completamente com esse sal?

Dado – massas molares:  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 = 342 \text{ g/mol}$ ;  $\text{Ca}(\text{OH})_2 = 74 \text{ g/mol}$

- a) 150 quilogramas                      b) 300 quilogramas                      c) 1,0 tonelada  
 d) 30 toneladas                      e) 11 toneladas
- 
- 

7. (Fuvest – 1992) Duas das reações que ocorrem na produção do ferro são representadas por:



O monóxido de carbono formado na primeira reação é consumido na segunda reação. Considerando apenas essas duas etapas do processo, calcule a massa aproximada, em quilograma, de carvão consumido na produção de 1,0 t de ferro.

Dado – massa atômica: Fe = 56; C = 12; O = 16

---



---



---

8. A combustão completa do propano ( $\text{C}_3\text{H}_8$ ), um dos principais componentes do gás de cozinha, produz  $\text{CO}_2$  e água.

a) Escreva a equação balanceada dessa reação.

---

b) Qual é a quantidade de água, em mol, formada pela combustão de 4 mol de propano? Essa quantidade de água corresponde a que valor de massa?

Dado – massa molar:  $\text{H}_2\text{O} = 18 \text{ g/mol}$

---

---

c) Sabendo-se que a massa molar do  $\text{CO}_2$  é 44 g/mol, qual é a massa de  $\text{CO}_2$  formada quando são utilizadas  $12,0 \cdot 10^{23}$  partículas de propano?

---

---

9. Conhecendo a reação de produção do ferro, qual seria a massa de ferro obtida quando 100 kg de óxido de ferro III são adicionados no alto-forno para interagir com os outros reagentes existentes nas quantidades necessárias?

---

---

---

10. No experimento realizado entre solução de hidróxido de sódio e alumínio, inclua o valor da energia na representação da transformação química ocorrida.

---

---



## PARA SABER MAIS

### Livros

- CANTO, Eduardo Leite. *Minérios, minerais, metais: de onde vêm, para onde vão?* São Paulo: Moderna, 1997.
- ESPERIDIÃO, Yvone Mussa; NÓBREGA, Olímpio. *Os metais e o homem*. São Paulo: Ática, 2002. Ambos são livros paradidáticos com informações sobre a obtenção e o uso de diversos metais, podendo ser fonte de pesquisas para os seminários.

Sites

- CETEM. Centro de Tecnologia Mineral. Disponível em: <<http://www.cetem.gov.br/instituicao.htm>>. Acesso em: 14 maio 2010.
- DEPARTAMENTO Nacional de Produção Mineral. Disponível em: <<http://www.dnpm.gov.br>>. Acesso em: 14 maio 2010. Os dois sites apresentam dados de produção nacional de diversos metais e exploração dos minérios.
- PNEUMOCONIOSES. Disponível em: <<http://anatpat.unicamp.br/tapneumocon.html>>. Acesso em: 14 maio 2010. Traz informações sobre diversas doenças pulmonares, algumas provocadas pelo processo de mineração.
- PROCOPRE. Disponível em: <<http://www.procopre.org/pr/index.html>>. Acesso em: 14 maio 2010. Traz diversas informações sobre o cobre, sua produção, notícias etc.

Tabela periódica

© Claudio Ekpinskas

1 1A	2 2A	Elementos de transição										13 3A	14 4A	15 5A	16 6A	17 7A	18 8A							
1 1H Hidrogênio	2 4Be Berílio	3 11Na Sódio	4 12Mg Magnésio	5 19K Potássio	6 20Ca Cálcio	7 21Sc Escândio	8 22Ti Titânio	9 23V Vanádio	10 24Cr Cromio	11 25Mn Manganês	12 26Fe Ferro	13 27Co Cobalto	14 28Ni Níquel	15 29Cu Cobre	16 30Zn Zinco	17 31Ga Gálio	18 32Ge Germânio	19 33As Arsênio	20 34Se Selênio	21 35Br Bromo	22 36Kr Criptônio	23 53I Iodo	24 54Xe Xenônio	25 86Rn Radônio

Legenda:  Metais  Não metais  Gases nobres

Massa atômica Símbolo Nº atômico Nome do elemento * Elétrons nas camadas	<b>Série dos Lantanídeos</b> 57 La Lantânio, 58 Ce Cério, 59 Pr Praseodímio, 60 Nd Neodímio, 61 Pm Promécio, 62 Sm Samário, 63 Eu Európio, 64 Gd Gadolínio, 65 Tb Térbio, 66 Dy Disprósio, 67 Ho Hólmio, 68 Er Érbio, 69 Tm Túlio, 70 Yb Íterbio, 71 Lu Lutécio										
	<b>Série dos Actinídeos</b> 89 Ac Actínio, 90 Th Tório, 91 Pa Protactínio, 92 U Urânio, 93 Np Netúnio, 94 Pu Plutônio, 95 Am Americio, 96 Cm Cúrio, 97 Bk Berquélio, 98 Cf Califórnio, 99 Es Einstênio, 100 Fm Férmio, 101 Md Mendelévio, 102 No Nobélio, 103 Lr Laurécio										