

**Universidade Federal de Minas Gerais  
Faculdade de Educação**

**CECIMIG**

**A ABORDAGEM DE ENSINO POR INVESTIGAÇÃO NAS  
ATIVIDADES EXPERIMENTAIS DE ELETROQUÍMICA DOS LIVROS  
DIDÁTICOS DO PNLD2015**

Vandeir de Assis Justo

Belo Horizonte

2016

**Vandeir de Assis Justo**

**A ABORDAGEM DE ENSINO POR INVESTIGAÇÃO NAS  
ATIVIDADES EXPERIMENTAIS DE ELETROQUÍMICA DOS LIVROS  
DIDÁTICOS DO PNLD2015**

**Trabalho de Conclusão de Curso  
apresentado ao Curso de Especialização  
ENCI-UAB do CECIMIG FAE/UFMG,  
como requisito parcial para obtenção de  
título de Especialista em Ensino de Ciências  
por Investigação.**

**Orientador: Professor Doutor Carlos  
Eduardo Porto Villani**

Belo Horizonte

2016

Vandeir de Assis Justo

A ABORDAGEM DE ENSINO POR INVESTIGAÇÃO NAS ATIVIDADES  
EXPERIMENTAIS DE ELETROQUÍMICA DOS LIVROS DIDÁTICOS DO PNLD2015

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado  
ao Curso de Especialização ENCI-UAB do  
CECIMIG FAE/UFMG, como requisito parcial  
para obtenção de título de Especialista em  
Ensino de Ciências por Investigação.

Data de aprovação: \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_

**MEMBROS COMPONENTES DA BANCA EXAMINADORA:**

---

Prof. Doutor Arjuna Casteli Panzera  
FAE / UFMG

---

Prof. Doutor Carlos Eduardo Porto Villani  
FAE / UFMG

**Local:** Belo Horizonte, MG, Fevereiro / 2016

## **DEDICATÓRIA**

Dedico este trabalho a minha esposa pelo incentivo e apoio constantes principalmente em momentos de dificuldades e a todos os meus familiares.

## **AGRADECIMENTOS**

Ao Pai por ter possibilitado a chegada até aqui.

Aos meus familiares, que me auxiliaram e conduziram minha caminhada até aqui baseado em valores e princípios fundamentais ao convívio em sociedade.

Aos tutores do ENCI e todos os envolvidos no Programa de Pós graduação que contribuíram significativamente em minha qualificação quanto a pratica de ensino ampliando minha visão e conhecimento sobre o ensino de ciências da natureza. O ENCI proporcionou, a mim, mudanças significativas quanto ao exercício da docência.

Ao Professor Doutor Carlos Eduardo Porto Villani que exerceu um papel de orientador na essência da palavra, mostrando o caminho a seguir com muita paciência e competência.

## RESUMO

Esta monografia de conclusão de curso investigou o potencial das atividades experimentais de química para o Ensino de Química a partir de uma abordagem de Ensino por Investigação. Buscamos verificar se o Programa Nacional do Livro Didático - PNLD (2015) contempla o ensino de ciências por investigação em seu guia e em seus livros didáticos, com ênfase no ensino de Química na Educação Básica. O tema justifica-se pela sua relevância frente a determinados desafios enfrentados pela nossa sociedade. Acreditamos que ensinar ciências por investigação como estratégia de ensino, em sala de aula, pode contribuir para a formação de cidadãos críticos e detentores de saberes e competências relevantes para o exercício de sua cidadania. Trata-se de uma metodologia importante para promover a aquisição de conhecimentos científicos e formação de um aluno, cidadão proativo capaz de aplicar tanto os conhecimentos desta disciplina quanto habilidades e competências mais sofisticadas para resolverem problemas em sua vida cotidiana e profissional. No trabalho, delimitamos como objetivo geral identificar em que medida o Guia do Programa Nacional do Livro Didático – PNLD-2015 e os livros didáticos selecionados no programa contemplam características de Ensino por Investigação.

**Palavras-chave:** Ensino de Ciências; Ensino por Investigação; Livros Didáticos.

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Investigando uma pilha comum. Eduardo Fleury Mortimer, Andréa Horta Machado. Química Volume 2 Páginas 229 A 232. ....	37
Figura 2: Líquidos podem atacar metais? Química Cidadã. Página 246.....	47
Figura 3: Do pó ao cobre. Ser protagonista. Página: 263 .....	50
Figura 4: Trabalho em Equipe. Martha Reis Marques da Fonseca – Volume 2 Página 295.....	57
Figura 5: Eletrólise do Iodeto de Potássio. Martha Reis Marques da Fonseca – Volume 2 Página 301. ....	59
Figura 6: Classificação do potencial investigativo das atividades experimentais analisadas...	62

## ÍNDICE DE QUADROS

Quadro 1 Esquema de solução de problemas .....	19
Quadro 2: Termos associados à investigação (GRANDY e DUSCHEL, 2005).....	20
Quadro 3: Ensino de Ciências por Investigação. Enci D Página 9.....	21
Quadro 4: Descritores de Atividades Experimentais Investigativas .....	22
Quadro 5: Percentual de indicadores presentes nos blocos do Guia PNLD2015.....	28
Quadro 6: Descritores de Atividades Experimentais Investigativas. ....	31
Quadro 7: Obras PNLD2015 representadas pela Sigla e suas respectivas referências. ....	32
Quadro 8: Quadro de descritores da atividade 6 do livro LQ1.....	38
Quadro 9: Quadro de descritores da atividade presente no livro LQ2 página 246.....	48
Quadro 10: Quadro de descritores da atividade presente no livro LQ3 página 263.....	51
Quadro 11: Quadro de descritores da atividade presente no livro LQ4. ....	58
Quadro 12: Quadro de descritores da atividade presente no livro LQ4. ....	60

## SUMÁRIO

<b>1. APRESENTAÇÃO .....</b>	<b>10</b>
<b>2. A CONSTRUÇÃO DO PROBLEMA DE PESQUISA .....</b>	<b>13</b>
<b>3. REFERENCIAIS TEÓRICOS: AS CARACTERÍSTICAS DA ABORDAGEM DE ENSINO DE CIÊNCIAS POR INVESTIGAÇÃO .....</b>	<b>16</b>
<b>4. PROCEDIMENTOS E MÉTODOS .....</b>	<b>23</b>
<b>5. APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS .....</b>	<b>25</b>
5.1- Análises dos indicadores do Guia nacional do Livro Didático 2015 .....	26
5.2- Análises dos textos associados às atividades experimentais propostas nos livros didáticos de química selecionados no Guia do PNLD2015.....	30
<b>6. CONCLUSÕES .....</b>	<b>63</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>65</b>
<b>APÊNDICES.....</b>	<b>67</b>

## 1. APRESENTAÇÃO

Eu fui professor na Rede Estadual de Minas Gerais durante 10 anos, sempre lecionando a disciplina Química para as turmas de primeiro, segundo e terceiro anos do ensino médio da educação básica. No exercício da docência deparei-me com um conjunto complexo de fatores (infraestrutura, realidades sociais locais, planejamento pedagógico, etc...) que impactaram de alguma maneira, na qualidade de ensino praticada em sala de aula. Quanto ao quesito qualidade de ensino eu estava inquieto, insatisfeito, comigo mesmo, pois percebia que os alunos estavam assumindo em vários momentos uma postura passiva, demonstrando muitas vezes descaso, desinteresse para com a aprendizagem proposta nas aulas de química.

Não obstante me deparava com um índice muito alto de indisciplina o que gerava uma perda de tempo enorme tentando controlar os estudantes para iniciar as atividades em sala de aula; Talvez essa seja uma realidade social presente em várias escolas no Estado, mas comecei a questionar se a metodologia de ensino que eu utilizava estava coerente com o perfil de meus alunos. Como eu poderia amenizar essas dificuldades e promover um ensino capaz de motivar os estudantes a assumir uma postura ativa em seu processo de aprendizagem? Como fazê-los capazes de tomar decisões, de terem uma postura crítica diante da sociedade, de efetivamente participar de seu processo de aprendizagem em química? Como apresentar uma química diferente, dinâmica, mais atrativa? Quais recursos eu precisaria utilizar para que os estudantes se apropriassem de conhecimentos relacionados à disciplina química?

Apesar de estar ciente que apenas uma metodologia alternativa não seria suficiente para sanar todas essas dificuldades iniciei uma busca em vários materiais didáticos, revistas relacionadas à prática de ensino e tive uma surpresa grata quando encontrei um material que descrevia o funcionamento e caracterizava uma metodologia de “Ensino por Investigação”. Fiquei entusiasmado com a possibilidade de incorporar em minha prática de ensino uma metodologia que colocasse o aluno no centro do processo, que o desafiasse a solucionar um problema favorecendo o desenvolvimento de habilidades como observação, manipulação e interpretação de dados, possibilitando que os mesmos, assumissem uma postura ativa em sua aprendizagem.

Diante dessa possibilidade busquei ingressar no curso de Ensino de Ciências por Investigação promovido pela Faculdade de Educação na Universidade Federal de Minas Gerais (ENCI).

No ensino de química, as atividades experimentais são ferramentas que atuam como recursos pedagógicos na construção de conhecimentos, capacidades e habilidades. De acordo com Borges (2002) essas atividades podem ser utilizadas de várias maneiras para se alcançar os objetivos traçados pelo professor ou equipe pedagógica e apesar de sua grande variedade corroboramos com a posição do pesquisador que acredita que elas devam ser conduzidas de maneira investigativa, com algum grau de abertura.

O ensino promovido a partir da realização de atividades experimentais é respaldado por pesquisadores como Hodson (1988), que reforça que elas devem ser conduzidas de tal maneira que se possa alcançar resultados positivos em diferentes objetivos educacionais, tais como: demonstrar um fenômeno; ilustrar um princípio teórico; coletar dados; testar diferentes hipóteses; despertar o interesse e a curiosidade dos alunos; desenvolver habilidades de observação ou tomada de medidas; e adquirir destreza no trato com os aparatos experimentais.

Apesar de serem reconhecidas como muito importantes para o ensino de química, muitas vezes as atividades experimentais deixam de ser empregadas pelos professores nas escolas de ensino médio devido à crença de que elas devam ocorrer em bancadas nos laboratórios didáticos. Em laboratórios didáticos de química, essas atividades demandam do professor o uso de materiais de consumo com custo razoavelmente elevado para a maior parte das escolas públicas brasileiras, além de demandarem um tempo longo de preparo e manutenção de equipamentos e montagens experimentais. No entanto, muitas alternativas, de baixo custo, se fazem presentes para a realização de atividades experimentais nas escolas. De fato, os livros didáticos de ensino médio já incorporam seções de atividades experimentais que podem ser desenvolvidas tanto pelos alunos em casa quanto pelos professores em salas de aula.

O livro didático é um importante recurso pedagógico e está presente em praticamente todas as escolas da Rede Estadual de ensino de Minas Gerais e do Brasil. O mesmo contribui como uma ferramenta de apoio às atividades de ensino-aprendizagem auxiliando docentes e discentes a alcançarem objetivos educacionais planejados, tais como apropriação de conhecimentos, desenvolvimento de habilidades, competências e atitudes.

Encontramos nos livros didáticos de química uma gama de conhecimentos científicos, conceitos e procedimentos. Neles estão presentes também a relação ciência, tecnologia e sociedade, questões clássicas como experimentação, história da ciência e contextualização. Trata-se de um recurso muito importante para o desenvolvimento de diversas atividades com diferentes objetivos a serem alcançados e o professor possui um papel fundamental: o de mediador capaz de apresentar uma nova visão de ciência aos estudantes.

Muitas das vezes o livro didático é a principal fonte de recurso pedagógico utilizada pelo professor o que demanda uma avaliação criteriosa na sua escolha. Atualmente percebemos uma melhora significativa na qualidade dos livros didáticos, haja vista que os mesmos passam por um crivo avaliativo rigoroso composto por uma equipe de avaliadores, técnicos e leitores críticos os quais compõem o Programa Nacional do Livro Didático do Ministério da Educação: O PNLD. Este programa tem ajudado muito na melhora da qualidade dos livros presentes nas escolas públicas Brasileiras, no entanto, é fundamental que os professores tenham acesso a instrumentos que permitam a eles fazerem escolhas conscientes das diferentes propostas pedagógicas presentes nestes livros. Desta forma, os professores poderão escolher aqueles que apresentem uma visão mais compatível com as perspectivas de ensino que consideram mais apropriadas para serem utilizados em suas respectivas escolas.

Neste trabalho de monografia nos dedicamos a produzir um referencial teórico a partir de um estudo bibliográfico para avaliar em que medida as atividades experimentais presentes nos livros didáticos de química do PNLD 2015 apresentam características de Ensino de Ciências por Investigação.

Esta monografia apresenta no capítulo 2, as reflexões que nos levaram a identificar o problema de pesquisa em consonância com nossas reflexões e inquietações que nos levaram ao ENCI. No capítulo 3 discutem-se as características do Ensino por Investigação apresentadas na literatura em Ensino de Ciências que nos permitiram construir dois instrumentos de pesquisa. O primeiro é o próprio texto produzido ao longo do capítulo 3 e que nos permitiu analisar se o Guia do PNLD2015 continha elementos e recomendações aos professores sobre a abordagem de Ensino de Ciências por Investigação. O segundo instrumento foi construído usando o referencial teórico para compor um quadro com 6 (seis) descritores das características do Ensino por Investigação. Este quadro foi aplicado a todos os textos de atividades experimentais associados ao tema “Eletroquímica” apresentados nos livros selecionados do PNLD2015. O capítulo 4 expõe a organização dos procedimentos e

métodos de coleta de dados usados em nossa pesquisa. No capítulo 5 apresentamos as análises dos dados e os resultados encontrados em nossa investigação por meio de tabelas e gráficos comentados. Finalmente, no capítulo 6, fazemos as reflexões finais e as conclusões que obtivemos no estudo do problema de pesquisa desta monografia.

## **2. A CONSTRUÇÃO DO PROBLEMA DE PESQUISA**

Um dos objetivos principais do ensino de Ciências/Química deve ser ajudar os alunos a aprender como raciocinar cientificamente. Nessa perspectiva consideramos que uma maneira de facilitar o aprendizado é envolver os alunos em atividades de pesquisa, tais como a realização de atividades experimentais. A estrutura das atividades experimentais ajuda o estudante a identificar os aspectos em que essas tarefas de raciocínio são semelhantes e diferentes da pesquisa científica real. (National Research Council, 1996, apud CHINN e MANHORTA, 2000).

Mesmo com o avanço tecnológico presente na sociedade atual, o livro didático permanece com uma relevância destacada e significativa como instrumento pedagógico adotado pelos professores na Rede Estadual de ensino. Neste sentido, as atividades experimentais presentes nos livros didáticos de química podem despertar a curiosidade, o interesse dos alunos, bem como, motivá-los a participarem ativamente de sua própria aprendizagem. O objetivo das atividades experimentais deve ser fornecer um contexto no qual os alunos possam aprender a raciocinar cientificamente. (CHINN e MANHORTA, 2000). Desta forma, consideramos que ele deva ser utilizado como um recurso auxiliador no processo aprendizagem cabendo ao professor mediar, através da sua metodologia de ensino, o acesso dos alunos aos conhecimentos e as diferentes concepções de ciências presentes nos livros adotados para estes alunos.

Acreditamos que atividades experimentais mais próximas de uma perspectiva investigativa podem promover uma aprendizagem de química mais adequada e próxima do raciocínio científico. Nesse sentido, consideramos importante investigar as características das atividades experimentais propostas nos livros didáticos de Química do PNLD, procurando identificar aqueles nos quais as atividades investigativas se fazem mais presentes.

Diante disso, buscamos verificar se o Programa Nacional do Livro Didático - PNLD (2015) contempla a perspectiva de “Ensino de Ciências por Investigação” em seu guia e em seus livros didáticos, com ênfase no ensino de Química na Educação Básica. Para isso desenvolvemos instrumento de pesquisa e o utilizamos para investigar em que medida as atividades experimentais propostas nesses livros contemplam essa perspectiva de ensino no tema de ensino de química denominado “Eletroquímica”.

O tema “Eletroquímica” justifica-se pela sua relevância frente a determinados desafios enfrentados pela nossa sociedade. Acreditamos que ensinar este tema, na perspectiva de “Ensino de Ciências por Investigação”, como estratégia de ensino em sala de aula, promove a aquisição de conhecimentos científicos e pode contribuir para a formação de um aluno, cidadão proativo. Ao aprender eletroquímica na perspectiva investigativa o aluno é direcionado à resolução de um problema com inúmeras aplicações práticas em sua vida cotidiana e profissional, sendo capaz de descrever objetos, levantar questões, analisar dados, aplicar e testar ideias científicas, defender argumentos e expor suas ideias, utilizando determinados conceitos em diferentes contextos onde ele e o professor podem compartilhar sentidos comuns sobre um mesmo fenômeno. A compreensão dos conhecimentos científicos presentes no estudo da eletroquímica nos ajuda a atuar provocando ou prevenindo a ocorrência de fenômenos cotidianos tais como o enferrujamento de alguns metais e algumas aplicações práticas tais como a produção de (1) pilhas eletroquímicas, (2) placas eletrônicas, (3) metais tais como o alumínio, o cobre, entre outros, (4) commodities industriais, como o hidróxido de sódio, (5) enzimas com inúmeras aplicações na Biologia, e na operação de células solares, entre outros.

O problema que formulamos para orientar a pesquisa foi: em que medida os textos das atividades experimentais associadas ao tema “Eletroquímica” presentes nos livros didáticos do PNLD2015 apresentam potencial para o desenvolvimento de uma abordagem de Ensino por Investigação pelos professores do Ensino Médio?

Para respondermos a esta pergunta, fizemos uma pesquisa bibliográfica e construímos um referencial teórico sintetizando as principais características identificadas na literatura sobre Ensino de Ciências por Investigação. Este referencial foi utilizado para compreendermos se o Guia do PNLD2015 de química apresentava abertura para a utilização de uma abordagem de ensino de química por investigação. Outro aspecto relevante propiciado pela utilização do referencial teórico foi a construção de um novo instrumento de pesquisa: o

“Quadro de Descritores de Abordagens de Ensino de Ciências por Investigação” que foi utilizado para caracterizar em que medida as atividades experimentais relativas ao tema de “Eletroquímica” propostas nos livros didáticos de química do PNLD2015 possuem potencial para o desenvolvimento de uma abordagem de Ensino por Investigação nas salas de aula do Ensino Médio. No capítulo 3 apresentamos os referenciais teóricos estudados para caracterizar a abordagem de Ensino de Ciências por Investigação e o instrumento de análise desenvolvido a partir dele.

### **3. REFERENCIAIS TEÓRICOS: AS CARACTERÍSTICAS DA ABORDAGEM DE ENSINO DE CIÊNCIAS POR INVESTIGAÇÃO**

Alguns pesquisadores da área da educação, ao tratarem da definição do processo de ensino e aprendizagem das ciências, evidenciam em suas pesquisas que tal processo exige inevitavelmente a elaboração e participação direta dos alunos em algumas práticas de domínio dos cientistas de laboratório, ou seja, trata-se de uma medida fundamental para obter sucesso na produção e aquisição do saber científico.

Segundo Driver et al. (1999),

Aprender ciências não é uma questão de simplesmente ampliar o conhecimento dos jovens sobre os fenômenos – uma prática talvez mais apropriadamente denominada estudo da natureza – nem de desenvolver e organizar o raciocínio do senso comum dos jovens. Aprender ciências requer mais do que desafiar as ideias anteriores dos alunos mediante eventos discrepantes. Aprender ciências envolve a introdução das crianças e adolescentes a uma forma diferente de pensar sobre o mundo natural e de explicá-lo; tornando-se socializado, em maior ou menor grau, nas práticas da comunidade científica, com seus objetivos específicos, suas maneiras de ver o mundo e suas formas de dar suporte às assertivas do conhecimento (Driver et al., 1999, p.36).

Esta visão de ensino foi incorporada no Brasil ao longo do século XX quando foi dada grande importância à inclusão e aperfeiçoamento de projetos de ensino estrangeiros bem como a criação e desenvolvimento de projetos nacionais mais voltados para a prática científica incorporando-se gradativamente alguns aspectos das Ciências ao Ensino de Ciências.

Para Santos e Greca (2006 apud KONDER 1988), estes projetos iniciais de ensino tiveram a preocupação de proporcionar uma visão globalizada de cada campo e com os processos de sua produção e desenvolvimento realizados pelos cientistas. Segundo as autoras, a compreensão do que era ciência, sua produção e validação pela comunidade científica, encontrava-se fortemente apoiada na concepção positivista de ciência e na crença de que a aplicação de seus resultados pudesse resolver os graves problemas que afligiam a humanidade, e sobretudo prever e evitar que novos problemas surgissem.

De fato, várias pesquisas com o foco no processo ensino aprendizagem sugerem que os discentes aprendem com maior facilidade quando são colocados frente a investigações

científicas semelhantes às feitas em laboratórios científicos. (CARVALHO et al.,1998; AZEVEDO 2004; MUNFORD E LIMA, 2007).

Assim, embora seja quase consensual a importância de se aproximar o Ensino de Ciência da prática científica, reconhecemos que as escolas não têm tempo e recursos para reproduzir as tarefas e rotinas da pesquisa científica. Em vez disso, os educadores devem necessariamente desenvolver tarefas mais simples que podem ser realizadas dentro das limitações de espaço, tempo, dinheiro e especialização que existem na sala de aula de cada instituição de ensino. O objetivo é desenvolver tarefas de pesquisa escolar relativamente simples que, apesar de sua simplicidade, captem os importantes componentes do raciocínio científico. (IBID)

Entre as principais e mais recentes abordagens sugeridas para se aproximar o ensino de Ciências à prática científica estão a incorporação de novas abordagens de ensino tais como o “Ensino por Investigação”. No entanto, salientamos que a escola não tem o papel de reproduzir as atividades reais praticadas pelos cientistas, haja vista, que faltariam recursos estruturais, tecnológicos e intelectuais para tal. Aqui destacamos a importância de não confundirmos a abordagem de “Ensino de Ciências por Investigação” que se propõem na literatura em Ensino de Ciências para ser praticada nas escolas com a atividade de “Investigação Científica” desenvolvida pelos cientistas.

Partimos do pressuposto que ao ensinar ciências, em sala de aula, adotando uma abordagem de ensino aprendizagem por investigação, propiciamos aos discentes um ambiente favorável à aquisição de conhecimentos científicos. Trata-se de uma metodologia de ensino alternativa com excelente potencial para promover o desenvolvimento de habilidades científicas junto ao aluno. Segundo (MUNFORD E LIMA, 2007, p. 3) “as abordagens investigativas no ensino de ciências representariam um modo de trazer para a escola aspectos inerentes à prática dos cientistas”.

Munford e Lima (2007) abordam as diferenças entre as atividades realizadas nas academias científicas, instituições de pesquisa e aquelas praticadas na sala de aula. Para as autoras:

“O principal objetivo da escola é promover a aprendizagem de um conhecimento científico já consolidado, enquanto, por outro lado, o principal objetivo da ciência acadêmica é produzir novos conhecimentos científicos.”

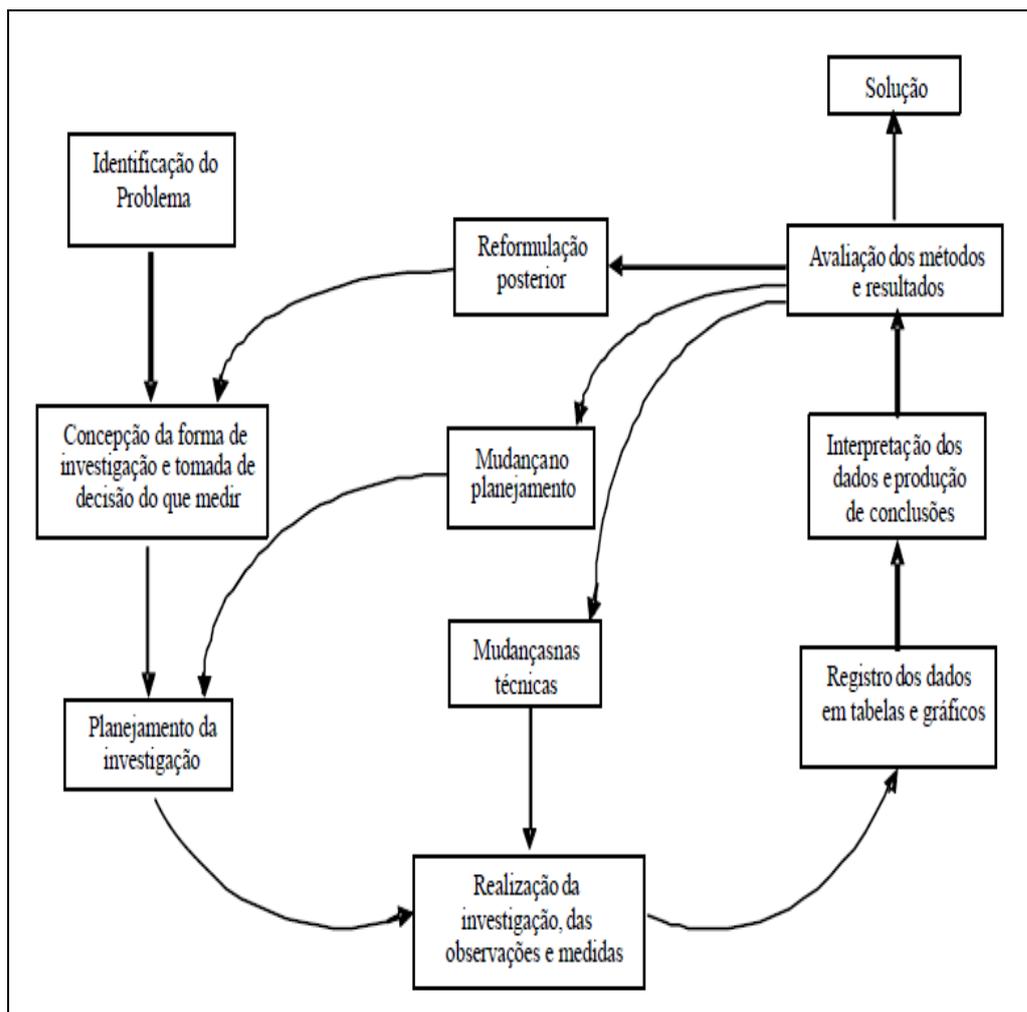
“Os cientistas contam com aportes tecnológicos e materiais, em geral, mais avançados, como equipamentos sofisticados, instalações apropriadas... Nas escolas, ao contrário disso contamos com uma infraestrutura bem mais limitada para realizar investigações e trabalhamos com “equipe” pouco experiente...”

As autoras ainda apontam aspectos favoráveis à aproximação entre o ensino de ciências e a Ciência dos Cientistas, para tanto, os alunos quando colocados frente as atividades de ensino por investigação devem:

- Participar com perguntas de orientação científica;
- Priorizar as evidências ao responder questões;
- Formular explicações a partir de evidências;
- Avaliar suas explicações em relação a alternativas que refletem o conhecimento científico;
- Comunicar e justificar as explicações propostas.

No trabalho de Gott e Duggan (1995, IBID) há a discriminação efetiva das etapas e processos que devem estar presentes compondo as atividades focadas nas experiências por investigação. De acordo com estes autores, tais atividades devem orientar e demandar pela solução de um problema e exigindo dos estudantes um grau de autonomia mais elevado, bem como mais preparados para o enfrentamento de situações que não possuem em seu horizonte imediato soluções evidentes ou não conhecidas antes de o problema ser colocado.

Os mesmos pesquisadores elaboraram uma proposta de modelo de solução de problemas, a partir da descrição do que é produzido pelos alunos quando eles desempenham atividades escolares de investigação. Segundo eles, a intenção implícita nesse modelo seria elaborar uma descrição de uma abordagem interativa que promova autonomia para que o aluno consiga tomar decisões de forma contínua, remodelando-as sempre que for necessário. O quadro 3 mostra esse modelo.



Quadro 1 Esquema de solução de problemas

Fonte: Gott & Murphy, 1987, apud Gott & Duggan, 1995. In: Ferreira de Sá, 2009, p. 45.

Considera-se uma atividade com caráter investigativo aquela centrada no aluno, (Carvalho et al. 2004) que proporcione ao mesmo: autonomia e capacidade de solucionar problemas com base nos conhecimentos científicos, bem como levantar hipóteses, manipular e interpretar dados aguçando a observação, logo o aluno deixa de ser um mero observador passivo e passa a ter uma postura ativa envolvendo-se na própria aprendizagem.

SÁ (2009) chama nossa atenção para alguns termos, sintetizados no quadro 2, que são frequentemente encontrados em atividades que utilizam uma abordagem investigativa no Ensino de Ciências. A autora também destaca o caráter desafiador destes termos que estão associados a tal processo de ensino.

• Propor questões	• Refinar modelos
• Refinar questões	• Comparar teorias alternativas com dados
• Avaliar questões	• Propor explicações
• Planejar experimentos	• Comparar modelos alternativos
• Refinar experimentos	• Apresentar argumentos para contrapor modelos e teorias
• Interpretar experimentos	• Fazer previsões
• Fazer observações	• Registrar dados
• Coletar dados	• Organizar dados
• Representar dados	• Discutir dados
• Analisar dados	• Discutir teorias e modelos
• Relacionar dados com hipóteses, modelos e teorias	• Explicar teorias e modelos
• Formular hipóteses	• Escrever sobre os dados
• Aprender teorias	• Escrever sobre teorias e modelos
• Aprender modelos	• Interpretar dados
• Refinar teorias	• Interpretar teorias e modelos

**Quadro 2: Termos associados à investigação (GRANDY e DUSCHEL, 2005).**

Aguiar, Lima, Paula e Sá (2007) ainda descrevem algumas características consideradas necessárias para que atividades de ensino aprendizagem sejam consideradas investigativas sob a ótica de tutores e coordenadores do curso de Especialização em Ensino de Ciências por Investigação (ENCI) concebido pela equipe do Centro de Ensino de Ciências e Matemática da Universidade Federal de Minas Gerais (CECIMIG/FAE/UFMG).

- As atividades investigativas valorizam a autonomia e desencadeiam debates.
- As atividades investigativas partem de situações que os alunos podem reconhecer e valorizar como problemas.

- O que faz o ensino investigativo é mais o ambiente de ensino aprendizagem do que as atividades em si mesmas.
- A atividade investigativa coordena teorias e evidências
- Atividades investigativas **não são necessariamente** experimentais. (grifo nosso)

Finalmente, reproduzimos no quadro 3, abaixo, as principais características das atividades investigativas sob o ponto de vista da equipe do ENCI.

<b>Características das atividades investigativas</b>	<b>Comentários sobre as características</b>
<b>Construir um problema</b>	O problema formulado deve instigar e orientar o trabalho do aluno e do professor com o aluno. No caso de uma situação problema ser apresentada pelo professor é importante que ela seja reconhecida como problema pelos alunos, o que implica criar oportunidades para que eles explorem as idéias que têm, confrontem suas idéias com outras novas, duvidem, questionem e se engajem na busca de uma resposta para a situação-problema.
<b>Valorizar o debate e a argumentação</b>	Se existe um problema autêntico, provavelmente, existe uma diversidade de pontos de vista sobre como abordá-lo ou resolvê-lo. Por isso, é natural que uma situação-problema desencadeie debates e discussões entre os estudantes. Temos evidências que as ações de linguagem produzidas nessas circunstâncias envolvem afetivamente os estudantes.
<b>Propiciar a obtenção e a avaliação de evidências</b>	O termo evidências refere-se ao conjunto de observações e inferências que supostamente dão sustentação a uma determinada proposição ou enunciado (Paula, 2004a). Processos de experimentação e observação controlada normalmente são dirigidos à busca e à avaliação de evidências. As atividades de investigação conduzem a resultados que precisam ser sustentados por evidências. Tais evidências devem sobreviver às críticas.
<b>Aplicar e avaliar teorias científicas</b>	POZO & GOMEZ CRESPO (1999) realizam uma síntese das pesquisas sobre concepções alternativas dos estudantes e de suas diferenças epistemológicas em relação às teorias científicas. Uma dessas diferenças diz respeito ao caráter mais abstrato, formal e logicamente coerente das teorias científicas em relação às teorias de senso comum. A apropriação do conhecimento científico pelos estudantes depende da criação de situações em que esse conhecimento possa ser aplicado e avaliado na solução de problemas. Essas situações são criadas em atividades de investigação.
<b>Permitir múltiplas interpretações</b>	Quando formulamos um problema temos uma expectativa inicial que pode ser negada ou confirmada mediante a obtenção da resposta. Nossas expectativas ou hipóteses desempenham um papel muito importante em atividades de investigação, pois, dirigem toda a nossa atenção, fazendo com que observemos e consideremos determinados aspectos da realidade enquanto ignoramos outros (Paula, 2004b). A diversidade de perspectivas e expectativas que podem ser mobilizadas em uma atividade de investigação permite múltiplas interpretações de um mesmo fenômeno e o processo de produção de consensos e negociação de sentidos e significados dá lugar a uma apropriação mais crítica e estruturada dos conhecimentos da ciência escolar

Quadro 3: Ensino de Ciências por Investigação. Enci D Página 9.

Reconhecemos que partir de situações problemas é o ponto chave para o desenvolvimento de uma atividade investigativa: é o problema que vai orientar todo o processo de ensino. O mesmo deve fazer sentido e ser encarado como algo a ser investigado pelos discentes. Segundo, (Carvalho et al. 2004) uma atividade investigativa deve propiciar ao aluno um ambiente de reflexão e discussão. Neste sentido, a partir do estudo das características das atividades investigativas elaborado acima, construímos um instrumento “O Quadro com Descritores de Atividades Experimentais Investigativas” (Quadro 4) que aplicamos aos textos das atividades experimentais simples do tema de “eletroquímica” propostos nos livros didáticos de química selecionados no PNLD2015. Nosso objetivo com o desenvolvimento do instrumento foi analisar com maior profundidade a influência da abordagem investigativa nos livros didáticos de química.

<b>Obra</b>		
<b>Descritores</b>	<b>SIM</b>	<b>NÃO</b>
ATIVIDADE xxx PAG. xxx A xxxx – Ax		
Apresenta uma problematização		
Inicia a atividade a partir de um questionamento		
Exige do aluno levantamento de hipóteses		
Exige do aluno coleta e análise de dados		
Potencializa um ambiente de debates e discussões		
Exige do aluno aplicação de conhecimentos próprios da ciência		
Exige a formulação de resposta ao questionamento inicial e relato dos resultados		

**Quadro 4: Descritores de Atividades Experimentais Investigativas**

No capítulo 4, apresentamos os objetos de pesquisa e os procedimentos e métodos que empregamos para realizar as análises dos textos do Guia do PNLD2015 e das atividades experimentais propostas nos livros didáticos de química selecionados no referido programa.

## 4. PROCEDIMENTOS E MÉTODOS

Escolhemos dois objetos de pesquisa nesta monografia: (1) o texto do Guia do PNLD de química de 2015 e (2) os textos das atividades experimentais associadas ao tema “eletroquímica” propostas nos 4 (quatro) livros didáticos de química selecionados no PNLD2015. A escolha destes objetos se justifica pelo alcance deste material que se destaca como recurso didático nas escolas de ensino médio de Minas Gerais e do Brasil.

De fato, os livros didáticos continuam a ser uma influência importante nos currículos de ciências por terem grande circulação entre professores e estudantes do ensino médio. Além disso, os tipos de atividades experimentais simples encontradas nos textos dos livros didáticos de ciências são prevalentes em muitos outros materiais utilizados na instrução científica. Muitas vezes estes materiais se tornam o único contato de alunos com propostas de atividades experimentais em escolas estaduais onde os recursos materiais e o tempo destinado a preparação de aulas práticas é cada vez mais escasso. Neste trabalho buscamos identificar em que medida tais textos incorporam ou possuem potencial para desencadear uma abordagem de Ensino de Ciências por Investigação.

Focamos nossa análise nas atividades classificadas como experimentais e não avaliamos questões e exercícios classificados como fixação de conhecimento, bem como, questões provenientes de exames de vestibulares diversos. De acordo com os objetos de pesquisa selecionados, analisamos os indicadores presentes no Guia do PNLD2015 considerando as principais características apontadas no capítulo 3 desta monografia. Utilizamos os seguintes procedimentos e métodos para atingirmos o objetivo desta pesquisa e respondermos a pergunta formulada no capítulo 2 da monografia:

- a) Selecionamos o Guia e as coleções de todos os livros de química aprovados no PNLD2015.
- b) Avaliamos todos os indicadores apresentados no Guia do PNLD2015 e que foram utilizados para realizar a avaliação dos livros didáticos de química deste programa. Nesta análise buscamos identificar se as características de “Ensino de Ciências por Investigações” apresentadas em nossos referenciais teóricos (capítulo 3) se faziam presentes nestes indicadores.

- c) Realizamos uma leitura dos índices de todos os livros didáticos do PNLD2015 e selecionamos todos os capítulos que abordavam questões associadas ao tema “Eletroquímica” nos referidos livros.
- d) Fizemos uma leitura inicial de todos os capítulos selecionados e destacamos as atividades experimentais associadas ao tema “Eletroquímica” como um segundo objeto de pesquisa da monografia.
- e) Aplicamos o Quadro de Descritores de Atividades de Investigação” a cada uma das atividades experimentais selecionadas nos livros didáticos de química do PNLD2015 tabulando-as em quadros individuais.
- f) Criamos 4 (quatro) gráficos de barras a partir dos quadros tabulados buscando quantificar a medida do potencial investigativo de cada um dos livros didáticos analisados.

## 5. APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Antes de iniciarmos nossas análises sobre as características de Ensino por Investigação presentes nos textos do Guia e das atividades experimentais de “Eletroquímica” propostas nos livros didáticos de química do PNL2015, destacamos que de acordo com o material estudado durante o curso Ensino de Ciências por investigação- FaE UFMG, na disciplina ENCI B, cabe ao professor, durante o desenvolvimento das aulas escolher considerando grau de autonomia e experiências cotidianas de seus alunos dentre três tipos de atividades investigativas: investigação estruturada, semi estruturada e aberta.

Numa investigação estruturada o docente participa de todo o processo de desenvolvimento orientando os alunos, desde a escolha de um problema a ser investigado, passando também pelo fornecimento de materiais e procedimentos para condução de um experimento. Finalmente o professor faz o direcionamento e a condução dos alunos para a formulação de uma resposta ao problema investigado previamente selecionado.

Na investigação semi-estruturada a interferência do professor é menor, ele também apresenta um problema e direciona os alunos à escolha de materiais para execução, contudo são os discentes que produzirão as conclusões que respondem as questões e o problema investigado. O professor não assume uma ação direta nesse momento.

Numa investigação aberta os alunos possuem um alto grau de autonomia tanto para apresentar um problema, quanto para propor questões e escolher os materiais e procedimentos de investigação para se chegar as conclusões que em geral podem ser bastante diferentes para o mesmo problema investigado.

É importante ainda ressaltar quanto aos itens escolhidos para classificar um atividade com cunho investigativo que a produção de hipóteses em uma investigação escolar é essencial, mas nem sempre aparece explicitamente. No mesmo material da disciplina ENCI B encontramos:

...Em uma atividade investigativa escolar, os estudantes podem não dispor de meios para produzir respostas provisórias às questões a serem investigadas e o professor pode, intencionalmente, se eximir de fazê-lo, para não influenciar, precipitadamente, no raciocínio e nas conclusões a serem elaboradas pelos alunos...

Separamos nossas análises em dois sub-tópicos distintos. Um para cada objeto investigado nesta monografia.

### **5.1- Análises dos indicadores do Guia nacional do Livro Didático 2015**

No Guia do PNLD2015 de Química os indicadores de avaliação do componente curricular estão presentes em 06 blocos de avaliação: Projeto Editorial; Observância da Legislação brasileira; Abordagem teórico-metodológica e proposta didático-pedagógica; Correção e atualização de conceitos, informações e procedimentos; Manual do Professor; Análise do conteúdo digital. Os blocos de avaliação apresentam a seguinte configuração:

#### Bloco 1: Projeto Editorial

“Adequação da estrutura editorial e do projeto gráfico aos objetivos didático-pedagógicos da obra”.

#### Bloco 2: Legislação E Cidadania

“Respeito à legislação, às diretrizes e às normas oficiais relativas ao Ensino Médio (Constituição Brasileira; ECA, LDB 1996; DCNEM; Resoluções e Pareceres do CNE) ”.

#### Bloco 3: Abordagem Teórico-Metodológica E Proposta Didático-Pedagógica

“Coerência e adequação da abordagem teórico-metodológica em relação ao conhecimento químico escolar destinado ao Ensino Médio”.

#### Bloco 4: Correção e Atualização de Conceitos, Informações E Procedimentos

“Atualização de conceitos, informações e procedimentos no conteúdo da obra”.

#### Bloco 5: Manual do Professor

“Adequação do Manual do Professor à obra didática, do ponto de vista teórico-metodológico”.

#### Bloco 6: Análise do Conteúdo Digital

Possui uma ficha própria para avaliar as obras digitais e não fará parte de nossa análise.

Ao analisar os indicadores de avaliação que compõem cada bloco identificamos aqueles que apresentam características de ensino por investigação. As análises estão amparadas nos referenciais teóricos apresentados no capítulo 3 da monografia.

São eles:

### **Bloco 2: Legislação E Cidadania**

Apresenta nove indicadores e encontramos dois que contemplam características de ensino por investigação, um percentual aproximado de 22%.

- ✓ “A obra favorece a autonomia intelectual e o pensamento crítico (LDB/DCNEM)? ”
- ✓ “A obra adota metodologias de ensino e de avaliação que estimulam a iniciativa dos estudantes (LDB – artigo 36o parágrafo 2º)? ”

### **Bloco 3: Abordagem Teórico Metodológica e Proposta Didático Pedagógica**

Diz respeito à coerência e adequação da abordagem teórico-metodológica em relação ao conhecimento químico escolar destinado ao ensino médio e é composto por treze indicadores, dos quais, cinco apresentam características de ensino por investigação, logo um percentual aproximado de 38%.

- ✓ “A obra propõe atividades que articulem diferentes disciplinas, aprofundando as possibilidades de abordagem e compreensão de questões relevantes para o alunado do Ensino Médio?”
- ✓ “A obra estimula o aluno para que desenvolva habilidades de comunicação científica, inclusive na forma oral, propiciando leitura e produção de textos diversificados, bem como, gráficos, tabelas, mapas, cartazes etc.?”
- ✓ “A obra apresenta, em suas atividades, uma visão de experimentação que se alinha com uma perspectiva investigativa, favorecendo a apresentação de

situações-problema que fomentem a compreensão dos fenômenos, bem como a construção de argumentações?”

- ✓ “A obra evita a compartimentalização dos conceitos centrais da Química, abordando-os em diferentes contextos e/ou situações do cotidiano? ”
- ✓ “A obra articula os conteúdos da disciplina em jogo, com a área de conhecimento a que pertence, estabelecendo conexões também com as demais áreas e com a realidade?”

### **Bloco 5: Manual do Professor**

No quesito, adequação do manual do professor, a obra didática, do ponto de vista teórico-metodológico, apresenta oito indicadores, dos quais, dois contemplam características de ensino por investigação no que resulta em 25%.

- ✓ “Oferece ao professor diferentes possibilidades de leitura de literatura de ensino de Química, com problematizações a respeito do processo ensino-aprendizagem, bem como sugestões de atividades pedagógicas complementares”.
- ✓ “Apresenta uma proposta pedagógica que compreenda o papel mediador do professor de Química, assumindo sua especificidade e a condução das atividades didáticas numa perspectiva de rompimento com visões de ciência meramente empiristas e indutivistas”.

Para sintetizar os resultados encontrados, apresentamos um quadro contendo o percentual de indicadores presentes em cada bloco no Guia do PNLD2015, os quais, contemplam características de atividades investigativas

<b>PNLD DE QUÍMICA 2015</b>	
<b>BLOCO</b>	<b>% INDICADORES CUNHO INVESTIGATIVO</b>
Legislação e Cidadania	22
Abordagem Teórico Metodológica e Proposta Didático Pedagógica	38
Manual do Professor	25

**Quadro 5: Percentual de indicadores presentes nos blocos do Guia PNLD2015.**

Além dos indicadores analisados encontramos no PLND 2015 critérios de avaliação, importantes, que funcionaram como base para avaliar os livros didáticos considerando o componente curricular da disciplina química.

“A avaliação das obras inscritas no PNLD 2015 foi realizada com base em critérios definidos previamente em Edital, num contexto curricular condizente com as questões contemporâneas do ensino e da Educação. Há critérios eliminatórios comuns, que estabelecem o respeito à legislação, às diretrizes e às normas oficiais relativas ao ensino médio; à observância de princípios éticos necessários à construção da cidadania e ao convívio social republicano; à coerência e à adequação da abordagem teórico-metodológica assumida pela coleção, no que diz respeito à proposta didático-pedagógica explicitada e aos objetivos visados; à correção e à atualização de conceitos, informações e procedimentos; à adequação da estrutura editorial e do projeto gráfico aos objetivos didático-pedagógicos da coleção. Por outro lado, há critérios específicos para o componente curricular Química e comum à área de Ciências da Natureza, que se caracteriza como um conjunto de conhecimentos, práticas e habilidades voltadas à compreensão do mundo material nas suas diferentes dimensões”.

Considerou-se na avaliação das obras, no que diz respeito ao componente curricular de química, dez critérios importantes para avaliar o livro do aluno e quatro para avaliar o manual do professor. No universo dos 14 (quatorze) critérios aplicados encontramos cinco que apresentam características de ensino por investigação o que compreende um percentual aproximado de 36%.

Abaixo segue exemplos de alguns critérios avaliados os quais contemplam características de ensino por investigação. As análises estão amparadas nos referenciais teóricos apresentados no capítulo 3 da monografia.

- ✓ “Apresenta o conhecimento químico de forma contextualizada, considerando dimensões sociais, econômicas e culturais da vida humana, em detrimento de visões simplistas acerca do cotidiano, estritamente voltadas à menção de exemplos ilustrativos genéricos que não podem ser considerados significativos como vivência?”
  
- ✓ “Não apresenta atividades didáticas que enfatizam exclusivamente aprendizagens mecânicas, com a mera memorização de fórmulas, nomes e regras, de forma descontextualizada”.

- ✓ “Valoriza a constituição do conhecimento químico a partir de uma linguagem marcada por representações e símbolos especificamente significativos para essa ciência e que necessitam ser mediados na relação pedagógica”.

Encontramos ainda no GUIA PNLD 2015 um texto com o título: “QUESTÕES CLÁSSICAS NO ENSINO DE QUÍMICA NA RELAÇÃO COM OS LIVROS DIDÁTICOS” e extraímos partes que valorizam a utilização da experimentação no processo de ensino-aprendizagem com enfoque investigativo. Segue exemplos de trechos extraídos:

- ✓ “A experimentação é dimensão importante na construção do conhecimento químico”.
- ✓ “Atividades de experimentação no ensino precisam abranger investigações, envolvendo procedimentos de observação, testagem de métodos, registros sistemáticos e de construção de respostas a perguntas, principalmente aquelas propostas pelos estudantes”.
- ✓ “Abordagens que apresentam previamente conceitos teóricos, seguidas de experimentos para simples verificação desses conceitos, são pouco promissoras para aprendizagens com significado para os estudantes. Em geral, esses experimentos acrescentam pouco ou quase nada ao repertório cultural e científico dos alunos”.

Verificamos que o Guia do PNLD de química 2015 dá importância ou relevância a alguns aspectos que são fundamentais para um ensino ou atividade ser considerada investigativa.

## **5.2- Análises dos textos associados às atividades experimentais propostas nos livros didáticos de química selecionados no Guia do PNLD2015**

Para avaliarmos o potencial das atividades experimentais do tema eletroquímica propostas nos livros didáticos de cada uma das obras selecionadas no PNLD2015 utilizamos o “Quadro com Descritores de Atividades Experimentais Investigativas” (Quadro 4) que se encontra no capítulo 3 e que reproduzimos abaixo. Nosso objetivo foi tentar quantificar com

maior profundidade a presença e o potencial da abordagem investigativa nos livros didáticos de química deste programa de governo.

<b>Obra</b>		
<b>Descritores</b>	<b>SIM</b>	<b>NÃO</b>
ATIVIDADE xxx PAG. xxx A xxxx – Ax		
Apresenta uma problematização		
Inicia a atividade a partir de um questionamento		
Exige do aluno levantamento de hipóteses		
Exige do aluno coleta e análise de dados		
Potencializa um ambiente de debates e discussões		
Exige do aluno aplicação de conhecimentos próprios da ciência		
Exige a formulação de resposta ao questionamento inicial e relato dos resultados		

**Quadro 6: Descritores de Atividades Experimentais Investigativas.**

Aplicamos o quadro 4 a todos os textos de todas as atividades experimentais do tema “Eletroquímica” propostas em todos os livros indicados no PNLD2015. Para cada atividade realizada foi criado um quadro com os descritores presentes nas atividades.

Salientamos que uma atividade para ser considerada investigativa não precisa conter todos os descritores presentes no Quadro 4. Observamos que a condução da atividade mediada pelo docente é de extrema importância e que é ela que provavelmente definirá se a atividade será trabalhada com um enfoque investigativo, por isso estamos classificando o potencial investigativo de cada atividade, mas lembrando que outros fatores podem intervir na condução das mesmas.

Para tabular nossos resultados utilizamos as siglas presentes no quadro 6 e geramos um gráfico de barras horizontais no qual expressamos a quantidade de atividades experimentais do tema “eletroquímica” de cada livro didático de química selecionado no PNLD2015 que apresentava os descritores do quadro 4. Em seguida quantificamos o potencial investigativo de cada uma das obras analisadas.

Obras	
Sigla	Referências
LQ1	Eduardo Fleury Mortimer Andréa Horta Machado. 27622COL21. Coleção Tipo 1. Editora Scipione. 2ª edição 2013.
LQ2	Eliane Nilvana Ferreira de Castro; Gentil de Souza Silva; Gerson de Souza Mól; Roseli Takako Matsunaga; Salvia Barbosa Farias; Sandra Maria de Oliveira Santos; Siland Meiry França Dib; Wildson Luiz Pereira dos Santos. 27625COL21. Coleção Tipo 2. Editora AJS. 2ª edição 2013.
LQ3	Murilo Tissoni Antunes. 27635COL21. Coleção Tipo 1. Edições SM. 2ª edição 2013.
LQ4	Martha Reis Marques da Fonseca. 27621COL21. Coleção Tipo 1. Editora Ática. 1ª edição 2013.

**Quadro 7: Obras PNLD2015 representadas pela Sigla e suas respectivas referências.**

Para apresentação dos resultados optamos por expor uma descrição seguida de uma análise rápida das características da obra. Em seguida destacamos uma atividade do livro didático em questão e apresentamos uma análise feita com base no referencial teórico desenvolvido no capítulo 3. Finalmente apresentamos o resultado da tabulação da atividade analisada em um quadro de descritores preenchido como exemplo.

Por fim apresentamos o gráfico de barras do conjunto de atividades da obra. Em cada gráfico de barras foram identificadas e quantificadas as frequências com que cada descritor apareceu no conjunto total de atividades experimentais investigadas em cada uma das obras.

### **Obra LQ1**

De acordo com os autores:

A coleção fundamenta sua proposta teórico-metodológica entendendo que devem ser considerados os conhecimentos prévios dos alunos, e proporcionando a contextualização dos conhecimentos, a realização de atividades e projetos interdisciplinares, os trabalhos em grupo e a experimentação. As diversas atividades e os projetos propostos para serem realizados em grupo favorecem a interação entre estudantes, bem como o levantamento de hipóteses que serão trabalhadas nos textos que sucedem as atividades.

Pesquisamos no volume 2 o capítulo 5 “ Movimento de elétrons: uma introdução ao estudo da eletroquímica”. O livro trouxe as atividades no formato A1, A2, A3 e etc.; Encontramos seis atividades experimentais, (A1, A3, A4, A6, A7 e A8), as quais foram

objetos de nossa análise. Essas atividades são formadas por textos introdutórios, atividade experimental e questões para serem investigadas. Segue exemplo de uma atividade proposta e sua análise.

## atividade 6

### Investigando uma pilha comum

Atualmente, há uma infinidade de objetos que funcionam com a energia elétrica gerada por pilhas ou baterias descartáveis. Encontramos essas pilhas em todos os lugares: em supermercados, padarias, lojas de materiais eletrônicos, etc. Telefones celulares, brinquedos, relógios, rádios portáteis e lanternas são alguns exemplos de objetos cujo funcionamento depende de pilhas e baterias. O controle remoto do aparelho de TV funciona por tanto tempo com duas pilhas pequenas que, às vezes, essas se estragam, vazam e oxidam partes do controle remoto sem nos darmos conta e, ainda assim, o comando da TV funciona. Por isso, é recomendável trocá-las de seis em seis meses. Há muitos tipos de pilhas e baterias. Vamos considerar, nesta etapa, um tipo de pilha comum: a de óxido de zinco e manganês, também conhecida como **pilha de Leclanché**.

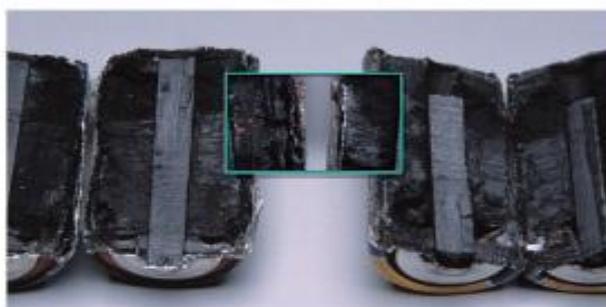


Figura 541  
Existem vários tipos de pilhas e baterias.

**Atenção:** Procure não jogar pilhas usadas no lixo doméstico. O descarte deve ser feito preferencialmente em local apropriado. Alguns estabelecimentos comerciais que possuem receptores de pilhas para descarte costumam se encarregar de receber esse tipo de lixo, para posterior encaminhamento aos fabricantes que farão o respectivo descarte da forma mais adequada.

## Abrindo uma pilha e identificando seus componentes

Vocês já devem ter percebido a diferença, no aspecto externo, entre uma pilha nova e uma usada, ao verificar, eventualmente, o vazamento de um material líquido e viscoso da pilha velha. Mesmo quando isso não é visível, contudo, é possível que esse material já tenha sido formado e esteja retido dentro da pilha, por causa da embalagem. Portanto,  **muito cuidado com vazamentos súbitos**, ao trabalhar com pilhas usadas. Para enriquecer suas observações, trabalhem com uma pilha nova e uma usada.



**Figura 542**  
Pilhas usadas e novas apresentam aspectos diferentes.

### Material

Pilhas não alcalinas novas e usadas, jornal, alicates com ponta de corte, luvas grossas de borracha.

- AL20** Preparem, em uma mesa ou equivalente, um espaço forrado de jornal.
- AL20** Observem o corpo da pilha. Ele tem a forma de um cilindro com uma das bases chatas. Fica mais fácil começar a abrir a pilha pela sua parte oposta, que apresenta uma protuberância. Tente m, com a ponta do alicate, levantar a bainha da capa metálica que contorna a pilha. Aqui a habilidade é mais importante do que a força.
- AL21** Exponham as partes da pilha aberta e façam um desenho das seções que a compõem, observando rigorosamente as partes. Com base nas informações do texto a seguir (*Os constituintes da pilha comum*), identifiquem todas as partes do desenho que fizeram.
- AL22** Terminada a operação, recolham separadamente as partes da pilha, colocando-as em recipientes específicos. Cada material deve ter um encaminhamento. Perguntem ao professor como fazê-lo.

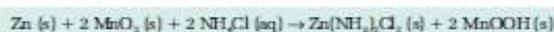
### Tenho um Dúvida!

É sempre bom evitar tocar em materiais que fazem desconhecidos. É preciso lembrar a natureza tóxica e perigosa de parte da parte que compõem a pilha. O zinco é um metal pesado e a parte residual pode conter substâncias tóxicas. No caso de contato direto com as substâncias produzidas na pilha já usada, lave com água em abundância e procure ajuda, procure um médico.

### Os constituintes da pilha comum

As pilhas comuns (não alcalinas) são pilhas de dióxido de manganês e zinco. A parte externa, que tem a forma cilíndrica, é feita de zinco, envolvida na superfície com um papel plastificado, em que a marca e outras informações compõem o rótulo. O interior desse recipiente é cheio de uma pasta escura e úmida de cloreto de amônio ( $\text{NH}_4\text{Cl}$ ) e cloreto de zinco ( $\text{ZnCl}_2$ ). Essa pasta fica em contato com uma mistura de dióxido de manganês ( $\text{MnO}_2$ ) e pó de grafita prensado, que envolve um bastão de grafita, disposto ao longo e no centro da pilha. No topo desse bastão fica uma tampinha metálica, feita de zinco, que constitui um dos contatos. Um pouco abaixo, dentro do corpo da pilha, pode existir uma arruela para manter o bastão de carbono na posição central. O fundo desse recipiente de zinco constitui o outro contato. A tampinha superior que está ligada ao carbono fica completamente isolada do cilindro externo da pilha que é de zinco, como já informamos.

Apesar do uso generalizado desse tipo de pilha, as reações são complexas e alguns detalhes ainda não foram completamente compreendidos. A reação global principal é:



Normalmente, a voltagem que se obtém com essa pilha é de aproximadamente 1,5 V.

Atualmente, foram desenvolvidas técnicas para a purificação do óxido de manganês ( $\text{MnO}_2$ ) usado em pilhas. O  $\text{MnO}_2$  eletrolítico, assim chamado depois de tratado, fica isento (ou quase) de metais como o cobre e outros mais, existentes no óxido natural. Esses metais, em contato com o zinco do corpo da pilha, destruíam-no rapidamente, pois reagiam facilmente com ele.

### A pilha alcalina

A pilha alcalina é bem parecida com a pilha comum. A diferença é que a pasta escura, que na pilha comum é feita de  $\text{NH}_4\text{Cl}$  e de  $\text{ZnCl}_2$ , na pilha alcalina é constituída por uma solução aquosa de hidróxido de potássio ( $\text{KOH}$ ) e óxido de zinco ( $\text{ZnO}$ ). Essa pasta é altamente cáustica.

A reação global para a pilha alcalina é:

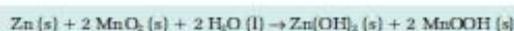


Figura 5.43  
Parte externa de uma pilha.



Figura 5.44  
Pilha comum.

## Descarte de pilhas

No Brasil, a Resolução 257 do Conselho Nacional de Meio Ambiente (Conama), publicada em 22 de julho de 1999, determina que pilhas comuns e alcalinas podem ser descartadas no lixo doméstico, sem qualquer risco ao meio ambiente. Isto é possível pois os fabricantes nacionais e os importadores legalizados já comercializam no mercado brasileiro pilhas que atendem perfeitamente às determinações do Conama no que se refere aos limites máximos de metais pesados que entram em sua constituição. De acordo com esta resolução, também podem ser dispostas no lixo doméstico as pilhas/baterias de:

- Níquel-Metal-Hidreto (NiMH): utilizadas em celulares, telefones sem fio, filmadoras e notebooks;
- Íon de lítio: utilizadas em celulares e notebooks;
- Zinco-ar: utilizadas em aparelhos auditivos;
- Lítio: equipamentos fotográficos, agendas eletrônicas, calculadoras, filmadoras, relógios, computadores, notebooks.

Além dessas, também podem ir para o lixo doméstico as pilhas/baterias especiais dos tipos "botão" e "miniatura", utilizadas em equipamentos fotográficos, agendas eletrônicas, calculadoras, filmadoras, relógios e sistemas de segurança e alarmes.

Devem ser encaminhadas aos fabricantes e importadores as pilhas/baterias de:

- Níquel/cádmio: utilizadas em alguns celulares, telefones sem fio e aparelhos que usam sistemas recarregáveis;
- Chumbo/ácido: utilizadas em veículos (baterias de carro, por exemplo) e pelas indústrias (comercializadas diretamente entre os fabricantes e as indústrias), além de algumas filmadoras de modelo antigo. Essas baterias já possuem um sistema de recolhimento e reciclagem, há muito tempo;
- Óxido de mercúrio: utilizadas em instrumentos de navegação e aparelhos de instrumentação e controle (são pilhas especiais que não são encontradas no comércio).

Informações tiradas de IBNET, Jorge Alberto Soares Tenório e ESPINOSA, Daniel de Souza Romano. Disponível em Ambiente Brasil <[http://ambiente.ambientebrasil.com.br/artigos.php?id\\_artigo=257](http://ambiente.ambientebrasil.com.br/artigos.php?id_artigo=257)> e destino das pilhas e baterias: reciclagem e destinação de pilhas e baterias.html - Acesso em: 24 out. 2012.

## projeto

### Pesquisa sobre baterias

Apresentamos, a seguir, alguns temas para um trabalho de pesquisa sobre baterias. Vocês devem escolher um deles:

- A bateria chumbo/ácido: seus componentes, o funcionamento, as principais reações do processo de gerar a carga.
- A bateria chumbo/ácido: origem da matéria-prima; destino dado ao chumbo e a outros materiais.
- A bateria chumbo/ácido: condições de trabalho dos empregados das fábricas e lojas que vendem e recarregam baterias.
- A bateria níquel/cádmio: seus componentes, o funcionamento, as principais reações do processo de gerar a carga.

- e) A bateria níquel-hídrido: origem da matéria-prima; destino final.  
 f) A bateria de íons lítio: seus componentes, o funcionamento, as principais reações do processo de gerar a carga.  
 g) A bateria de íons lítio: origem da matéria-prima; destino final.

- P1** Primeiramente, apresentem ao professor um planejamento do trabalho do grupo que envolva: consulta a livros, revistas, internet, etc., visitas, entrevistas, correspondência com empresas ou instituições que estejam envolvidas com o tema.  
**P2** Após a discussão e aprovação do planejamento pelo professor, desenvolvam o trabalho por escrito, anexando ilustrações, fotos e/ou outros materiais disponíveis. Não se esqueçam de indicar as fontes consultadas.  
**P3** Planejem e preparem, após conversa com o professor, uma apresentação oral para a turma sobre o trabalho realizado pelo grupo.

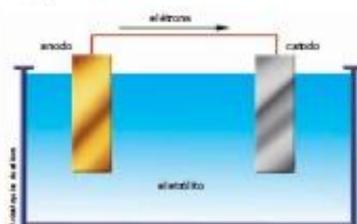
## atividade 7

### Um exemplo de eletrólise

A eletrólise é outro exemplo de reação de oxirredução que se passa numa célula eletroquímica, a exemplo do que ocorre com as pilhas e baterias. Ao contrário dessas, nas quais a energia elétrica é produzida, pois a reação de oxirredução é espontânea, no caso da eletrólise é necessário o fornecimento de energia para que a reação ocorra, pois ela não é espontânea. Para melhorar nossa compreensão desses sistemas, vamos discutir alguns conceitos.

Uma célula eletroquímica é normalmente composta por dois eletrodos, em que vão ocorrer as duas semirreações: uma de oxidação e outra de redução.

O eletrodo no qual ocorre a oxidação é chamado de anodo. O eletrodo em que ocorre a redução, catodo. Além desses eletrodos, a célula é composta ainda por um eletrólito, que é o meio (geralmente uma solução) em que estão imersos os eletrodos e é responsável pela condução da corrente elétrica, na forma de íons, do anodo para o catodo. Para fechar o circuito, há ainda uma ligação entre os eletrodos, por onde os elétrons migram do anodo para o catodo.



MOVIMENTO DE ELÉTRONS: UMA INTRODUÇÃO AO ESTUDO DA ELETRÓQUÍMICA. CAPÍTULO 5 233

Figura 5.45 Esquema de célula eletroquímica

5

**Figura 1: Investigando uma pilha comum. Eduardo Fleury Mortimer, Andréa Horta Machado. Química Volume 2 Páginas 229 A 232.**

Nessa atividade o professor apresenta, aos alunos, sete temas relacionados ao produto bateria, onde os mesmos devem escolher apenas um tema para pesquisa. A atividade em questão possui importantes características de ensino por investigação e contempla as principais já descritas, tais como, coleta e análise de dados, discussão, explanação de suas conclusões etc...

A atividade apresenta um potencial expressivo para gerar debates e discussões e pode possibilitar a promoção de um ambiente favorável para o aluno assumir uma postura ativa durante a realização da mesma.

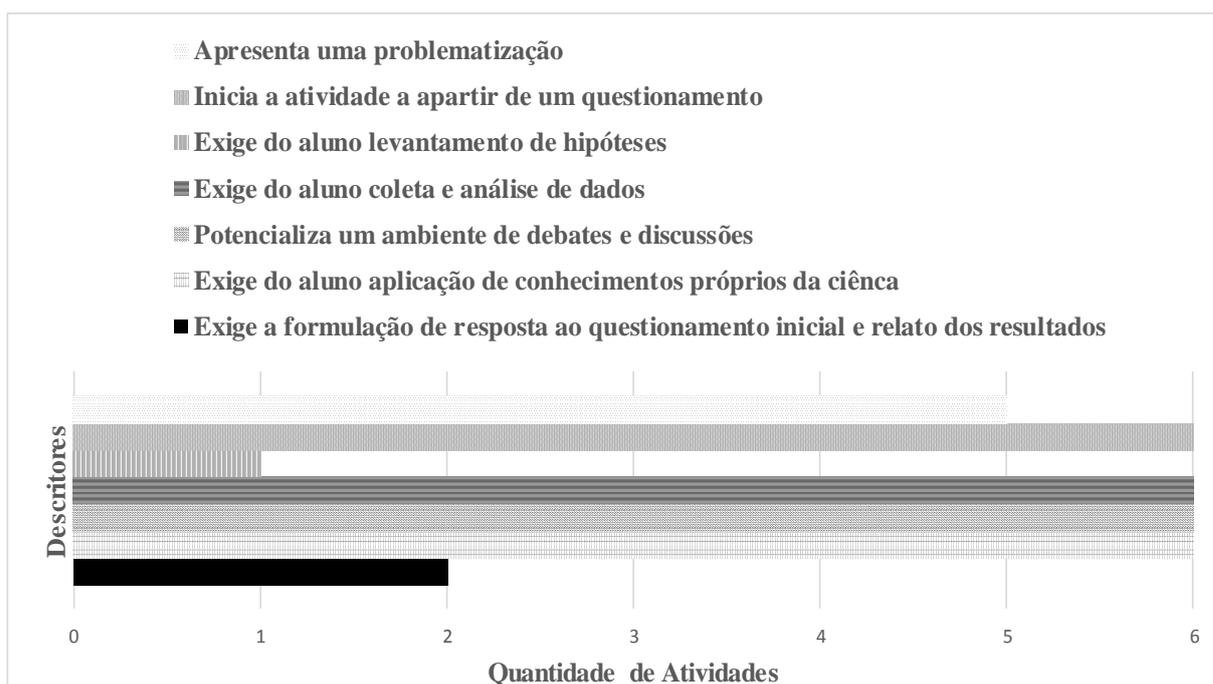
Trata-se de uma atividade que podemos classificar como sendo semi estruturada e com certo grau de abertura apresentando temas aos alunos, os quais possuirão autonomia para propor questões a serem investigadas e produzirão as conclusões que responderá o problema a ser investigado.

A análise desta atividade se encontra tabulada a seguir no quadro 7.

<b>Obra LQ1</b>		
<b>Descritores</b>	<b>SIM</b>	<b>NÃO</b>
ATIVIDADE 6 PAG. 229 A 233 – A6	-	-
Apresenta uma problematização	X	-
Inicia a atividade a partir de um questionamento	X	
Exige do aluno levantamento de hipóteses	-	X
Exige do aluno coleta e análise de dados	X	-
Potencializa um ambiente de debates e discussões	X	-
Exige do aluno aplicação de conhecimentos próprios da ciência	X	-
Exige a formulação de resposta ao questionamento inicial e relato dos resultados	X	-

**Quadro 8: Quadro de descritores da atividade 6 do livro LQ1.**

Nesta obra identificamos e investigamos, no respectivo capítulo que abordava o tema “eletroquímica”, 6 (seis) textos de atividades experimentais. Após tabularmos todas elas geramos o gráfico de barras da obra. Este gráfico contempla a frequência dos descritores das atividades investigativas presentes no total das atividades avaliadas do livro LQ1. Analisamos cada uma das atividades e detectamos quais descritores eram contemplados. Somamos a quantidade de vezes que cada descritor era contemplado nas atividades e geramos o gráfico explanando a frequência com que cada descritor aparecia. Em nossa análise das seis atividades experimentais da obra LQ1 cinco apresentou uma problematização. Segue o gráfico como resultado de nossa análise.



**Gráfico 1: Frequência dos descritores de Ensino de Ciências por Investigação apresentados no total de atividades experimentais propostas na obra LQ1 analisada.**

Percebemos que as atividades avaliadas, no capítulo, possuem um ótimo potencial investigativo, pois apresentam em sua grande parte três ou mais descritores das características das atividades de Ensino de Ciências por Investigação que apresentamos no capítulo 3 desta monografia.

A Problematização ou questionamento são características fundamentais de atividades com enfoque investigativo e aparece com frequência nas atividades do livro LQ1. Cabe ao docente, durante o processo de ensino aprendizagem, privilegiar uma sequência de ensino que inicie com a problematização ou questionamento. É muito importante que os alunos busquem responder um questionamento que faça sentido para os mesmos antes da execução do experimento. Reiteramos que o fazer sentido é diferente para cada aluno e depende de um conjunto de conhecimentos prévios.

Considerando que uma atividade não necessita conter todos os descritores avaliados, em cada quadro de análise, concluímos que as questões ou atividades avaliadas da referida obra em seu volume 2 capítulo 5 contemplam satisfatoriamente as características de atividades por investigação e possuem o maior potencial para promover uma abordagem investigativa em sala de aula que todas as demais obras analisadas.

## **Obra LQ2**

Os avaliadores desta coleção apontam que:

*A coleção é clara, motivando o aluno a buscar informação e relacioná-la com aquelas contidas no livro, responder questões, realizar experimentos, envolver-se com a obra, buscando aprendizagens de conceitos fundamentais da Química. A produção da obra se orienta em resultados de pesquisas em ensino de Química e em documentos oficiais, como as Diretrizes Curriculares Nacionais do Ensino Médio, e busca a superação de um programa tradicional e linear, substituído por um trabalho em torno de temas centrais organizadores dos conteúdos químicos. Há um cuidado de respeitar autonomias e diversidades, apresentando diferentes sujeitos, diferentes contextos de realidades culturais. A apresentação do conteúdo temático químico considera a hierarquia conceitual em termos de complexidade da informação, com o objetivo de possibilitar o desenvolvimento do potencial intelectual-cognitivo do aluno.*

Segue uma atividade experimental extraída da página 246 que possui uma problematização a partir da página 240 e avaliada pelos descritores presentes em nosso quadro.

## Capítulo 7

# PILHAS E ELETRÓLISE

**Como funcionam as pilhas?  
O que fazer com as pilhas quando elas  
não funcionam mais?**

### Tema em foco

#### DESCARTE DE PILHAS E BATERIAS

#### Pense

Você tem alguma pilha agora? O que fazer com pilhas e baterias que não servem mais?

O uso de pilhas e baterias é intenso em nossa sociedade. Muitas vezes, nem nos damos conta de como essa tecnologia está presente em nosso cotidiano. Nos dias atuais, dificilmente um jovem ou adulto passa o dia sem ter uma pilha ou bateria consigo. Elas estão presentes em tantos equipamentos que nem nos damos conta. Poucos relógios modernos não utilizam baterias. Qualquer celular funciona à base de bateria.

Algumas dessas pilhas e baterias, como as de relógio, são descartáveis; outras, como as de automóveis e celulares, são recarregáveis, possuindo maior vida útil. Entretanto, todas elas, um dia, perdem sua utilidade e são descartadas.

Apesar da aparência inofensiva, as pilhas e baterias usadas e descarregadas podem causar sérios problemas ambientais. De acordo com dados da Associação Brasileira da Indústria Elétrica e Eletrônica (Abinee), o Brasil produz quase um bilhão de pilhas por ano. Onde elas vão parar depois de usadas?



Depois de cumprir seu papel, as pilhas e as baterias se tornam um problema: o que fazer com elas?

Outro problema é que muitas pilhas contêm metais pesados, como mercúrio, cádmio, chumbo e níquel. Descartadas inadequadamente, as pilhas podem liberar esses metais, que podem contaminar plantas e animais, entre os quais o ser humano.

Um exemplo desse problema é a utilização de grande quantidade de baterias de automóveis. Depois de vendidas, essas baterias geram enorme quantidade de sucata que não pode ser descartada no lixo devido à grande quantidade de chumbo e de ácido sulfúrico. O processo de reciclagem desses materiais, embora viável economicamente, também libera grande quantidade de chumbo para o ambiente e contamina as pessoas nele envolvidas, causando problemas de saúde ocupacional, isto é, gerados durante o trabalho.



Depois de utilizar suas baterias de chumbo, países do Primeiro Mundo as exportam para o Terceiro Mundo, para serem recicladas. Assim, exportam também possíveis riscos de contaminação ambiental e humana em seus territórios.

Além da contaminação ocupacional, muitas pessoas estão expostas ao chumbo disperso pela poeira em regiões próximas a indústrias que utilizam esse metal. Em uma pesquisa realizada com a colaboração de químicos da Universidade de São Paulo (USP), encontrou-se forte relação entre o comportamento antissocial de adolescentes e o teor de chumbo presente em amostras do esmalte dentário deles.

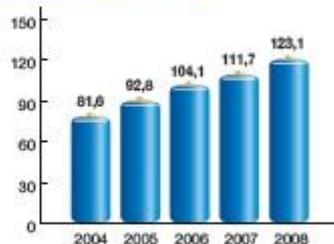
O descarte das baterias de celulares também é um problema, ainda mais se considerarmos que a vida útil dessas baterias é relativamente curta – cerca de um ano. Por outro lado, sua demanda é cada vez maior; para se ter uma ideia, somente no Brasil existem cerca de 200 milhões de celulares em funcionamento. Consequentemente, imagine quantas baterias de celular são descartadas anualmente no Brasil.

Com relação às pilhas comuns, estima-se que cada brasileiro consuma menos de cinco pilhas por ano. Em países desenvolvidos, como a Alemanha, o consumo anual é de cerca de 30 unidades.



As pilhas e baterias estão incorporadas ao nosso cotidiano e, muitas vezes, nem nos preocupamos com o seu descarte.

Faturamento total (R\$ bilhões)



Analisando o gráfico e considerando que a produção de equipamentos que utilizam pilhas e baterias cresce a cada ano, podemos concluir que a tendência do consumo desses geradores de eletricidade é aumentar.

## Os metais que reagem com o nosso organismo



### Pense

O metal que contamina o nosso corpo é o mesmo que faz parte dos objetos metálicos?  
O ferro presente em nosso sangue é aquele mesmo ferro presente nas panelas de ferro?

Como já dizia o estudioso Paracelso [1493-1541], a diferença entre o remédio e o veneno é a dose. Por isso, substâncias que são letais para os seres humanos, quando consumidas acima de certas dosagens, podem ser remédios em doses menores. Os metais são bons exemplos. Alguns deles são muito importantes para o metabolismo do nosso corpo.

O ferro, presente na hemoglobina, é responsável pelo transporte de oxigênio no sangue; o cobalto entra na composição de vitaminas; o manganês, o molibdênio, o zinco e o cromo estão presentes na estrutura de enzimas que regulam o metabolismo do organismo. Além desses, diversos outros, como o lítio, o cálcio, o magnésio, o sódio e o potássio, também participam de funções metabólicas.

Por outro lado, vários metais apresentam interações indesejadas com os organismos vivos e, por isso, são considerados tóxicos. Entre eles estão os conhecidos como metais pesados. Essa denominação, que foi estabelecida historicamente, provavelmente em relação aos seus valores de massa atômica, hoje está relacionada à sua toxicidade. Por isso, apesar de vários metais tóxicos classificados como metais pesados terem elevados valores de massa atômica,

como o mercúrio (200,59 u), o cádmio (112,41 u) e o chumbo (207,2 u), é importante destacar que a toxicidade não está associada diretamente à sua massa atômica, mas, sim, a reações que afetam o metabolismo dos organismos vivos. Por isso, o cromo é um metal pesado, apesar de sua massa atômica ser de 52 u, enquanto o ferro, de massa atômica 56 u, não é classificado como metal pesado.

Os resíduos de metais pesados têm propriedades indesejáveis de toxicidade, corrosividade, reatividade, entre outras. A toxicidade dos metais deve-se ao fato de os organismos vivos não conseguirem eliminá-los depois de absorvidos; assim, eles ficam depositados em alguma parte do corpo, como nos ossos ou em células nervosas. Esse acúmulo provoca uma série de complicações e doenças.

Uma forma de eliminar os metais pesados do organismo é o tratamento com substâncias que reagem mais fortemente com eles do que com as substâncias de nosso organismo. Um bom exemplo é o ácido etilendiaminotetracético (EDTA), utilizado por formar sais muito estáveis com íons de metais pesados, permitindo sua remoção do nosso organismo.

No Brasil, a contaminação por mercúrio tem causado muita preocupação. Esse metal pesado é usado na purificação do ouro, por meio de um processo conhecido como amalgamação, no qual o mercúrio adere ao ouro metálico, formando o amálgama. Posteriormente, o amálgama é aquecido e o mercúrio é vaporizado, restando o ouro puro.

Essa forma de garimpo de ouro é extremamente poluidora, uma vez que o mercúrio se acumula no ambiente sob diversas formas. Os peixes são os mais afetados, e seu consumo em áreas de garimpo representa um perigo para a saúde humana e, principalmente, para mulheres gestantes. Fetos podem sofrer teratogênese (malformações) e deficiências de desenvolvimento nervoso e motor quando as mães alimentam-se desses peixes.

Essa contaminação poderia ser evitada caso fossem adotadas algumas práticas de tratamento da lama contaminada e de vaporização do mercúrio em recipientes fechados, em que o mercúrio seria depois condensado. Com tais práticas, o mercúrio seria reaproveitado, diminuindo o custo de extração e os problemas ambientais.



A utilização de panelas de alumínio pode ser responsável por muitos casos de doença de Alzheimer, por conta da contaminação com átomos de alumínio nos alimentos.

O quadro a seguir apresenta informações sobre os problemas causados a organismos vivos por alguns metais que são liberados durante a degradação de pilhas e baterias.

EFEITOS CAUSADOS À SAÚDE POR ALGUNS METAIS PESADOS		
Metal	Onde é encontrado	Efeitos
mercúrio	<ul style="list-style-type: none"> <li>equipamentos e aparelhos elétricos de medição</li> <li>produtos farmacêuticos</li> <li>lâmpadas de néon, fluorescente e de arco de mercúrio</li> <li>interruptores</li> <li>baterias/pilhas</li> <li>tintas</li> <li>amaciadores</li> <li>antissépticos</li> <li>fungicidas</li> <li>termômetros</li> </ul> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>distúrbios renais</li> <li>distúrbios neurológicos</li> <li>efeitos mutagênicos</li> <li>alterações metabólicas</li> <li>deficiências nos órgãos sensoriais</li> </ul>
cádmio	<ul style="list-style-type: none"> <li>baterias/pilhas</li> <li>plásticos</li> <li>ligas metálicas</li> <li>pigmentos</li> <li>papéis</li> <li>resíduos de galvanoplastia</li> </ul> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>dores reumáticas e miálgicas</li> <li>distúrbios metabólicos levando à osteoporose</li> <li>disfunção renal</li> </ul>
chumbo	<ul style="list-style-type: none"> <li>tintas, como as de sinalização de rua</li> <li>impermeabilizantes</li> <li>anticorrosivos</li> <li>cerâmicas</li> <li>vidros</li> <li>plásticos</li> <li>inseticidas</li> <li>embalagens</li> <li>pilhas</li> </ul> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>perda de memória</li> <li>dor de cabeça</li> <li>irritabilidade</li> <li>tremores musculares</li> <li>lentidão de raciocínio</li> <li>alucinação</li> <li>anemia</li> <li>depressão</li> <li>paralisia</li> </ul>

Fonte: IARDIM, N. S. (Coord.) et al. *Órcamento para o manual do gerenciamento integrado*. São Paulo: DCAmpa, 1995, p. 34.

As fotos apresentam substâncias simples desses metais, mas os efeitos dele são presentes nos metais (objetos acima) na forma metálica.

Além da contaminação de mercúrio nos garimpos, temos a contaminação pelo uso indevido em indústrias, em consultórios odontológicos, entre outras. Nesse sentido, é preciso tomar todo o cuidado com qualquer manipulação do mercúrio metálico.

O descarte de materiais contendo mercúrio jamais deve ser feito em lixo urbano, no solo ou na água, pois ele poderá contaminar o meio.

Nos **garimpos**, o mercúrio é utilizado desprezando-se o grande risco à saúde humana e ao meio ambiente.



Outra fonte de contaminação de metais pesados são indústrias que despejam seus efluentes, contendo elevadas quantidades de metais pesados, em rios. O lixo urbano também pode ser fonte de poluição de metais pesados devido à presença de pilhas e baterias.

O alumínio é outro metal cujo impacto sobre a saúde pública tem chamado a atenção de médicos e pesquisadores, devido à hipótese de que ele provoque a doença de Alzheimer. A lenta contaminação de pessoas pode estar sendo causada pela ingestão de alimentos preparados em panelas de alumínio ou acondicionados em embalagens feitas com esse metal.

### Como fazer o descarte de pilhas e baterias

Órgãos governamentais, entidades civis e organismos não governamentais têm debatido os problemas relacionados ao descarte de pilhas e baterias na busca de possíveis soluções e formas de minimizar tais problemas.

Para isso, têm sido regulamentadas as quantidades de metais pesados que podem ser utilizadas em pilhas e baterias, além, é claro, de seu descarte. Uma das resoluções do Conselho Nacional do Meio Ambiente (Conama) determina que pilhas e baterias que tenham cádmio, chumbo e mercúrio acima de determinados níveis, depois de esgotadas, devem ser devolvidas aos locais de venda ou aos representantes das indústrias. Tais indústrias devem proceder aos tratamentos adequados para que os resíduos não contaminem o ambiente.

Ainda segundo essa resolução, pilhas e baterias que atendam aos limites previstos na lei podem ser dispostas, juntamente com os resíduos domiciliares, em aterros sanitários licenciados. Para isso, os fabricantes e importadores devem identificar os produtos descritos, mediante o registro nas embalagens e, quando possível, nos produtos, de símbolo que permita ao usuário distingui-los dos demais tipos de pilhas e baterias comercializados (veja ícones abaixo).

Foto: J. A. M. de S. / A. B. S. / A. B. S.



De acordo com a resolução do Conama, pilhas que apresentem esses ícones **podem ser descartadas no lixo**. Essas são pilhas de zinco-manganês, alcalinas de manganês, de níquel-hidreto metálico, de lítio, tipos miniaturas, recarregáveis de íons etc.



De acordo com a resolução do Conama, pilhas que apresentem esses ícones **não podem ser descartadas no lixo**. Depois de esgotadas, essas pilhas devem ser devolvidas ao vendedor, representante ou fabricante para o descarte apropriado. Entre elas estão as baterias recarregáveis de níquel-cádmio (Ni-Cd) e as baterias de chumbo ácido.

## Debata e entenda

BRINÇA NO CADerno, NÃO O ESCREVA EM SEU LIVRO.

1. Como o governo pode contribuir para a resolução dos problemas de contaminação do solo e das águas por metais pesados?
2. Como a indústria de pilhas e baterias pode contribuir para eliminar ou diminuir a quantidade de metais pesados presentes nesses produtos?
3. Proponha uma maneira viável de recolhimento de pilhas e baterias para não jogar esses materiais diretamente no lixo.
4. Qual é a importância dos metais para o nosso organismo?
5. Quais são os problemas ambientais provocados pelos metais pesados?
6. Identifique no texto os danos causados ao ser humano pela contaminação por metais.
7. Por que pilhas não devem ser descartadas indiscriminadamente junto com o lixo doméstico?

## 1 PILHAS ELETRQUÍMICAS

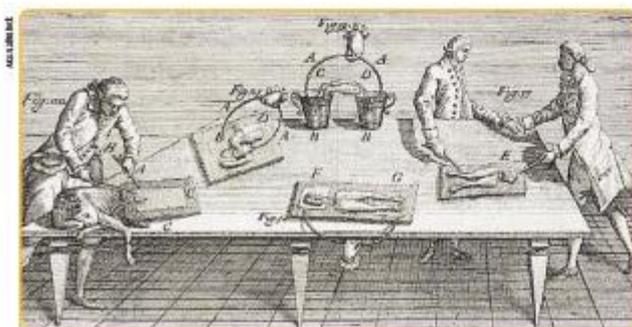
**E**m reações de oxidorredução há transferência de elétrons entre as espécies químicas. Por isso, essas reações podem ser utilizadas para gerar eletricidade em sistemas denominados pilhas eletroquímicas, ou simplesmente pilhas.

Nessas pilhas, parte da energia química armazenada nas ligações entre os átomos que constituem as substâncias é utilizada para produção de corrente elétrica.

No passado, foram propostas diferentes explicações para justificar a ocorrência de corrente elétrica. Para o médico e professor italiano Luigi Galvani (1737-1798), a corrente elétrica era característica da natureza animal, pois foi observada, de diversas formas, em experimentos com rãs.

Atualmente, considera-se corrente elétrica como sendo o fluxo de carga elétrica em um condutor. Assim, um raio que cai do céu ou se forma entre dois corpos abertos é uma corrente elétrica.

Para iniciar o estudo da produção de corrente elétrica em sistemas químicos, realize o experimento a seguir.



Em 1786, ao dissecar uma rã próxima de um gerador eletrostático, Luigi Galvani notou que as pernas da rã sofriam fortes contrações. Também observou esse fenômeno quando rãs eram penduradas em ganchos de cobre que, ao serem balançados pelo vento, tocavam uma estrutura de ferro. Dessas observações, desenvolveu sua teoria de "eletricidade animal". Para Galvani, a eletricidade observada na dissecação de rãs era inerente aos animais.

**Química na escola** Consulte as normas de segurança no laboratório, na última página deste livro.

### Líquidos podem atacar metais?

Este experimento poderá ser feito em grupo, na sala de aula ou no laboratório.

#### Material

- 8 béqueres (ou copos de vidro)
- 1 esponja de palha de aço fina dividida em 4 pedaços
- 4 cliques metálicos
- água destilada (água para bateria)
- solução de sacarose 1 mol/L (açúcar)
- solução de cloreto de sódio 1 mol/L (NaCl)
- solução de sulfato de cobre 1 mol/L ( $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ )

#### Procedimento

1. Marque os béqueres com os seguintes rótulos: 1a, 1b, 2a, 2b, 3a, 3b, 4a e 4b.
2. Coloque líquido em cada béquer, até a metade, de acordo com a numeração:  
1 – água destilada;                      3 – solução de cloreto de sódio;  
2 – solução de sacarose;              4 – solução de sulfato de cobre.
3. Desenhe em seu caderno uma tabela como a seguinte.

Líquido	Palha de aço		Cliques	
	antes	depois	antes	depois
1. Água destilada	≡ ≡ ≡ ≡	≡ ≡ ≡ ≡	≡ ≡ ≡ ≡	≡ ≡ ≡ ≡
2. Açúcar aquoso	≡ ≡ ≡ ≡	≡ ≡ ≡ ≡	≡ ≡ ≡ ≡	≡ ≡ ≡ ≡
3. NaCl aquoso	≡ ≡ ≡ ≡	≡ ≡ ≡ ≡	≡ ≡ ≡ ≡	≡ ≡ ≡ ≡
4. $\text{CuSO}_4$ aquoso	≡ ≡ ≡ ≡	≡ ≡ ≡ ≡	≡ ≡ ≡ ≡	≡ ≡ ≡ ≡

4. Em cada recipiente com a letra a coloque um pedaço da palha de aço e nos recipientes com a letra b, um clipe. Observe e anote características dos líquidos e dos sólidos nas colunas antes.
5. Observe por 20 minutos e anote características dos líquidos e dos sólidos nas colunas depois.

#### Destino dos resíduos

1. Os materiais líquidos dos béqueres 1, 2 e 3 desta atividade podem ser descartados no sistema de coleta de esgoto e os resíduos sólidos, no lixo.
2. O material líquido do béquer 4 deve ser acondicionado em embalagem compatível, limpa e à prova de vazamento, para ser reutilizado em outras atividades práticas. O resíduo sólido deste béquer deve ser descartado no lixo.

#### Análise de dados

1. Em quais sistemas houve variação de características?
2. Como você pode explicar microscopicamente as alterações observadas?
3. Como você justifica as diferenças observadas entre os sistemas?
4. O que têm em comum os líquidos que se modificaram e os líquidos nos quais não se observaram modificações?

Figura 2: Líquidos podem atacar metais? Química Cidadã. Página 246.

A atividade possui um ótimo potencial investigativo. Inicia-se com uma pergunta a ser investigada: “Líquidos podem atacar metais?” Em seguida há a execução de um roteiro experimental, estruturado exigindo do aluno coleta e análise de dados, características importantes em investigações, contudo não traz explicitamente uma orientação no sentido de os alunos discutirem suas observações, suas conclusões entre si e junto ao professor.

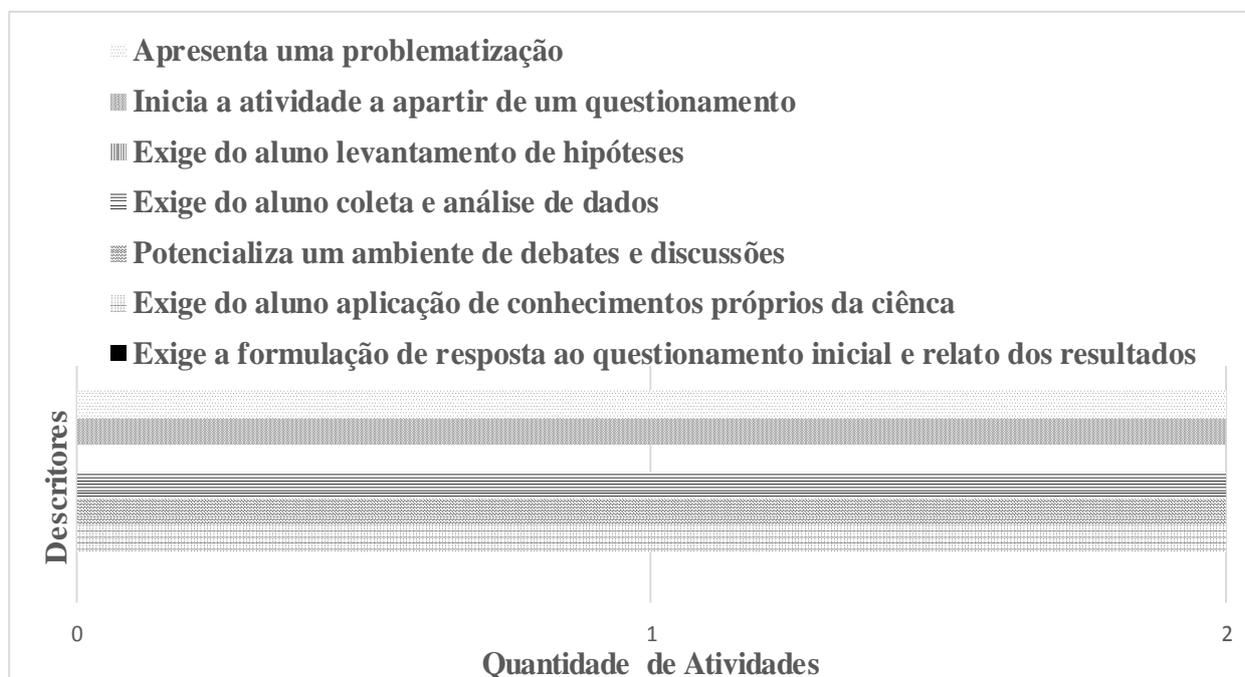
Não há uma exigência de relatar, expor os dados aos demais colegas de classe. Cabe então ao professor fazer esse direcionamento melhorando o potencial da atividade para que a mesma contemple um número maior de características de uma atividade investigativa.

Nossa análise apresentou o seguinte quadro 8.

<b>Obra LQ2</b>		
<b>Descritores</b>	<b>SIM</b>	<b>NÃO</b>
QUESTÕES 1 A 5 PAG. 263 Analise e Discuta	-	-
Apresenta uma problematização	X	-
Inicia a atividade a partir de um questionamento	X	-
Exige do aluno levantamento de hipóteses	X	
Exige do aluno coleta e análise de dados	X	-
Potencializa um ambiente de debates e discussões	-	X-
Exige do aluno aplicação de conhecimentos próprios da ciência	X	-
Exige a formulação de resposta ao questionamento inicial e relato dos resultados		X-

**Quadro 9: Quadro de descritores da atividade presente no livro LQ2 página 246.**

Ao avaliar as demais atividades presentes nos capítulos que tratam sobre eletroquímica concluímos que a obra contempla atividades de caráter investigativo e produzimos o gráfico contendo as principais características investigativas apresentadas no total de atividades avaliadas.



**Gráfico 2: Frequência dos descritores de Ensino de Ciências por Investigação apresentados no total de atividades experimentais propostas na obra LQ2 analisada.**

### **Obra LQ3**

Segundo os autores a coleção apresenta:

Além do desenvolvimento conceitual, habilidades, atitudes e valores também são preocupações da coleção, que propõe atividades práticas ou teóricas que levam os alunos a comparar, descrever, opinar, julgar, visando à formação para a cidadania. A coleção é estruturada a partir de três eixos: contexto sociocultural, história e experimentação.

Sempre que possível, o professor deve utilizar a seção Atividade Experimental para favorecer a construção de conceitos pelos estudantes e deve problematizar os experimentos, de forma a fomentar a proposição de hipóteses.

Pesquisamos no volume 2 os capítulos 13, 14, 15 presentes na unidade 6 com o título “Transformações químicas que produzem energia” e os capítulos 16 e 17 da unidade 7 “Eletrólise: energia elétrica gerando transformações químicas”.

O livro trouxe as atividades classificando-as em atividades e atividades experimentais. Essas atividades são introduzidas por textos com o objetivo de contextualizar o assunto.

Segue exemplo de uma atividade extraída da unidade 7 capítulo 16 página 263 e sua respectiva análise.

## Do pó ao cobre

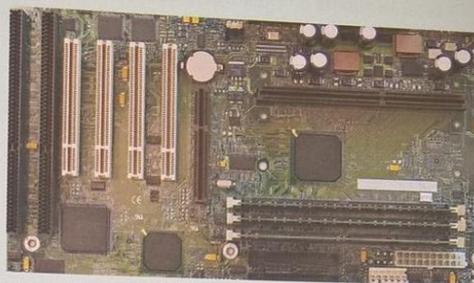
Reciclagem de sucata eletrônica permite obtenção de matéria-prima nobre

Computadores, aparelhos de televisão, rádios e celulares carregam muito mais que utilidades e facilidades: quase todos os metais da Tabela Periódica podem ser encontrados em placas de circuito impresso que compõem equipamentos eletroeletrônicos em geral. Preocupado em impedir que esses metais retornem ao meio ambiente de forma inadequada, o engenheiro Hugo Marcelo Veit desenvolveu um processo inédito para reciclar sucatas eletrônicas, que envolve métodos mecânicos (magnéticos e eletrostáticos) e eletroquímicos.

[...] Segundo o pesquisador, de uma tonelada de sucata é possível reaproveitar 53 kg de cobre, propiciando uma economia relevante. “Além de recuperar cobre, que é um metal caro, impedimos, por meio da separação, que o chumbo contamine o ambiente”, completa.

O processo começa com a separação de materiais que contêm substâncias corrosivas, como as baterias, e em seguida as placas passam por rotores dotados de facas de aço. A sucata é moída duas vezes até que todos os pedaços fiquem com menos de 1 mm. Segundo Veit, a moagem libera os metais – faz com que os materiais polímeros e cerâmicos deixem de envolvê-los. Depois, o pó é peneirado para uma primeira separação, chamada de **granulométrica**. Em geral os metais são mais grossos que as outras substâncias.

Ferro e níquel são, então, retirados da mistura por meio magnético, e os polímeros e cerâmicos, por não serem condutores, acabam completamente separados no processo eletrostático. O passo seguinte é a dissolução dos metais em ácido sulfúrico para transformá-los em íons, aos quais é aplicada uma diferença de potencial capaz de provocar o depósito de um elemento específico, como, por exemplo, o cobre. Veit explica que



Placas utilizadas em circuitos elétricos de computadores.

cada metal tem um potencial elétrico característico. Portanto, a aplicação de uma corrente elétrica específica faz com que uma substância se deposite, enquanto as outras continuam em solução.

A solução é encerrada em uma espécie de caixa, na qual uma das paredes é um cátodo (polo negativo) e outra é um ânodo (polo positivo). Nesse caso, o cátodo é uma chapa de cobre e, quando a solução é submetida a uma corrente elétrica, os íons de cobre se depositam na forma sólida sobre a chapa.

[...] A pesquisa provou que, com a reciclagem, é possível obter cobre com 99% de pureza, a um custo equivalente ao da retirada do cobre da natureza. O processo traz inegáveis benefícios para o ambiente, uma vez que reduz a necessidade de extração do cobre e retém [...] metais pesados como o chumbo, cuja dispersão na natureza é muito nociva. [...]

BARTZEN, J. Revista *Ciência Hoje*, n. 239, jul. 2007. Disponível em: <<http://cienciahoje.uol.com.br/revista-ch/revista-ch-2007/239/do-po-ao-cobre>>. Acesso em: 21 fev. 2013.

### Análise e discuta

Para resolver as questões, trabalhe em grupo de três ou quatro alunos. Além do texto sugerido, faça uma busca em jornais, revistas e na internet sobre programas de descarte e reciclagem de material eletrônico. Registre as informações pesquisadas em seu caderno.

1. Aponte as principais razões das pesquisas relacionadas ao descarte adequado de sucata eletrônica.
2. Por que é importante separar metais dos materiais poliméricos e cerâmicos que os envolvem?
3. Os metais são recuperados por meio de eletrólise. Explique o tratamento da mistura metálica com ácido.
4. O desenvolvimento de modelos cada vez mais modernos de equipamentos eletroeletrônicos tem impulsionado a troca de equipamentos antigos por mais novos, mesmo sem necessidade. A mídia incentiva hábitos consumistas na população. Em que medida o consumismo se contrapõe aos princípios da sustentabilidade? Para responder a essa questão, busque informações sobre desenvolvimento sustentável.
5. A sucata eletroeletrônica é um problema ambiental sério, caso não seja descartada de forma adequada. Elabore uma pesquisa sobre o consumo desses equipamentos em sua comunidade. Investigue os hábitos dos entrevistados: o que consomem, como descartam equipamentos antigos, etc. Faça uma apresentação de 10 minutos sobre os resultados obtidos. Após a apresentação de todos os grupos, a sala deve propor uma ação conjunta para incentivar a comunidade a desenvolver hábitos mais adequados para o consumo e para o descarte de sucata.

Figura 3: Do pó ao cobre. Ser protagonista. Página: 263

A atividade inicia-se com um texto introdutório, contextualizando o tema reciclagem de materiais eletrônicos. Em seguida, apresenta perguntas que orientam os alunos no processo de investigação, trata-se de uma pesquisa escolar, em que os mesmos são levados a coletar e analisar dados obtidos de diversas fontes de pesquisas, discutirem os resultados em grupo e posteriormente relatar suas conclusões aos demais colegas da classe em uma apresentação.

A atividade apresenta um ótimo potencial para desencadear debates e discussões podendo o professor adotar um discurso interativo e dialógico ao desenvolvê-la, assim possibilitando um ambiente favorável para o aluno assumir uma postura ativa durante a realização da mesma.

A atividade analisada apresenta características fundamentais de atividades investigativas e, portanto, contempla os principais descritores presentes em nosso quadro 9.

Apresentamos nossa avaliação da atividade de acordo com o quadro 9.

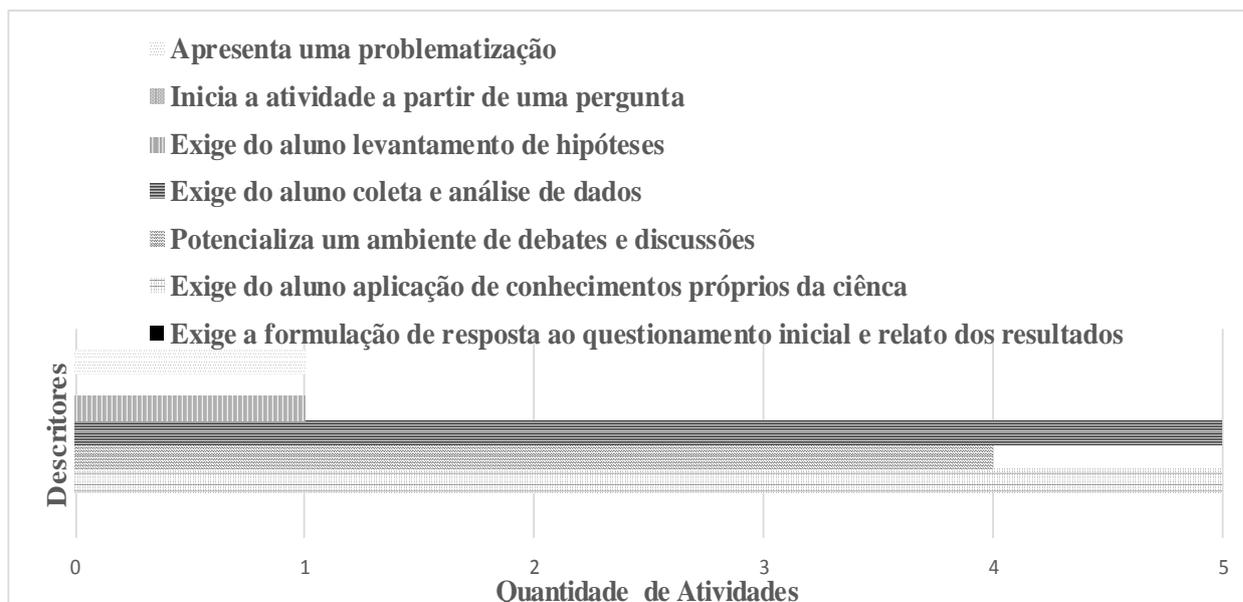
OBRA LQ3		
Descritores	SIM	NÃO
QUESTÕES 1 A 5 PAG. 263 Analise e Discuta		
Apresenta uma problematização ou parte de um questionamento	X	-
Exige do aluno levantamento de hipóteses	X	-
Exige do aluno coleta e/ou análise de dados	X	-
Potencializa um ambiente de debates e discussões	X	-
Exige do aluno aplicação de conhecimentos próprios da ciência	X	-
Exige a formulação de resposta ao questionamento inicial e relato dos resultados	X	-

**Quadro 10: Quadro de descritores da atividade presente no livro LQ3 página 263.**

Durante a leitura dos capítulos pesquisados encontramos uma quantidade significativa de atividades experimentais, contudo uma quantidade relevante se apresentava como “receitas” levando ao aluno a mera execução de procedimentos, trabalho manual, não contemplando características que valorizamos nesse trabalho como sendo oriundas de uma atividade investigativa.

A obra também apresenta uma quantidade expressiva de atividades de fixação de conteúdo, as quais, não fazem parte da nossa avaliação.

Ponderamos que a obra apresenta uma quantidade de questões moderadas com características de atividades investigativas e apresentamos o gráfico como resultado das atividades experimentais analisadas.



**Gráfico 3: Frequência dos descritores de Ensino de Ciências por Investigação apresentados no total de atividades experimentais propostas na obra LQ3 analisada.**

## Obra LQ4

Segundo os autores a coleção:

Configura-se como uma coleção que favorece o aluno, no sentido de proporcionar maiores condições de argumentar sobre questões que relacionam ciência, tecnologia e sociedade.

Nos três volumes da obra são valorizadas relações entre conhecimentos científicos, tecnológicos, sociais e ambientais. Os textos propostos para leitura possibilitam a contextualização dos conceitos químicos, por meio de uma proposta metodológica clara e objetiva, que considera conhecimentos prévios dos alunos e sugere atividades de discussão e trabalho coletivo.

Pesquisamos no volume 2 o capítulo 16 (Pilhas e Baterias), 17 (eletrólise com eletrodos inertes) e 18 (Eletrólise com eletrodos ativos) da obra. As atividades avaliadas no livro didático foram basicamente àquelas classificadas como experimentos e trabalho em

equipe. Essas atividades são formadas por textos introdutórios, com o intuito de contextualizar o assunto seguido de um roteiro de atividade prática e uma pergunta com o objetivo de investigar algum fenômeno ou comprovar o que já foi descrito no texto introdutório.

O livro apresenta somente uma atividade classificada como atividade experimental nos três capítulos analisados.

Segue exemplo de uma atividade proposta como trabalho em equipe a qual entendemos apresentar características de atividades investigativas e sua análise com base em nosso quadro de descritores e em seguida a atividade experimental também analisada.

### Síntese do alumínio

Em 1827, aos 27 anos de idade, o químico alemão Friedrich Wöhler (1800-1882) – famoso por ter feito a primeira síntese de um composto orgânico em laboratório – desenvolveu um método que envolvia o aquecimento do cloreto de sódio com cloreto de alumínio e sódio metálico. Por meio desse método obteve alumínio metálico em quantidade mais significativa.

Mas o método de Wöhler era caro e muito complexo, de modo que o alumínio chegou a ser vendido por 220 dólares o quilograma.

Durante a década de 1880, o professor de química Frank F. Jewett comentava sempre com seus alunos que, embora o alumínio fosse muito abundante na Terra (8,1% em massa), ninguém até aquele momento havia sido capaz de extrair-lo por meio de um processo economicamente viável.

Charles Martin Hall (1863-1914), um jovem de 22 anos que era aluno de Jewett, decidiu que esse seria o tema de seu projeto de graduação: pesquisar uma forma econômica de obter alumínio.

Hall desconfiou de que poderia alcançar esse objetivo usando a eletricidade e também de que seria necessário encontrar um fundente para a bauxita (o composto mais abundante de alumínio).

Construiu uma bateria improvisada e testou várias substâncias como fundente até que chegou à criolita,  $3 \text{ NaF} \cdot \text{AlF}_3(\text{s})$ .

Aqueceu a criolita até a fusão e, em seguida, adicionou a bauxita e percebeu que ela se dissolvia facilmente.

Hall ligou a bateria, de modo que a corrente elétrica atravessasse a mistura, e observou o alumínio metálico se acumulando ao redor do eletrodo negativo da bateria. Tão logo o metal esfriou o suficiente para poder ser segurado nas mãos, Hall correu para mostrá-lo ao professor Jewett.

Consta que, poucos meses depois, um jovem francês chamado Paul L. T. Heroult (1863-1914), também com 22 anos, desenvolveu o mesmo processo eletrolítico para a obtenção de alumínio (sem nunca ter ouvido falar do trabalho de Hall).

De qualquer forma, Hall entrou primeiro com o pedido de patente do processo e recebeu a prioridade.

Hall ficou milionário com sua descoberta e, ao morrer, deixou grande parte de sua fortuna para o Oberlin College.

No prédio de Química do Oberlin College há uma estátua de Hall, e na casa de sua família foi colocada uma placa comemorativa. Tanto a estátua como a placa foram feitas de alumínio.

Em 1889, o químico alemão Johann Friedrich Wilhelm Adolf von Bayer (1835-1917) aperfeiçoou o processo desenvolvido por Hall. É o processo de Bayer que as indústrias utilizam hoje.

### De onde vem o tântalo?

O tântalo é obtido do **coltan**, um minério de fórmula geral (Fe, Mn) (Nb, Ta)<sub>2</sub>O<sub>6</sub>. Seu nome é uma associação das palavras **col**umbita e **tan**talita, de onde se extraem respectivamente os metais nióbio, <sup>41</sup>Nb, e tântalo, <sup>73</sup>Ta, considerados estratégicos. É graças às propriedades desses metais que acompanhamos dia a dia a progressiva miniaturização e o avanço tecnológico de aparelhos eletroeletrônicos de todos os tipos.

Segundo o *ranking* baseado na mineração legal, os maiores produtores mundiais de coltan são Austrália, Brasil e Canadá, sendo que no Brasil uma das maiores reservas do minério se encontra no Amazonas, dentro de uma reserva Yanomâni. Mas a realidade é que 80% das reservas naturais de coltan encontram-se na África, a maior parte desta, na República Democrática do Congo.

Desde agosto de 1998 as minas de coltan do leste do Congo foram tomadas por rebeldes armados de Ruanda, Uganda e Burundi que, contrabandeando milhares de toneladas do minério para seus países e exportando para o mercado global, usam os lucros para financiar suas milícias e subjugar a população local.

É praticamente uma reprise do que ocorreu com os chamados "diamantes de sangue", com a diferença de que o comércio de diamantes obedece a regulamentações rígidas para importação e exportação e, portanto, pode ser mais facilmente controlado pela comunidade internacional. Já o comércio de coltan e de tântalo baseia-se em conexões comerciais reservadas e tortuosas.

A mineração do coltan no Congo envolve trabalho em condições de semiescravidão, violência aos direitos e à dignidade humana e trabalho infantil.

Os conflitos no Congo em torno das minas de coltan atingiram também os animais; elefantes e gorilas das montanhas (espécie em extinção) tiveram baixas significativas em sua população para servirem de alimento tanto aos rebeldes como aos mineiros.

Estima-se que, somente no período de 1998 a 2002, mais de três milhões de pessoas morreram como resultado direto ou indireto dos conflitos no Congo. A grande maioria dessas mortes, 90%, ocorreu na parte leste do país, cujas principais causas são a desnutrição ou doenças provocadas pelo deslocamento de pessoas que fugiam da violência. Mais de duzentos mil congolese morreram diretamente nas mãos de soldados de todas as facções envolvidas no conflito, e cerca de 18 milhões ficaram sem acesso a qualquer tipo de serviço do Estado (saúde, educação, saneamento, transporte, etc.).

*Lembre-se de que o custo do seu celular ou do seu computador provavelmente é muitíssimo superior ao que pagou por eles, pois custaram vidas, torturas e escravidão. Por isso, tente usá-los durante a sua vida útil não comprando já um novo só porque é moda ou tem funcionalidades extras de que na realidade não precisa. Até porque o lixo eletrônico produzido tem outros custos muito elevados.*

Disponível em: <<http://sustentabilidadenaopalavraeacao.blogspot.com/2010/05/o-preco-do-coltan.html>>. Acesso em: 17 nov. 2012.

Algumas estimativas indicam que 30% dos estudantes no nordeste do Congo abandonaram as escolas para escavar o metal.

\* Assista ao filme disponível nesse endereço.

## De onde vem... para onde vai?

A ilustração está fora de escala. Com fantasia.

### Alumínio

#### O processo industrial

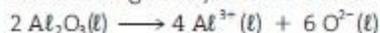
O alumínio metálico é obtido industrialmente pela eletrólise ígnea da bauxita, que consiste em uma mistura de óxidos de alumínio, principalmente óxido de alumínio di-hidratado,  $Al_2O_3 \cdot 2H_2O(s)$ , que, ao ser separado das impurezas, recebe o nome de **alumina**.

Como o ponto de fusão da alumina,  $Al_2O_3(s)$ , é muito alto, aproximadamente  $2060^\circ C$ , é necessário o uso de um fundente (substância que tem a propriedade de baixar o ponto de fusão de uma outra substância) para permitir que a eletrólise ocorra a uma temperatura mais baixa.

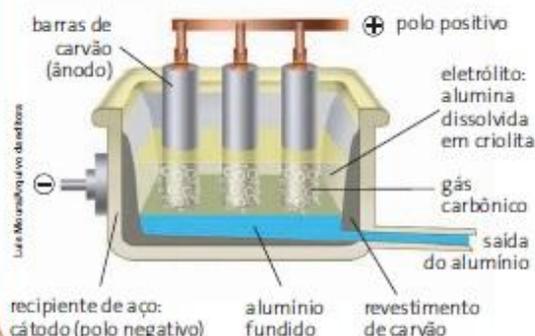
Como fundente da alumina utiliza-se o fluoreto duplo de sódio e alumínio,  $3NaF \cdot AlF_3(s)$ , também conhecido como criolita (do grego *kriás*, 'gelo', e *lithos*, 'pedra'). Uma característica curiosa da criolita é que essa substância possui o mesmo índice de refração da água e, assim, um cristal de criolita imerso na água fica praticamente invisível.

O único depósito natural importante de criolita é encontrado na Groenlândia. Para uso industrial, a criolita é produzida artificialmente a partir da fluorita,  $CaF_2(s)$ , bem mais abundante.

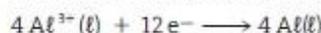
A mistura de alumina e criolita funde-se a cerca de  $1000^\circ C$ , e os íons  $Al^{3+}(l)$  e  $O^{2-}(l)$  ficam livres da organização mantida no cristal.



A eletrólise nesse caso é feita usando-se o seguinte esquema:



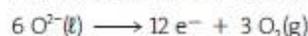
A mistura de alumina e criolita fundida fica contida em recipientes de aço, cujas paredes atuam como polo negativo da eletrólise – o cátodo –, onde ocorre a redução dos cátions alumínio:



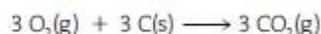
Como o alumínio funde-se a  $660,37^\circ C$  e é mais denso que a mistura de alumina e criolita, ele vai se acumulando na forma líquida, no fundo do recipiente, de onde é vazado periodicamente.

O ânodo ou polo positivo é uma série de cilindros de carvão fabricados com coque de petróleo (resíduo da refinação do petróleo).

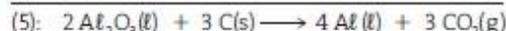
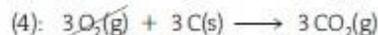
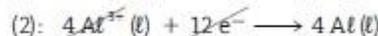
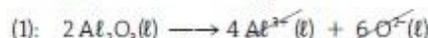
Nesses cilindros, constituídos basicamente de carbono, ocorre a reação de oxidação:



O oxigênio aí formado reage com o carbono do eletrodo, produzindo gás carbônico:



A equação global (5) da eletrólise é a soma das equações (1) de dissociação, (2) catódica, (3) anódica, (4) combustão da grafita:



Para se obter uma tonelada de alumínio, são necessárias aproximadamente duas toneladas de alumina (extraídas de 4 a 5 toneladas de bauxita), 50 quilogramas de criolita e 0,6 tonelada de carvão para formar os eletrodos.

Um dos primeiros usos do alumínio foi nas aeronaves alemãs zepelim da Primeira Guerra Mundial. Essas aeronaves eram feitas de duralumínio (liga constituída de 95,5% de  $Al$ , 3% de  $Cu$ , 1% de  $Mn$  e 0,5% de  $Mg$ ), inventado em 1906, cuja densidade é cerca de um terço da densidade do aço. Atualmente, o consumo desse metal, que apresenta elevada resistência mecânica, baixa

densidade ( $2,698 \text{ g/cm}^3$ ) e elevada resistência à corrosão, ultrapassa 38 milhões de toneladas por ano\* em aplicações diversas; como tampas de iogurte, frigideiras, carrocerias de automóveis (foto) e fuselagens de aviões.

\* Dados disponíveis em: <[www.mme.gov.br/sgm/galerias/arquivos/plano\\_duo\\_decenal/a\\_transformacao\\_mineral\\_no\\_brasil/P37\\_RT62\\_Perfil\\_do\\_Aluminio.pdf](http://www.mme.gov.br/sgm/galerias/arquivos/plano_duo_decenal/a_transformacao_mineral_no_brasil/P37_RT62_Perfil_do_Aluminio.pdf)>. Acesso em: 17 nov. 2012.



Linha de montagem de automóveis

### Trabalho em equipe

*Em 2011, o Brasil reciclou 511 mil toneladas de alumínio. A relação entre esse volume e o consumo doméstico de alumínio indica um percentual de 35,2%, que é superior a média mundial de 28,3% (base 2010). Na reciclagem de latas de alumínio para bebidas, em 2011, o país reciclou 248,7 mil toneladas de sucata de lata, o que corresponde a 18,4 bilhões de unidades, ou 50,4 milhões por dia ou 2,1 milhões por hora. Pelo décimo primeiro ano consecutivo, o país lidera a reciclagem de latas de alumínio para bebidas, entre os países em que a atividade não é obrigatória por lei – como no Japão, que em 2011 reciclou 92,6% de latas; Argentina (91,1%) e Estados Unidos (65,1%) – e entre países europeus, cuja legislação sobre reciclagem de materiais é bastante rígida e apresentaram um índice médio de 66,7% (dado de 2010).*

Disponível em: <[www.abal.org.br/reciclagem/brasil.asp](http://www.abal.org.br/reciclagem/brasil.asp)>. Acesso em: 17 nov. 2012.

É importante observar, no entanto, que, apesar do aumento anual da quantidade de material destinado à reciclagem, não houve redução na extração do minério bauxita no Brasil, uma atividade que causa um intenso impacto ambiental porque a demanda mundial por alumina e alumínio metálico destinado às mais diversas aplicações continua crescendo vertiginosamente. Em relação ao que foi exposto, pesquise:

- Quais as vantagens da reciclagem do alumínio, além da economia na extração de matéria-prima?
- Discuta com seu grupo por que a reciclagem do alumínio não é obrigatória por lei no Brasil como ocorre no Japão e nos Estados Unidos.
- Por que nos países em que a reciclagem é obrigatória o índice de alumínio reciclado não chega a 100%?
- A reciclagem de latinhas de alumínio foi muito favorecida por questões sociais no Brasil. Explique por quê.

As pesquisas podem ser feitas individualmente, e as respostas podem ser formuladas pelos grupos determinados pelo professor. Depois os grupos podem discutir suas conclusões entre si.

A atividade “ Trabalho em Equipe” inicia com um texto introdutório, contextualizando o tema reciclagem. Apresenta perguntas que orientam os alunos no processo de investigação sendo que os mesmos devem chegar às conclusões que respondam os questionamentos, bem como, apresentar e discutir sobre os resultados produzidos junto aos demais alunos da classe.

Apresenta as principais características de atividades investigativas e contempla os descritores presentes no quadro 10.

Cabe ao professor, ao conduzi-la, fornecer aos estudantes um ambiente favorável ao debate, as discussões exercendo um papel de mediador através de um discurso ao qual prevalece o diálogo e interações diversas.

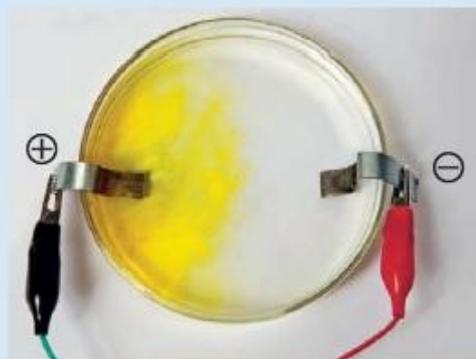
Em nossa avaliação o quadro 10 aponta a seguinte configuração para a atividade “Trabalho em Equipe”:

OBRA LQ4		
Descritores	SIM	NÃO
ATIVIDADE: “Trabalho em Equipe”. PAG. 397		
Apresenta uma problematização	X	-
Inicia a atividade a partir de uma pergunta	X	
Exige do aluno levantamento de hipóteses	X	-
Exige do aluno coleta e/ou análise de dados	X	-
Potencializa um ambiente de debates e discussões	X	-
Exige do aluno aplicação de conhecimentos próprios da ciência	X	-
Exige a formulação de resposta ao questionamento inicial e relato dos resultados	X	-

**Quadro 11: Quadro de descritores da atividade presente no livro LQ4.**

## Eletrólise do iodeto de potássio

A eletrólise do iodeto de potássio,  $KI(s)$ , é muito utilizada para demonstrar o processo em sala de aula e em feiras de ciência, uma vez que produz um efeito muito bonito e bem distinto em cada um dos eletrodos e, além disso, pode ser feita sobre um retroprojetor utilizando materiais relativamente simples, como mostramos a seguir.



Montagem da eletrólise do iodeto de potássio vista no retroprojetor. Você sabe dizer que substância está se formando no ânodo? E no cátodo?

### Material necessário

- 1 retroprojetor com uma folha de papel acetato (transparência)
- 1 placa de Petri ou uma tigela de vidro pequena
- 1 g de iodeto de potássio
- Solução diluída de amido em água (preparada com antecedência)
- Fenolftaleína (encontrada em lojas especializadas)
- Colher de plástico
- Conta-gotas
- 1 cilindro de grafita tirado do interior de um lápis (ou de uma lapiseira grossa)
- 1 bateria de 9 volts
- 2 conectores elétricos (vendidos no comércio com o nome de garra jacaré)

### Como fazer

Coloque um pouco da solução de amido na placa de Petri ou na tigela de vidro – até mais

ou menos a metade de sua capacidade – e adicione o iodeto de potássio. Mexa bem com a colher de plástico até dissolver todo o sal. Adicione uma gota de fenolftaleína.

Coloque o papel acetato (transparência) sobre o retroprojetor e arrume a placa de Petri no centro. Corte dois pedaços (de 3 cm cada um) do cilindro de grafita.

A ilustração está fora de escala. Cores fantasia.



A forma de preparar a solução de amido é descrita no Manual do Professor.

Prenda uma extremidade da garra jacaré em um dos cilindros de grafita e a outra extremidade no polo negativo da bateria de 9 V.

Repita o procedimento com a outra garra jacaré e o outro cilindro de grafita, ligando o sistema no polo positivo da bateria de 9 V.

Coloque os dois cilindros de grafita na placa de Petri de tal forma que apenas o carbono da grafita fique em contato com a solução que se encontra na placa (a presilha da garra jacaré não deve encostar na solução).

### Investigue

1. Que substância está se formando no ânodo? Escreva a semi-reação anódica.
2. Que substância está se formando no cátodo? Escreva a semi-reação catódica.
3. Qual a cor adquirida pela solução de amido. Por quê?
4. Forneça a equação global do processo.

OBRA LQ4		
Descritores	SIM	NÃO
ATIVIDADE: Eletrólise do iodeto de potássio. PAG. 301		
Apresenta uma problematização	-	X
Inicia a atividade a partir de uma pergunta	-	X
Exige do aluno levantamento de hipóteses		X
Exige do aluno coleta e/ou análise de dados	X	-
Potencializa um ambiente de debates e discussões	X	-
Exige do aluno aplicação de conhecimentos próprios da ciência	X	-
Exige a formulação de resposta ao questionamento inicial e relato dos resultados	-	X

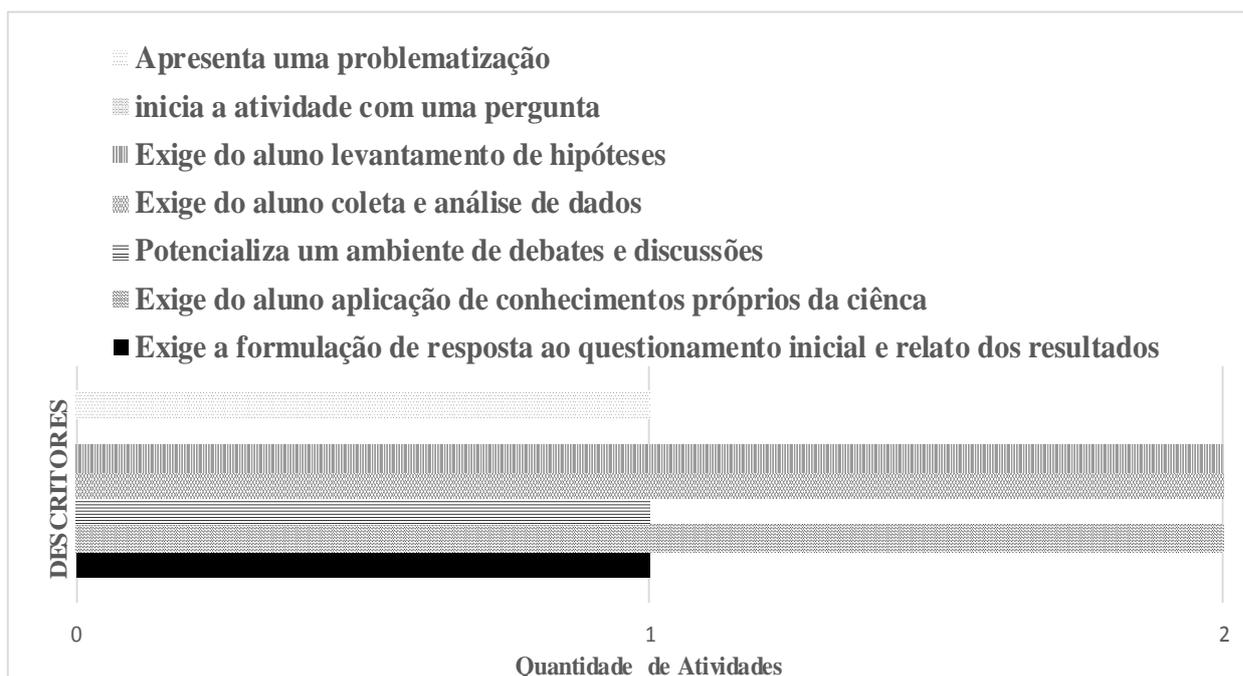
**Quadro 12: Quadro de descritores da atividade presente no livro LQ4.**

Ao ler todo o capítulo do livro didático encontramos uma quantidade expressiva de questões ou exercícios de múltipla escolha, bem como, revisão oriunda de processo seletivo para vestibulares diversos.

A obra chama a atenção por priorizar, em grande número, atividades que não favorecem a alfabetização científica do discente indo de encontro com os indicadores presente no Guia do PNLD2015.

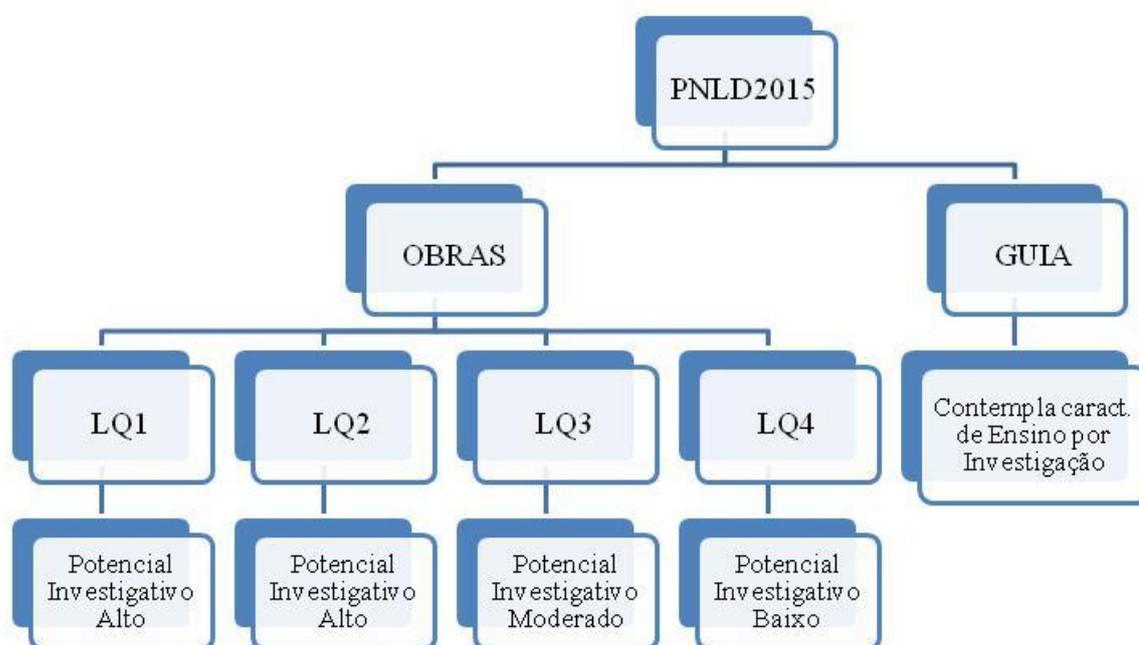
No capítulo avaliado encontramos somente uma atividade classificada como experimental, sendo assim, concluímos que a obra apresenta traços de atividades com características investigativas.

Segue o gráfico gerado através da identificação das características de atividades investigativas presentes na atividade experimental e na atividade classificada como trabalho em grupo.



**Gráfico 4: Frequência dos descritores de Ensino de Ciências por Investigação apresentados no total de atividades experimentais propostas na obra LQ4 analisada.**

Finalmente, após realizarmos todas essas análises, buscamos organizar as informações em um quadro esquemático geral no qual classificamos o potencial investigativo dos textos das atividades experimentais do tema “Eletroquímica” numa gradação de três níveis que vai de “alto”, “moderado” a “baixo”. O potencial investigativo avaliado nesta monografia decresce em cada obra da esquerda (maior potencial) para a direita (menor potencial) tal como na figura 5 a seguir



**Figura 6: Classificação do potencial investigativo das atividades experimentais analisadas.**

## 6. CONCLUSÕES

Nesta monografia procuramos investigar em que medida os textos de atividades experimentais associadas ao tema “eletroquímica” presentes nos livros didáticos do PNLD2015 apresentavam potencial para o desenvolvimento de uma abordagem de “Ensino de Química por Investigação”. Para responder essa questão realizamos um estudo visando compreender as características da proposta de Ensino de Ciências por Investigação e elaboramos dois instrumentos de pesquisa: 1 (um) quadro teórico que sintetiza as principais características do ensino por investigação e (2) um instrumento de pesquisa: o Quadro de Descritores de Atividades Experimentais Investigativas. Tais instrumentos que nos permitiram realizar uma leitura crítica e aprofundada dos Indicadores do Guia do PNLD2015 e dos textos de atividades experimentais propostos sobre o tema “Eletroquímica” dos livros didáticos do referido programa.

Verificamos que a abordagem de Ensino de Química por Investigação se faz presente sendo recomendada nos indicadores do Guia do PNLD2015. Consideramos este resultado como um avanço do ponto de vista do Ensino de Química uma vez que esta abordagem vem sendo proposta e investigada por importantes pesquisadores brasileiros e já vem sendo incorporada no maior programa de livro didático brasileiro. Tal proposta está também associada a um objetivo importante da educação científica que é promover o desenvolvimento de raciocínio científico apresentando aos alunos uma nova forma de agir e pensar.

Percebemos que importantes avanços foram observados na análise dos livros indicados no PNLD e destacamos o instrumento de análise das atividades experimentais desenvolvido neste trabalho que além de se constituir como instrumento desta pesquisa, possui, no nosso ponto de vista, um grande potencial para auxiliar os professores de química a analisar a compatibilidade entre as diferentes perspectivas e abordagens de Ensino de Química, presentes nos livros didáticos do PNLD, e sua própria perspectiva de ensino. Com isso os professores podem analisar e fazer escolhas mais conscientes e criteriosas dos livros didáticos que serão utilizados em suas respectivas escolas.

Resta analisar outras atividades e textos dos livros didáticos para verificarmos se a abordagem de ensino por investigação se faz presente em todo o livro ou se está restrita as propostas de atividades experimentais apresentadas nos mesmos.

O que torna o processo de ensino investigativo é mais o ambiente de ensino aprendizagem do que as atividades em si mesmas. O Professor possui um papel importante de mediador, na construção de conhecimentos científicos, capaz de possibilitar um ambiente favorável ao desenvolvimento de atividades com enfoque investigativo, por tanto, é necessário pesquisar também se o docente incorpora em sua prática de ensino atividades com características investigativas. As atividades investigativas presentes nos livros didáticos estão sendo utilizadas pelo professor como estratégia metodológica ou abordagem didática? Estas atividades estão sendo aplicadas de que maneira?

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AZEVEDO, Maria Cristina P. Stella de. **Ensino por Investigação: Problematizando as atividades em sala de Aula.** In: Ensino de Ciências: Unindo a Pesquisa e a Prática. Organizado por Anna Maria Pessoa de Carvalho, Editora Thomson, 2004, Cap. 2

BORGES, A. T.. Novos rumos para o laboratório escolar de ciências. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, Florianópolis, SC, v. 19, n. 3, p. 291-313, 2002.

BRASÍLIA. **Guia de livros didáticos: PNLD 2015: química: ensino médio.** – Brasília: Ministério da Educação, Secretaria de Educação Básica, 2014. 60p.: il. ISBN: 978-85-7783-162-3.

CARNEIRO, M. H. da S.; SANTOS, W. L. P. dos; MÓL, G. de S. Livro Didático inovador e professores: uma tensão a ser vencida. Ensaio- Pesquisa em Educação em Ciências, V. 7, N.2 dez 2005.

CARVALHO, Anna Maria Pessoa de et al. Ciências no ensino fundamental: o conhecimento físico. São Paulo: Scipione, 1998.

CARVALHO, A. M. P; (org)- **Ensino de Ciências: unindo a pesquisa e a prática-** São Paulo: Pioneira Thompson Learning, 2004.

CERVO, A. L. BERVIAN, P. A. **Metodologia científica.** 5.ed. São Paulo: Prentice Hall, 2002.

CHINN, C; MALHOTRA, B.A. (2002). *Epistemologically authentic inquiry in schools: A theoretical framework for evaluating inquiry tasks. Science Education*, 86:175-218.

DRIVER, R., H. Asoko, et al. (1999). "**Construindo conhecimento científico na sala de aula.**" *Revista Química Nova na Escola*, 1(9). 31-40.

DUNBAR, K. (1999). **O que os cientistas fazem e o que a ciência é: A "ciência como categoria" conta do pensamento científico.** Trabalho apresentado na Conferência Cognitive Basis of Science, New Brunswick, NJ.

FERREIRA DE SÁ, Eliane; FIGUEIREDO, Helder de e Paula; LIMA, Maria Emília Caixeta de Castro; AGUIAR, Orlando Gomes de (2007). **As características das atividades investigativas segundo tutores e coordenadores de um curso especialização em ensino de ciências.**

FIGUEIREDO, N.M.A. **Método e metodologia na pesquisa científica.** 2a ed. São Caetano do Sul, São Paulo, Yendis Editora, 2007.

GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social.** 5.ed. São Paulo: Atlas, 1999.

GOTT, R. & DUGGAN, S. – **Investigative Work in the Science Curriculum**. Série: Developing Science and technology education. Open University Press, 1995.

HODSON, D. **Experimentos na ciência e no ensino de ciências**. Educational Philosophy and Theory, 20, 1988, p. 53-66.

KUHN, Tomas F. : **A Estrutura das Revoluções Científicas**. Universidade de Chicago Press; Traduzido para o espanhol por Agustin Contin como La estructura de las revoluciones científicas, México, Fondo de Cultura Económica, 1971, 257 pp

LAKATOS, E. M.; MARCONI, M. de A. **Fundamentos de metodologia científica**. 4. ed., São Paulo, Atlas, 2001. 288p.

LIMA, Maria Emília Caixeta de Castro e MUNFORD, Danusa. **Ensinar ciências por investigação: em quê estamos de acordo?** Revista Ensaio, Belo Horizonte, 2007, V.9 nº1.

MINAYO, Maria Cecília de Souza (org.). **Pesquisa social: teoria, método e criatividade**. 29. ed. Petropolis, RJ: Vozes, 2010. (Coleção temas sociais).

MORTIMER, Eduardo F. **A evolução dos livros didáticos de Química destinados ao ensino secundário**. Em Aberto, Brasília, v.7, n.40, p. 24-41, out. 1988.

MORTIMER, Eduardo F. **Atividade discursiva nas salas de aula de ciências: uma ferramenta sociocultural para analisar e planejar o ensino**. Investigações em Ensino de Ciências. Porto Alegre - RS, v.7, n.3, 2002.

SANTOS, F. M. T.; GRECA, I.M. Org. **A pesquisa em ensino de Ciências no Brasil e suas metodologias**. Ijuí:Unijuí, 2006.

Sá, E. F. de, et al. (2007). **As características das atividades investigativas segundo tutores e coordenadores de um curso especialização em ensino de ciências**. Disponível em: <<http://www.nutes.ufrj.br/abrapec/vienpec/CR2/p820.pdf>> acessado em 05/05/2016.

SÁ, Eliane Ferreira. **Discursos de professores sobre ensino de ciências por investigação**. 2009. 202f. Tese de Doutorado – Universidade Federal de Minas Gerais, Faculdade de Educação, Belo Horizonte.

SEVERINO, A. J. **Metodologia do Trabalho Científico**. 22a ed. São Paulo: Cortez, 2002. UEL/CECA/EDU. **Programa da disciplina 6 EDU 001 Metodologia do Trabalho Científico em Educação**. Londrina, 2005 (mim).

## APENDICES

### APENDICE

#### OBRA LQ1

## texto 1

### Introdução ao estudo das reações de oxirredução

A pilha é um artefato tecnológico de grande impacto em nossa sociedade. O uso de pilhas e/ou baterias para suprir de eletricidade aparelhos de pequeno e médio porte já é tão corriqueiro que raramente paramos para pensar em como são fabricadas, de que são constituídas, como funcionam e se há riscos de contaminação ou agressão ao ambiente quando descartadas.

Quando nos preocupamos com as reações que ocorrem no organismo, lembramos, por exemplo, das recomendações que sempre ouvimos: “Precisamos comer alimentos que contenham vitaminas”, “Ferro é bom para anemia”, “É preciso repor sais minerais”. Seguimos a maioria delas, mesmo sem saber como essas substâncias atuam em nosso organismo.

Será, porém, que esse ferro “bom para anemia” é o mesmo que constitui pregos e parafusos? Por que, a partir de certa idade, não bastam as vitaminas dos alimentos? O cálcio do leite é o mesmo do da casca do ovo? Por que é mais perigoso comer peixe contaminado por mercúrio do que beber a água na qual eles se contaminam?

Há inúmeras situações que podem ser compreendidas ao estudar as transformações químicas envolvidas em tais casos. Ao nos aprofundarmos nesse estudo, constataremos o quanto é interessante conhecer o movimento de elétrons entre as espécies associadas a essas reações.

A pilha é um exemplo de transformação química que gera energia elétrica. Há transformações, entretanto, que só ocorrem com o consumo de energia elétrica. São exemplos desse último caso reações usadas para aplicar camadas de prata, ouro, cobre ou cromo em objetos metálicos, processo chamado galvanoplastia.

Outro exemplo é a produção de materiais por eletrólise, processo que também envolve o consumo de energia elétrica. Milhões de toneladas de cloro ( $\text{Cl}_2$ ), hidróxido de sódio ( $\text{NaOH}$ ) e alumínio ( $\text{Al}$ ) são produzidas todos os anos por eletrólise.

O estudo das transformações ou reações químicas é, sem dúvida, um dos grandes eixos da Química. Há uma grande variedade de transformações, químicas e bioquímicas, que ocorrem como consequência da interação entre eletricidade e materiais. Essas reações envolvem mudanças no número de elétrons de valência de átomos ou de íons. Isso é possível porque átomos e íons podem perder ou ganhar elétrons. Quando isso acontece, o átomo ou o íon muda o seu estado de oxidação.



Figura 5.2 Nas pilhas existem substâncias que podem contaminar o ambiente, por isso é preciso descartá-las de forma adequada.



Figura 5.3 Nas pilhas ocorrem transformações que geram energia.

Para evitar o uso excessivo das palavras átomos e íons, vamos chamar esses átomos e íons de espécies químicas.

Assim, se compreendermos o comportamento dos elétrons de valência, isto é, daqueles que estão envolvidos nas ligações químicas, poderemos fazer previsões sobre a formação e o rompimento de ligações e avançar no estudo sobre reações químicas. Há muitos exemplos desses tipos de reações disponíveis para nossos estudos. São conhecidas por reações de oxirredução, ou *redox*. Isso significa que essas reações envolvem a oxidação de uma substância e a redução de outra.



Figura 5.4  
A aplicação de camadas metálicas em objetos é um processo que envolve movimento de elétrons e gasto de energia elétrica.

## atividade 1

### Vitamina C como agente redutor – interação com iodo

A substância iodo ( $I_2$ ) é sólida à temperatura ambiente, diferentemente das outras substâncias simples formadas a partir dos elementos do mesmo grupo na tabela periódica (o flúor,  $F_2$ , e o cloro,  $Cl_2$ , são gases, e o bromo,  $Br_2$ , é líquido). A substância simples iodo pode ser adquirida em solução alcoólica, em farmácias, sendo muito usada como agente germicida. Átomos do elemento iodo ( $I$ ) podem ser encontrados em muitos compostos, apresentando-se em vários estados de oxidação.

O suco de limão, da mesma forma que o suco de outras frutas cítricas, é muito rico em vitamina C. Estudaremos, aqui, a ação do ácido ascórbico, que é a própria vitamina C, sobre o iodo. A fórmula molecular da vitamina C é  $C_6H_8O_6$  e sua fórmula estrutural está representada na figura a seguir.



Figura 5.5  
O iodo é uma substância sólida, muito usada como germicida.

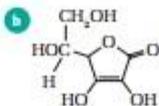


Figura 5.6  
a) A vitamina C é um dos constituintes do limão.  
b) Fórmula estrutural da vitamina C.

### Material

Solução alcoólica de iodo (farmacêutica), um comprimido de vitamina C não efervescente, um limão de tamanho médio, três béqueres de 100 mL (ou copos transparentes), um conta-gotas, uma faca.



**Terça**  
cuidado!

Cuidado ao manusear a faca, pois ela pode causar cortes.



Figura 5.7  
Materiais necessários para a realização do experimento.

### O que fazer

- A1** Coloquem água até a metade dos três béqueres (ou copos).
- A2** Com o auxílio do conta-gotas, transfiram cerca de 10 gotas da solução alcoólica de iodo para cada um dos béqueres. Numerem-nos de 1 a 3, e mantenham o béquer 1 como referência.
- A3** Coloquem, no béquer 2, meio comprimido de vitamina C. Comparem com a cor do béquer 1. Anotem o que foi observado em relação à interação da vitamina C com a solução de iodo.



Figura 5.8  
Você deve colocar gotas de iodo na água.



Figura 5.9  
Observe a interação da vitamina C com a solução de iodo.

- A4** Acrescentem gotas de suco de limão ao béquer 3. Comparem com a cor do béquer 1. Anotem suas observações no caderno.

### Questão

- Q1.** Comparem as cores dos sistemas finais (com vitamina C e com suco de limão). A que vocês atribuem esse resultado?

## texto 2

### Substâncias oxidantes e redutoras

As substâncias químicas, em certas reações químicas, podem se comportar como oxidantes ou redutoras. Uma substância que atua como **reduzida** transfere elétrons para outra substância que atua como **oxidante**.

Nesse processo, a espécie redutora tem seu número de elétrons reduzido, e a espécie oxidante tem seu número de elétrons aumentado. No entanto é importante destacar que uma mesma substância pode atuar como oxidante ou redutora, dependendo da reação de que participa. Portanto, uma substância não é redutora ou oxidante em si mesma, mas em relação à outra substância com a qual interage.

Quando uma substância se comporta como oxidante, em geral um ou mais de seus átomos ou íons **ganham elétrons**. O mesmo acontece em relação às substâncias que se comportam como redutoras, mas nesse caso um ou mais de seus átomos ou íons **perdem elétrons**.

Os átomos ou íons que perdem ou ganham elétrons sofrem uma variação em sua carga. A carga elétrica resultante desse processo é definida como o **número de oxidação (nox)** do átomo.

Considerando que a carga dos elétrons é negativa, o valor relativo do estado de oxidação de uma espécie que recebe elétrons, em uma reação química, diminuirá. Lembre-se de que um átomo neutro tem o número de prótons (de carga positiva) igual ao número de elétrons (de carga negativa). Portanto, um átomo que tem carga positiva – um cátion – perdeu elétrons e um átomo que tem carga negativa – um ânion – ganhou elétrons, já que a identidade dos átomos (ou seja, o número de prótons no núcleo) não se altera nas reações químicas.

Quando está na forma de  $I_2$ , o nox dos átomos de iodo é zero (0). Ao ser reduzido, cada átomo de iodo ganha um elétron, de modo que ele passa a existir na forma  $I^-$ , sendo, então,  $-1$  o valor do nox. Considerando que o  $I_2$  é constituído por dois átomos de iodo, cada molécula de iodo recebe dois elétrons que darão origem a duas espécies  $I^-$ .

Ao receber esses elétrons nessa reação, a substância iodo ( $I_2$ ) está atuando como oxidante, pois outra substância, no caso a vitamina C, está doando esses elétrons e oxidando-se no processo.

Podemos representar o fenômeno de redução do iodo da seguinte forma:



O ânion  $I^-$  chama-se iodeto. A transformação do iodo em iodeto depende, portanto, da obtenção de elétrons de alguma fonte. No caso do experimento feito na Atividade 1, a fonte de elétrons foi a vitamina C, presente no suco de limão ou no comprimido.

Na Atividade 1, quando adicionamos a solução alcoólica de iodo à água, obtivemos um líquido alaranjado. Quando introduzimos o suco de limão ou a vitamina C contida no comprimido, observamos a descoloração da solução. Essa descoloração corresponde à transformação de iodo em iodeto.

Uma última consideração é a de que se deve observar a presença de **ligações duplas** na molécula de vitamina C. As ligações covalentes simples são formadas por apenas um par de elétrons. Já as ligações duplas, que aparecem na estrutura da vitamina C, são formadas por dois pares de elétrons. Os elétrons da ligação dupla são mais disponíveis do que os elétrons das ligações simples. Na molécula da vitamina C há também a presença de pares de elétrons que não fazem parte de ligações químicas nos átomos de oxigênio. Esses pares de elétrons, chamados **elétrons não ligantes**, são também disponíveis para as reações de oxirredução.

Durante o processo de oxirredução, esses elétrons mais disponíveis da molécula de vitamina C são cedidos aos átomos de iodo, ocorrendo a oxidação da vitamina C e a redução do iodo. Disso decorre, é claro, uma mudança do estado de oxidação de um ou mais de seus átomos de carbono. Como a vitamina C tem uma estrutura complexa, não é fácil determinar, como no caso do iodo, que átomos de carbono estão sofrendo variações nos seus nox. A figura 5.10 ilustra uma das oxidações possíveis.

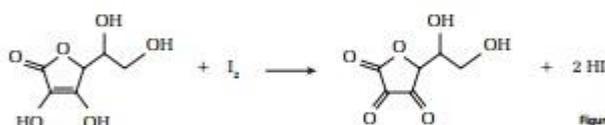
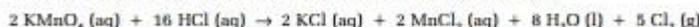


Figura 5.10  
Representação para uma das oxidações possíveis da vitamina C em interação com o iodo.

A vitamina C é um exemplo de substância orgânica que se comporta como redutora. O comportamento das substâncias orgânicas em reações redox pode ser mais complexo que o das substâncias inorgânicas, pois a redução ou oxidação pode envolver vários átomos numa molécula, enquanto nas substâncias inorgânicas esse processo, em geral, envolve apenas um dos átomos.

### Cálculo do número de oxidação (nox)

Vejam, por exemplo, a reação entre permanganato de potássio ( $\text{KMnO}_4$ ) e ácido clorídrico ( $\text{HCl}$ ), que pode ser expressa pela equação:



Para identificarmos se essa equação representa uma reação de oxirredução, é necessário identificar as espécies que são oxidadas e reduzidas. Para isso, precisamos calcular os números de oxidação (nox) dos átomos presentes para verificar que espécies sofreram mudanças nos estados de oxidação. Vamos começar por analisar as espécies reagentes, iniciando pelo caso do  $\text{KMnO}_4$ .

O número de oxidação do potássio ( $\text{nox}_K$ ) é +1 e o do oxigênio ( $\text{nox}_O$ ) é -2 na maioria de seus compostos. A carga total do  $\text{KMnO}_4$  ( $\text{nox}_{\text{KMnO}_4}$ ) é zero, pois não há indicação de cargas na fórmula.

Portanto, em relação ao manganês, no  $\text{KMnO}_4$ , temos:

$$\begin{aligned}\text{nox}_{\text{KMnO}_4} &= \text{nox}_K + \text{nox}_{\text{Mn}} + 4 \text{nox}_O \Rightarrow \\ \Rightarrow 0 &= (+1) + \text{nox}_{\text{Mn}} + 4(-2) \Rightarrow \\ \Rightarrow 0 &= 1 + \text{nox}_{\text{Mn}} - 8 \Rightarrow \\ \Rightarrow \text{nox}_{\text{Mn}} &= -1 + 8 \Rightarrow \\ \Rightarrow \text{nox}_{\text{Mn}} &= +7\end{aligned}$$

Portanto, o  $\text{nox}$  do manganês, no  $\text{KMnO}_4$ , é +7.

Em relação ao  $\text{HCl}$ , o hidrogênio tem  $\text{nox}$  igual a +1 na maioria dos compostos de que participa. Portanto, para que o  $\text{HCl}$  tenha carga igual a zero, o  $\text{nox}$  do  $\text{Cl}$  tem que ser igual a -1.

Vamos agora analisar as espécies que foram produzidas na reação. Note que, em relação ao  $\text{KCl}$ , o potássio tem  $\text{nox}$  +1 e o cloro, -1. Portanto, no  $\text{KCl}$ , não houve variação nos estados de oxidação do cloro e do potássio em relação ao cloro e potássio presentes nos reagentes.

O mesmo ocorre com os átomos de hidrogênio e oxigênio presentes nas moléculas de água dos produtos. O hidrogênio permanece com  $\text{nox}$  +1 e o oxigênio, com  $\text{nox}$  -2.

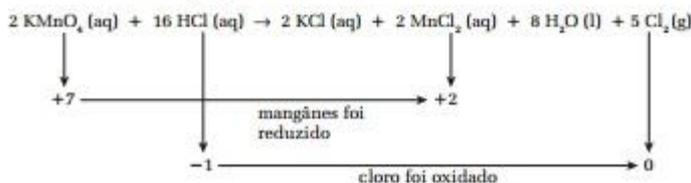
No caso do  $\text{MnCl}_2$ , considerando que o  $\text{nox}$  do  $\text{Cl}$  é igual a -1, temos:

$$\begin{aligned}\text{nox}_{\text{MnCl}_2} &= \text{nox}_{\text{Mn}} + 2 \text{nox}_{\text{Cl}} \Rightarrow \\ \Rightarrow 0 &= \text{nox}_{\text{Mn}} + 2(-1) \Rightarrow \\ \Rightarrow 0 &= \text{nox}_{\text{Mn}} - 2 \Rightarrow \\ \Rightarrow \text{nox}_{\text{Mn}} &= +2\end{aligned}$$

Note que o  $\text{nox}$  do manganês mudou de +7 nos reagentes para +2 nos produtos. Portanto, ele foi reduzido (ganhou elétrons), o que evidencia que o  $\text{KMnO}_4$  se comporta como oxidante nessa reação.

O cloro aparece nos produtos na forma de íons cloreto ( $\text{Cl}^-$ ), mas também na forma de gás cloro ( $\text{Cl}_2$ ). Em relação ao  $\text{Cl}_2$  o  $\text{nox}$  dos átomos numa substância simples é sempre igual a zero, pois os elétrons da ligação estão igualmente compartilhados entre os dois átomos. Portanto, o cloro tem  $\text{nox} = 0$  nessa espécie. O  $\text{nox}$  do cloro mudou de -1 nos reagentes para 0 numa das espécies do produto. Portanto, ele foi oxidado (perdeu elétrons), o que evidencia que o  $\text{HCl}$  se comporta como redutor nessa reação.

Resumindo, na equação teríamos:



Portanto, nessa reação, o  $\text{KMnO}_4$  é o oxidante e o  $\text{HCl}$ , o redutor.

A nomenclatura usada pode originar confusão para compreender a diferenciação dos fenômenos, pois é a espécie oxidante a que se reduz na reação, enquanto a espécie redutora é a que se oxida. Portanto, na oxidante, o valor relativo do número de oxidação diminui – afinal, essa espécie recebe elétrons, se reduzindo –, ao passo que na espécie redutora o valor relativo do número de oxidação aumenta – pois essa espécie doa elétrons, se oxidando.

### Questões

02. Na Atividade 1, a vitamina C promoveu um descolorimento da solução de iodo ( $I_2$ ). Nesse caso, a vitamina C foi oxidada e o iodo foi reduzido. Quando está na forma de  $I_2$ , o nox do iodo é zero. Ao ser reduzido, transformando-se em  $I^-$  (iodeto), o nox do iodo passa para  $-1$ .
- Lembrando da que foi estudado no capítulo de ligações químicas, que tipo de substância é o  $I_2$ ?
  - Explique por que o nox do iodo na forma de  $I_2$  é zero.
  - Explique por que o nox do iodo na forma de  $I^-$  é  $-1$ .
03. Na reação entre  $I_2$  e vitamina C, qual é o agente redutor e qual é o agente oxidante? Justifique sua resposta.
04. Escreva a equação que representa a transformação do iodo ( $I_2$ ) em iodeto ( $I^-$ ) e indique os nox do iodo nas espécies reagente e produto.
05. Existe uma substância, o hipoclorito de sódio ( $NaClO$ ), que, em solução aquosa, é muito utilizada para limpeza em geral e clareamento de roupas e como bactericida. Comercialmente, é conhecida como água sanitária. O hipoclorito, que em solução aquosa fica sob a forma de  $ClO^-$ , é um agente oxidante. Quando interage com redutores, essa espécie se transforma em cloreto ( $Cl^-$ ) e, em presença de água, o oxigênio se reagrupa como  $OH^-$ . Escreva a equação da transformação do hipoclorito em cloreto e indique os nox das espécies de cloro nos produtos e reagentes. O cloro foi oxidado ou reduzido?
06. Considere, agora, o sistema final da reação do iodo com a vitamina C. Suponha que adicionemos, a esse sistema, solução de hipoclorito de sódio. Considerando que a reação que ocorre é a combinação desses processos, escreva a equação que representa a reação entre o iodeto e o hipoclorito, somando as equações obtidas nos itens 04 e 05. Qual é a evidência de que ocorreu essa reação?
07. Neste texto comentamos que as propriedades redox de substâncias são propriedades relacionais. Isso significa que uma substância não é oxidante ou redutora em si, mas em relação à substância com a qual interage. Esse tipo de propriedade relacional não é exclusivo das espécies redox. Também nas reações ácido-base podemos afirmar que uma espécie não é ácida em si, mas em relação a outra espécie.
- Pesquise um exemplo de uma substância que possa atuar como oxidante em uma reação química e como redutora em outra reação. Indique as fontes utilizadas na pesquisa.
  - Pesquise um exemplo de substância que possa atuar como ácido em uma reação química e como base em outra reação. Indique as fontes utilizadas na pesquisa.

Não recorra ao livro.

Reveja o conteúdo do capítulo 9, estudado no volume 1, que trata de ligações químicas.

204

Obra LQ1		
Descritores	SIM	NÃO
ATIVIDADE 6 PAG. 198 A 204 – A1	-	-
Apresenta uma problematização ou parte de um questionamento	X	-
Exige do aluno levantamento de hipóteses	-	X
Exige do aluno coleta e análise de dados	X	-
Potencializa um ambiente de debates e discussões	X	-
Exige do aluno aplicação de conhecimentos próprios da ciência	X	-
Exige a formulação de resposta ao questionamento inicial e relato dos resultados	-	X

➤ Apresenta uma problematização

- O livro desenvolve uma contextualização através de textos introdutórios ao estudo de reações redox e utiliza uma atividade experimental com o título: “VITAMINA C COMO AGENTE REDUTOR; INTERAÇÃO COM O

AMIDO”. Há uma problematização com o objetivo de investigar as mudanças macroscópicas apresentadas no experimento oriundas das transformações entre as substâncias oxidantes e redutoras.

- Exige do aluno coleta e análises de dados
  - O QUE FAZER item A1 a A4.
  
- Potencializa um ambiente de debates e discussões
  - Questão Q1
  - Questão Q7 Cabendo ao professor mediar o debate pois não há explicitamente no comando da questão essa orientação.
  
- Exige do aluno aplicação de conhecimentos próprios da ciência
  - Questão Q2 a Q6.

## atividade 2

### Vitamina C como agente redutor – interação com permanganato de potássio

O permanganato de potássio, de fórmula  $\text{KMnO}_4$ , é um sal sólido muito solúvel em água.

Seu uso farmacológico é como agente bactericida, recomendado para tratamento de feridas na pele – por exemplo, as que aparecem em consequência da catapora –, através de banhos com soluções bem diluídas. Pode ser encontrado em pequenos comprimidos em farmácias de bairro ou em farmácias de manipulação. Por sua ação oxidante, mancha facilmente a pele ao reagir com proteínas da epiderme. A cor da solução desse sal é violeta, mais ou menos intensa conforme a concentração da solução. O íon permanganato  $\text{MnO}_4^-$ , no qual o manganês se apresenta como  $\text{Mn}^{7+}$ , é o responsável por essa cor. Assim como outros elementos de transição, o manganês forma sais coloridos.

O  $\text{Mn}^{7+}$  pode ser reduzido com facilidade a  $\text{Mn}^{2+}$  (sais rosados quase incolores), passando por  $\text{Mn}^{4+}$  (sais verdes) e  $\text{Mn}^{3+}$  (sais marrom-escuros). A espécie formada em consequência do processo de redução depende da acidez do meio de reação.

Nesta atividade, acompanharemos as mudanças de tonalidades de uma solução de permanganato de potássio, à medida que provocamos a redução do Mn (VII).



Figura 5.15  
Cristal de permanganato de potássio.

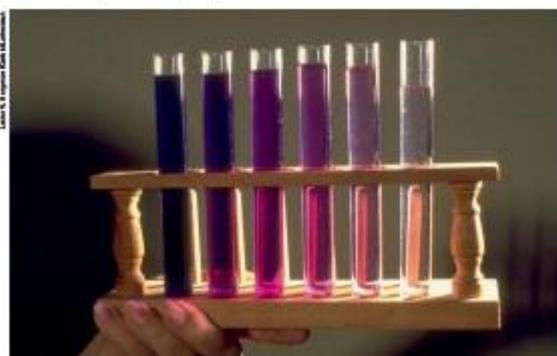


Figura 5.16  
Solução de permanganato em diferentes concentrações.

**Material**

Permanganato de potássio, um limão, um comprimido de vitamina C, três béqueres de 100 mL, uma faca (para cortar o limão).



Figura 5.17  
Materiais necessários para realizar a atividade.

**O que fazer**

- A5** Preparem 200 mL (cerca de um copo) de solução de permanganato de potássio bastante diluída. Para isso, utilizem alguns grãos desse sal (se vocês dispuserem dele em grãos) ou 1/6 de um comprimido. Dividam a solução em três béqueres (numerem-nos de 1 a 3) para que um deles contenha a solução original para ser usada como uma referência de cor (bêquer 1). Anotem suas observações.
- A6** Lentamente, acrescentem gotas de suco de limão ao bêquer 2 e anotem suas observações.
- A7** No bêquer 3, acrescente meio comprimido de vitamina C e anotem suas observações.

Sistema inicial	Operação
a) solução de permanganato [bêquer 1]	[a ser usado como padrão de cor]
b) solução de permanganato [bêquer 2]	adição de suco de limão
c) solução de permanganato [bêquer 3]	adição de vitamina C

**Questões**

- Q8.** Tendo em vista as variações das cores no fenômeno que vocês observaram e as informações do início desta atividade, descrevam o que ocorreu em cada caso, especificando todos os acontecimentos.
- Q9.** No experimento realizado, a vitamina C promoveu o descolorimento da solução de permanganato de potássio ( $\text{KMnO}_4$ ). Nesse caso, a vitamina C foi oxidada e o átomo de manganês do  $\text{KMnO}_4$  foi reduzido. Na substância  $\text{KMnO}_4$ , o nox do átomo de manganês é +7 e na solução incolor obtida ao final do experimento, após sua redução, o nox do átomo de manganês é +2.
- Lembrando do que foi estudado no capítulo de ligações químicas, que tipo de substância é o  $\text{KMnO}_4$ ?
  - Identifiquem o nox do Mn na substância  $\text{KMnO}_4$ .
  - Quais são as evidências de que durante o experimento o Mn foi reduzido?
  - Na reação entre  $\text{KMnO}_4$  e vitamina C, qual é o agente redutor e qual é o agente oxidante? Justifiquem sua resposta.

Quadro 5.A  
Anotem suas observações para cada uma das situações mostradas no quadro.

210

Obra LQ1		
Descritores	SIM	NÃO
ATIVIDADE 6 PAG. 209 A 210 – A2	-	-
Apresenta uma problematização ou parte de um questionamento	X	-
Exige do aluno levantamento de hipóteses	-	X
Exige do aluno coleta e análise de dados	X	-
Potencializa um ambiente de debates e discussões	X	-
Exige do aluno aplicação de conhecimentos próprios da ciência	X	-
Exige a formulação de resposta ao questionamento inicial e relato dos resultados	-	X

- Apresenta uma problematização

- O livro desenvolve uma contextualização através de textos introdutórios ao estudo de reações redox e sugere a atividade experimental com o título: “VITAMINA C COMO AGENTE REDUTOR; INTERAÇÃO COM O PERMANGANATO DE POTÁSSIO”. Há uma problematização com o objetivo de investigar as mudanças macroscópicas apresentadas no experimento oriundas das transformações entre as substâncias oxidantes e redutoras.
- Exige do aluno coleta e análises de dados
  - item A5 a A7.
- Potencializa um ambiente de debates e discussões
  - Cabe ao professor mediar o debate pois não há explicitamente no comando da questão essa orientação.
- Exige do aluno aplicação de conhecimentos próprios da ciência
  - Questão Q8 e Q9.

## texto 5

### Algumas informações sobre a vitamina C

#### Aspectos históricos

A vitamina C, a mais comum das vitaminas, é a substância quimicamente conhecida como ácido ascórbico, um ácido de natureza orgânica. O seu nome vem de um termo latino – *scorbutus* – que era usado para designar os sintomas decorrentes de sua falta no organismo.

Até cerca de 200 anos atrás, eram comuns viagens marítimas que duravam meses no mar. Exploradores, marinheiros ou outras pessoas nelas envolvidas só comiam alimentos de provisões estocadas. Não faltavam carboidratos nem proteínas, mas muitos sentiam falta de frutas frescas e vegetais que os proveriam com a vitamina C.

A falta dessa vitamina provocava sangramento nas gengivas, dor nos ossos e, quando se agravava, surgiam micro-hemorragias debaixo da pele, podendo levar à morte. Conta-se que Vasco da Gama (1469-1524), o navegador português que, em 1497, foi o primeiro europeu a contornar o Cabo da Boa Esperança (sul da África), perdeu mais da metade de seus homens por uma doença que era, muito provavelmente, o escorbuto. Por volta de 1500, contudo, alguns navegantes holandeses e ingleses detectaram o poder de frutas frescas e de suco de limão na prevenção daquele mal em longas viagens. Durante muito tempo, o limão foi presença obrigatória nas dietas dos marinheiros e navegantes.



Figura 5.18  
A vitamina C é conhecida como ácido ascórbico e pode ser comercializada como comprimidos efervescentes.



Figura 5.19  
Alimentos ricos em vitamina C: a) limões-da-pérsia; b) pimentões; c) morangos; d) tomates; e) brócolis; e f) kiwis.

### Considerações sobre a estrutura da vitamina C

A vitamina C é solúvel em água. Observando a sua estrutura, pode-se constatar a presença dos grupos  $-OH$ , que favorecem sua dissolução em água. Sua fórmula estrutural está representada na figura 5.20.

As ligações entre os átomos são covalentes. O poder redutor da vitamina C está associado à sua facilidade em se oxidar. Por isso devemos considerar que a exposição de alimentos ricos em vitamina C à presença de ar ou ao calor provoca a perda de seu poder redutor. Na Atividade 1 citamos um dos produtos da oxidação da vitamina C. O mecanismo da oxidação do ácido ascórbico é bastante complicado. Por isso não o examinaremos aqui. Basta-nos, por enquanto, reconhecer e utilizar o grande poder redutor dessa substância, tão facilmente disponível.

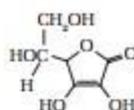


Figura 5.20  
Fórmula estrutural da vitamina C.

## atividade 3

### Maçãs especiais

As pessoas fazem uso das frutas em sua alimentação de maneira bem variada. Você, por exemplo, gosta de suco de laranja? Você o toma logo após preparar, ou o deixa guardado na geladeira para bebê-lo mais tarde? Quase ninguém guarda bananas descascadas, mas é comum guardar abacaxi já sem casca na geladeira. Há muitas diferenças na constituição das frutas, mas não é preciso mais do que nossa própria experiência ao consumi-las para saber como melhor aproveitá-las. Depois desta atividade, esperamos estabelecer critérios adequados para decidir como guardar uma maçã depois de partida. Além disso, acreditamos que você tomará iniciativas para fazer outras experiências relacionadas à conservação de alimentos.



Figura 5.21  
Materiais necessários para a atividade.

#### PARTE A → Evidências de transformações na maçã

##### Material

Uma maçã, um limão, açúcar (uma colher de sopa), três pires, uma faca.

##### O que fazer

- A8** Cortem a maçã em fatias.
- A9** Escolham três fatias que apresentem uma superfície grande da polpa e disponham-nas, uma a uma, nos três pires.
- A10** Coloquem suco de limão sobre uma das fatias, cobrindo toda a sua superfície.

**Tenha cuidado!** Cuidado ao manusear a faca, pois ela pode causar cortes.

- A11** Da mesma forma, espalhem açúcar sobre outra fatia.
- A12** Deixem a terceira fatia exposta ao ar, sem qualquer proteção.
- A13** Mantenham esse conjunto em local protegido, para que não seja manipulado por ninguém.
- A14** Anotem a hora em que tudo foi preparado e passem a fazer observações de 4 em 4 horas, ou quando puderem, até o dia seguinte. Façam um registro de cada observação anotando todas as modificações sofridas pelo sistema.

### Considerações

Como já discutimos, há muitas variações de cor e de aspecto que são evidências de reações químicas. O escurecimento da maçã, quando exposta ao ar, é uma dessas evidências de que há substâncias na constituição da maçã que reagem com o oxigênio do ar, oxidando-se. O produto formado pode, às vezes, ser considerado como resultante da decomposição da maçã. Quase todos os materiais orgânicos decompõem-se quando oxidados, gerando gás carbônico ( $\text{CO}_2$ ). O escurecimento da maçã (ou mesmo o da banana ou de outras frutas) é uma evidência de que novas substâncias são formadas, nem sempre desejáveis.



Figura 5.22 Quando exposta ao ar, a maçã escurece.

### PARTE B → Interações entre pregos e maçã

#### Material

Dois pregos (ou pedaços de ferro) de aproximadamente 8 cm, detergente, uma maçã inteira.

#### O que fazer

- A15** Lavem bem os pregos com detergente para eliminar a gordura que pode estar aderida à sua superfície.
- A16** Deixem um dos pregos exposto ao ar.
- A17** O outro prego deve ser fincado em uma maçã inteira. Deixem esse sistema (prego + maçã) por dois dias em um local protegido, para que não seja manipulado por ninguém.
- A18** Ao final desse tempo, cortem a maçã para observar o aspecto interno dela e do prego.
- A19** Registrem todas as suas observações sobre o prego isolado, o prego na maçã e a maçã.

### Questões

- Q10.** Comparem os processos que ocorreram com as maçãs na parte A e na parte B desta atividade e respondam se eles são semelhantes.
- Q11.** Escrevam um texto a partir das observações feitas, tendo em vista o que vocês já aprenderam neste capítulo.

**Tenha cuidado!** Fique atento ao manusear os pregos, pois eles podem causar ferimentos.

Obra LQ1		
Descritores	SIM	NÃO
ATIVIDADE 6 PAG. 211 A 213 – A3	-	-
Apresenta uma problematização ou parte de um questionamento	X	-
Exige do aluno levantamento de hipóteses	X	-
Exige do aluno coleta e análise de dados	X	-
Potencializa um ambiente de debates e discussões	X	-
Exige do aluno aplicação de conhecimentos próprios da ciência	X	-
Exige a formulação de resposta ao questionamento inicial e relato dos resultados	X	-

- Apresenta uma problematização
  - O livro desenvolve uma contextualização através do texto 5 trazendo informações sobre a vitamina C e sugere a atividade experimental “evidencias

de transformações na maçã” parte A e “interações entre pregos e maçãs” na parte B. Há uma problematização com o objetivo de investigar se há semelhanças nos processos de transformações nos experimentos parte A e parte B.

- Exige do aluno coleta e análises de dados
  - Parte A item A14
  - Parte B item A18 e A19.
  
- Potencializa um ambiente de debates e discussões
  - Cabe ao professor mediar o debate pois não há explicitamente no comando da questão essa orientação.
  
- Exige do aluno aplicação de conhecimentos próprios da ciência
  - Questão Q10 e Q11.
  
- Exige a formulação de resposta ao questionamento inicial e relato dos resultados
  - Exige a produção dos resultados em forma de texto.

## texto 6

### Maçãs especiais

A maçã é uma fruta cuja casca pode ser utilizada como indicador natural ácido-base. Sua polpa, quando exposta ao ar, escurece facilmente, por oxidação de alguma ou algumas de suas substâncias constitutivas. O limão e o açúcar, colocados sobre a polpa, vão prevenir essa oxidação por dois motivos. Primeiro, porque protegem a superfície da polpa, dificultando seu contato com o oxigênio do ar. Segundo, porque existem substâncias no limão (ácido ascórbico) e no açúcar (sacarose) que podem agir como redutoras e que, na presença do oxigênio do ar, se oxidam no lugar de substâncias da polpa.

Na segunda parte do experimento, o que foi observado deve-se à ação do ácido málico ( $C_4H_4O_4$ ), presente na maçã, cuja estrutura está representada a seguir:

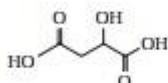


Figura 5.25  
Fórmula estrutural do ácido málico.

Esse ácido reage com o ferro do prego, oxidando-o a  $Fe^{2+}$ . A substância formada, o malato ferroso, é azulada e, à medida que se forma, escurece a polpa da maçã.

Observando o prego (ou pedaço de ferro) imediatamente após retirá-lo da maçã, pode-se constatar que ele quase não mudou de cor. Seu aspecto é muito parecido com o do prego deixado fora da maçã, apenas um pouco menos brilhante. Após algumas horas, contudo, podem-se observar sinais de ferrugem – uma cor amarelada – justamente na parte que estava dentro da maçã. Assim, torna-se mais evidente que houve oxidação do ferro pela maçã.

Esse processo ocorre no interior da fruta, na ausência do oxigênio do ar. Por isso, é formado o  $Fe^{2+}$ , que se associa ao grupo maleato, de cor azul-escuro. Quando o prego é retirado da maçã, a superfície que reagiu fica exposta ao ar. Provavelmente mais vulnerável do que antes de entrar em contato com a maçã, o ferro dessa superfície se oxida ao ar, produzindo óxidos de ferro (com estado de oxidação +3, provavelmente), amarelos.

Como se pode constatar, na primeira parte do experimento a maçã é oxidada na presença do oxigênio do ar, e na segunda parte a maçã oxida o ferro. De fato, são as substâncias presentes na maçã que se comportam, no primeiro caso, como redutoras e, no segundo, como oxidantes. O interessante é considerar que esses comportamentos dependem das circunstâncias – e das substâncias presentes no sistema. Esse fato ilustra a ideia de que não há, de forma absoluta, uma substância redutora ou oxidante.



Figura 5.24  
Após alguns dias observou-se o escurecimento da maçã onde o prego foi inserido.

## atividade 4

### Compreendendo a tabela de potenciais de eletrodos-padrão de redução

Na Atividade 3, vimos que uma mesma substância pode se comportar como oxidante ou como redutora, dependendo da outra substância com a qual ela reage. Será que há uma forma de prever se uma substância se comporta como redutora ou oxidante diante de outra?

Nesta atividade, vamos introduzir uma importante ferramenta que pode ser usada para fazer esse tipo de previsão, pelo menos em relação a muitas das substâncias simples e dos sais mais comuns: a **Tabela de potenciais de eletrodos-padrão**, a 25°C, na coluna Potencial de redução  $E^\circ$  (V). O uso dessa tabela permite prever se uma reação é ou não espontânea – a exemplo da expressão da energia livre, que usamos no capítulo 2 do volume 2 para fazer esse tipo de previsão a partir de variações de entalpia e de entropia de uma dada reação. Aqui, no entanto, prever se uma reação é espontânea não significa dizer que ela ocorre imediatamente, pois isso depende da velocidade da reação, que pode ser lenta.

Para entendermos a lógica de organização da tabela de potenciais de redução, vamos trabalhar, inicialmente, com três metais e três soluções com íons desses mesmos metais, testando que soluções reagem com cada metal.

#### Material

Placas de magnésio (Mg), zinco (Zn) e cobre (Cu); soluções 1 mol/L de: cloreto de magnésio ( $MgCl_2$ ), sulfato de zinco ( $ZnSO_4$ ), sulfato de cobre ( $CuSO_4$ ), três béqueres de 100 mL e três conta-gotas.



Consulte a Tabela de potenciais de eletrodos-padrão na página 274.

**Tenha cuidado!** Este o contato das soluções com a pele. Se isso ocorrer, lave com água em abundância.

Figura 5.25  
Materiais a serem utilizados na atividade.

### O que fazer

- A20** Coloquem a placa de magnésio sobre uma folha de papel e escrevam na folha, paralelamente ao lado mais comprido da placa, o símbolo dos íons  $Mg^{2+}$ ,  $Zn^{2+}$  e  $Cu^{2+}$ , deixando algum espaço entre dois símbolos consecutivos. Observem a figura 5.26.

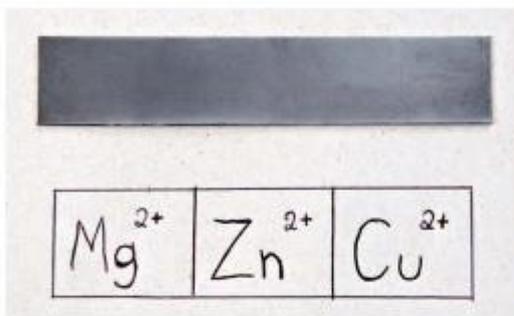


Figura 5.26  
Placa de magnésio sobre folha de papel.

- A21** Usando um conta-gotas diferente para cada solução, coloquem duas gotas de cada solução sobre a placa de metal, no lugar próximo àquele onde vocês escreveram o símbolo correspondente ao íon presente na solução. Reproduzam o quadro 5.5 no caderno e anotem os resultados, usando o sinal "+" para indicar que houve alguma reação entre a solução e a placa de metal, e o sinal "-" para indicar que essa reação não ocorreu.

Íon → Metal ↓	$Mg^{2+}$	$Zn^{2+}$	$Cu^{2+}$
Mg	.....	.....	.....
Zn	.....	.....	.....
Cu	.....	.....	.....

Quadro 5.5  
Observações realizadas no experimento.

- A22** Repitam os procedimentos A20 e A21 para as placas de zinco e cobre.

### Questões

- Q12.** Que metal reagiu com todos os outros íons metálicos? Considerando que todas as reações neste experimento são de oxirredução, esse metal é capaz de oxidar ou de reduzir todos os íons?
- Q13.** Qual dos íons em solução reagiu com todos os outros metais? Considerando que todas as reações neste experimento são de oxirredução, esse íon é capaz de oxidar ou de reduzir todos os metais?

- Q14. Escrevam no caderno as equações de todas as reações que ocorreram no experimento.

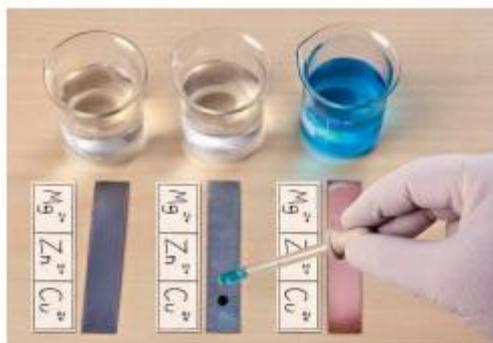
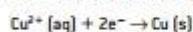


Figura 5.27  
Que soluções reagem com cada placa metálica?

- Q15. Escrevam, agora, apenas as reações de redução que ocorreram, por exemplo:



Usando os dados obtidos, coloquem essas reações em ordem, do oxidante mais "potente" para o menos "potente". Lembrem-se de que qualquer espécie que é oxidante se reduz na reação de oxirredução.

- Q16. Escrevam, agora, apenas as reações de oxidação que ocorreram, por exemplo:



Usando os dados obtidos, coloquem essas reações em ordem, do redutor mais "potente" para o menos "potente". Lembrem-se de que qualquer espécie que é redutora se oxida na reação.

## texto ?

### Potenciais-padrão de redução

Na Atividade 4 verificamos que a força redutora de metais ou força oxidante de cátions metálicos é sempre relativa. No caso estudado, o magnésio metálico foi capaz de reduzir todos os outros cátions, sendo, portanto, o mais forte redutor de todos os metais investigados. Por sua vez, o cátion metálico  $\text{Cu}^{2+}$  foi capaz de oxidar todos os outros metais, sendo, portanto, o mais forte oxidante de todos os cátions investigados.

As reações de oxirredução podem ser escritas separadamente e são chamadas de semirreações.

Obra LQ1		
Descritores	SIM	NÃO
ATIVIDADE 4 PAG. 214 A 217 – A4	-	-
Apresenta uma problematização ou parte de um questionamento	X	-
Exige do aluno levantamento de hipóteses	-	X
Exige do aluno coleta e análise de dados	X	-
Potencializa um ambiente de debates e discussões	X	-
Exige do aluno aplicação de conhecimentos próprios da ciência	X	-
Exige a formulação de resposta ao questionamento inicial e relato dos resultados	-	X

- Apresenta uma problematização
  - O livro desenvolve uma contextualização através do texto 6 “Maças Especiais” sugere a execução da atividade experimental para compreender a tabela de potenciais de eletrodo padrão de redução. Há uma problematização no desenvolvimento da atividade experimental.
  
- Exige do aluno coleta e análises de dados
  - Parte A item A14
  - Parte B item A18 e A19.
  
- Potencializa um ambiente de debates e discussões
  - Cabe ao professor mediar o debate pois não há explicitamente no comando da questão essa orientação.
  
- Exige do aluno aplicação de conhecimentos próprios da ciência
  - Questão Q10 e Q11.

## atividade 7

### Um exemplo de eletrólise

A eletrólise é outro exemplo de reação de oxirredução que se passa numa célula eletroquímica, a exemplo do que ocorre com as pilhas e baterias. Ao contrário dessas, nas quais a energia elétrica é produzida, pois a reação de oxirredução é espontânea, no caso da eletrólise é necessário o fornecimento de energia para que a reação ocorra, pois ela não é espontânea. Para melhorar nossa compreensão desses sistemas, vamos discutir alguns conceitos.

Uma célula eletroquímica é normalmente composta por dois eletrodos, onde vão ocorrer as duas semirreações: uma de oxidação e outra de redução.

O eletrodo no qual ocorre a oxidação é chamado de anodo. O eletrodo em que ocorre a redução, catodo. Além desses eletrodos, a célula é composta ainda por um eletrólito, que é o meio (geralmente uma solução) em que estão imersos os eletrodos e é responsável pela condução da corrente elétrica, na forma de íons, do anodo para o catodo. Para fechar o circuito, há ainda uma ligação entre os eletrodos, por onde os elétrons migram do anodo para o catodo.

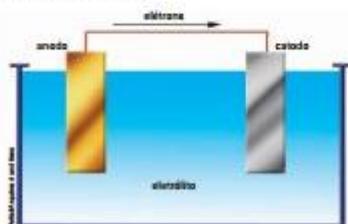


Figura 5.45  
Esquema de célula eletroquímica.

Nesta atividade, vocês vão investigar a eletrólise de uma solução aquosa de iodeto de potássio (KI) e depois identificar os produtos formados nos eletrodos.

#### Material

Um béquer de 250 mL, dois eletrodos de grafita, uma fonte de corrente contínua (ou uma bateria de 9 V) e fios para conexão, solução de iodeto de potássio (KI) 0,5 mol/L, papel indicador universal, fenolftaleína, um conta-gotas.



Figura 5.46  
Alguns materiais necessários para a atividade. A fonte pode ser substituída por uma bateria de 9 V.

#### O que fazer

- A33** Montem o dispositivo para a eletrólise utilizando o béquer. Usem, como modelo, o esquema para célula eletroquímica, apresentado na figura 5.45.
- A34** Utilizando o papel indicador, verifiquem se a solução de KI é ácida, básica ou neutra [pH]. Registrem o resultado no caderno.
- A35** Enchem o béquer até chegar a 2 cm das bordas com a solução de KI e adicionem 10 gotas de fenolftaleína.
- A36** Coloquem os dois eletrodos de grafita no béquer, de modo que fiquem diametralmente opostos, ou seja, em lados opostos.
- A37** Seguindo as orientações do professor, façam as ligações e deixem a eletrólise se processar durante aproximadamente 15 minutos. Consultem o professor para realizar as ligações.
- A38** Observem o processo e anotem no caderno as modificações que forem evidentes para os dois eletrodos. Descrevam o aspecto das soluções de KI antes da eletrólise, do eletrodo positivo e do eletrodo negativo, relacionando com o pH da solução.

**Tenha cuidado!**  
Evite o contato da solução de KI com a pele. Se isso ocorrer, lave com bastante água.

#### Questões

- Q26.** Listem as espécies iônicas presentes na solução antes de o processo de eletrólise ser iniciado.
- Q27.** Consultando a tabela de potenciais no final do livro, sugiram as possíveis reações de oxirredução que envolvem os íons presentes inicialmente.
- Q28.** Considerando os resultados obtidos após a eletrólise (em A37), escrevam as equações que representem os processos que ocorreram nos eletrodos positivo e negativo.
- Q29.** Verifiquem o número de elétrons envolvidos em cada equação e ajustem o coeficiente das espécies para balancear as cargas e as massas em cada equação.
- Q30.** Escrevam a equação que representa o processo completo da eletrólise do iodeto de potássio (KI), somando as equações obtidas para os processos de redução e de oxidação.

#### Considerações finais

Como já comentamos, a eletrólise é um processo químico não espontâneo que ocorre graças ao fornecimento de energia elétrica, por meio de uma fonte. Nessa atividade submetemos uma solução de iodeto de potássio (KI) à passagem de corrente elétrica.

234

Obra LQ1		
Descritores	SIM	NÃO
ATIVIDADE 5 PAG. 233 A 234 – A7	-	-
Apresenta uma problematização ou parte de um questionamento	X	-
Exige do aluno levantamento de hipóteses	-	X
Exige do aluno coleta e análise de dados	X	-
Potencializa um ambiente de debates e discussões	X	-
Exige do aluno aplicação de conhecimentos próprios da ciência	X	-
Exige a formulação de resposta ao questionamento inicial e relato dos resultados	-	X

- Apresenta uma problematização
  - O livro desenvolve uma contextualização através do texto “Um exemplo de Eletrolise” Há uma problematização no desenvolvimento da atividade experimental com o objetivo de investigar os produtos formados na eletrolise de uma solução de iodeto de potássio.
  
- Exige do aluno coleta e análises de dados
  - Item A34 e A38
  
- Potencializa um ambiente de debates e discussões
  - Cabe ao professor mediar o debate pois não há explicitamente no comando da questão essa orientação.
  
- Exige do aluno aplicação de conhecimentos próprios da ciência
  - Questão Q26 a Q30.

## texto 12

### Estudando o alumínio – vantagens e riscos

Nosso contato com reações que envolvem oxirredução não se limita ao uso de baterias ou agentes desinfetantes como o hipoclorito. Considerando o poder redutor da vitamina C, muitas reações desse tipo devem ocorrer em nosso organismo.

Muitos metais são obtidos por reações de oxirredução. Como dissemos, o alumínio metálico é obtido por eletrólise.

Entre os metais, o alumínio é o mais abundante na crosta terrestre. Considerando-se todos os elementos, é o terceiro em abundância depois do oxigênio e do silício. Apesar disso, as reservas conhecidas de alumínio são menores do que as de ferro.



Figura 5.51  
O alumínio é obtido por eletrólise.

Elementos	% em massa
oxigênio [O]	45,20
silício [Si]	27,20
alumínio [Al]	8,00
ferro [Fe]	5,80
cálcio [Ca]	5,06
magnésio [Mg]	2,77
sódio [Na]	2,32
potássio [K]	0,86
títânio [Ti]	0,86
hidrogênio [H]	0,14
manganês [Mn]	0,10
fósforo [P]	0,10
outros elementos	0,77
total	100,0

Quadro 5.10  
Abundância em porcentagem de massa dos elementos da crosta da Terra.

O alumínio, junto com o sódio e o magnésio, está entre os agentes redutores mais fortes de que se dispõe. A forte tendência dos metais, comparada aos não metais, para perder elétrons e transformar-se em íons positivos em solução aquosa, resulta – em parte – do fato de seus elétrons de valência não estarem fortemente ligados e possuírem, portanto, baixa energia de ionização (veja tabela de “Valores da primeira energia de ionização” no final do livro, na página 276).

Os três elementos citados anteriormente são sempre encontrados na natureza na forma de compostos e nunca no estado livre, pois seus átomos geralmente perdem elétrons ao reagir com átomos de outros elementos. Os três reagem com a água desprendendo gás hidrogênio ( $H_2$ ). Com o sódio a reação é violenta e muito rápida, o que torna necessário acondicioná-lo em querosene para evitar o contato com a umidade do ar. Para o magnésio e o alumínio, a reação produz uma fina camada de óxido sobre a superfície metálica, a qual adere fortemente ao metal, formando uma camada protetora que impede o contato entre ele e a água (ou o ar). Essa proteção explica a notável resistência do alumínio aos agentes atmosféricos, propriedade responsável por sua aplicação tão diversa.

Um composto de alumínio é também usado no tratamento de água das grandes cidades. Emprega-se sulfato de alumínio ( $Al_2(SO_4)_3$ ) como agente coagulante para as impurezas em suspensão. Com a precipitação de  $Al(OH)_3$ , é muito baixa a quantidade de alumínio residual na água.



Figura 5.52  
A precipitação de híbrido de alumínio é utilizada no processo de tratamento de água.

Se, por um lado, encontramos aplicações muito bem-vindas do alumínio em nosso cotidiano, por outro há os perigos decorrentes de sua produção industrial. A instalação de fábricas de alumínio acarreta várias transformações nas regiões próximas e configura uma situação de risco para os seres vivos. O processo de produção demanda muita energia e libera, para a atmosfera, compostos de flúor (provenientes da criolita), além de outros compostos danosos à saúde humana. Atingidas por materiais

particulados que ficam em suspensão no ar, as folhas das vegetações ficam queimadas e a qualidade do ar é prejudicada. São muito bem-vindas, portanto, as iniciativas e os estímulos ao reaproveitamento do alumínio por meio da reciclagem das latas de refrigerantes e outras bebidas.

O alumínio não é um elemento essencial ao organismo humano. Ao contrário, é tido como altamente tóxico. Os sintomas associados à presença de alumínio no organismo foram, até então, detectados como anemia, distúrbios nos ossos e problemas nas funções cerebrais.



Figura 5.53  
A produção de alumínio pode ser muito poluente.



Figura 5.54  
O alumínio apresenta propriedades interessantes para o uso em diversos objetos.

No entanto, é muito difícil prescindirmos, atualmente, das vantagens oferecidas pelo alumínio. Ele é leve, duro, tem boa aparência e não se oxida como o ferro. É raro o planejamento de casas, prédios ou equipamentos que não incluam partes ou peças de alumínio.

O mesmo acontece com outros materiais, transformados ou não, que retiramos da natureza, como o plástico e o papel. Queremos pias de mármore ou granito, bonitas e duráveis, eletrodomésticos da melhor qualidade, móveis de madeira forte. E nos esquecemos de que isso tem um custo. Ao escrever no papel e ler o texto deste livro, por exemplo, não nos lembramos de que isso envolve a destruição de florestas. Não é fácil alcançar o equilíbrio entre o conforto, a qualidade de vida e as implicações das interferências do homem na natureza. Mas é importante

refletirmos sempre sobre como cada um de nós pode contribuir para esse equilíbrio. Como consumidores, por exemplo, podemos mudar nossos hábitos, responsabilizando-nos pelo descarte dos materiais, por meio da reciclagem, e diminuindo o consumo de embalagens descartáveis.



Figura 5.55  
A reciclagem de materiais é essencial atualmente.  
a) Reciclagem do alumínio.  
b) Símbolos de reciclagem para diversos produtos.

## atividade 8

### Investigação sobre a corrosão do ferro

A corrosão do ferro ocasiona anualmente enormes prejuízos financeiros para a sociedade. Mas quais são os fatores responsáveis por essa perda e o que se pode fazer para reduzi-la?

“Corrosão” é um termo genérico aplicado aos processos pelos quais os metais são transformados em óxidos ou outros compostos. Isso provoca a deterioração gradativa dos metais. Embora mecanismos associados à corrosão do ferro não estejam ainda completamente esclarecidos, é certo que envolvem oxidação por meio de agentes oxidantes. Nesta atividade, investigaremos alguns fatores envolvidos na corrosão e tentaremos correlacioná-los por meio de algumas generalizações.



Figura 5.56  
A corrosão causa enormes prejuízos. Na foto, trens em processo de corrosão em Paranaíba, município de Santo André, SP, 2011.

### Material

Dois placas de Petri, quatro pregos de ferro grandes bem limpos, fita de zinco de aproximadamente 10 cm, arame de cobre descascado de 10 cm, dois alicates, uma caixa de gelatina incolor em folhas ou em pó, um conta-gotas, ferricianeto de potássio ( $K_3[Fe(CN)_6]$ ) 0,1 mol/L e fenolftaleína 0,1%.



Figura 5.57  
Alguns materiais necessários para a atividade.

### O que fazer

- A39** Preparo da gelatina: preparem a gelatina como indicado na embalagem, usando uma quantidade um pouco menor de água para que ela fique mais consistente.
- A40** Preparo das placas de Petri: coloquem a gelatina preparada nas placas de Petri. Acrescentem à gelatina cerca de dez gotas da solução de ferricianeto de potássio e vinte gotas da solução de fenolftaleína. Misturem muito bem.
- A41** Enquanto a solução estiver esfriando, preparem os pregos limpos e polidos para a atividade. Primeiro, entorte um dos pregos, como mostra a figura 5.58.
- A42** Agora, enrole um dos pregos com o fio de cobre e o outro, com a tira de zinco. Utilizem um alicate para enrolar a fita de zinco e o fio de cobre, tendo o cuidado de mantê-los em contato bem justo aos pregos.
- A43** Após preparados, os pregos devem ser colocados nas placas de Petri: o prego reto e o prego torto em uma delas, e o prego com cobre e o prego com zinco na outra placa.
- A44** Quando a solução de gelatina estiver morna, mas ainda fluida, derramem-na cuidadosamente nas placas de Petri até que os pregos fiquem completamente cobertos.
- A45** Façam observações das duas placas [placa 1: com o prego reto e o torto; placa 2: com os pregos enrolados pelo cobre e pelo zinco], no início da experiência, depois de 30 minutos e no dia seguinte. Registrem todas as observações no caderno.



Figura 5.58  
Vocês devem entortar um dos pregos utilizando um alicate.



## Questões

### Em relação à placa 1

- Q31. O que vocês observaram em relação às reações na cabeça, na ponta e na região encurvada, em comparação com o resto do prego? Expliquem isso em função do tratamento mecânico do prego durante sua manufatura.
- Q32. A que vocês atribuem o aparecimento de uma cor rosa em algumas regiões do prego?
- Q33. Consultem a Tabela de potenciais de eletrodos-padrão, na coluna Potencial de redução, e destaquem a semirreação que pode ocorrer com a água e que justifique sua resposta em Q32.
- Q34. O íon ferroso ( $\text{Fe}^{2+}$ ) reage com ferricianeto de potássio ( $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ ) formando um precipitado de coloração azul. Consultando novamente a Tabela de potenciais de eletrodos-padrão de redução, escrevam a semirreação que representa o que ocorre com o prego.
- Q35. Em função do que vocês já elaboraram sobre os fenômenos de oxidação e redução que ocorrem no prego, determinem que tipo de fenômeno (oxidação ou redução) ocorreu nas regiões do prego (que ficaram mais evidentes) e as semirreações correspondentes.
- Q36. Por que um prego pode permanecer muitos dias na prateleira de uma casa de ferragens sem enferrujar, ao passo que, quando colocado em água, enferruja rapidamente?

### Em relação à placa 2

- Q37. Considerando o que vocês observaram na placa 2 e as semirreações de oxidação dos metais ferro, zinco e cobre, sugiram uma possível explicação para as diferenças que ocorreram na oxidação dos pregos.
- Q38. De que maneira uma camada de zinco sobre o ferro (galvanizado) o protege da corrosão?
- Q39. Consultem a Tabela de potenciais de eletrodos-padrão de redução e sugiram outro metal que possa ser utilizado na proteção da corrosão do ferro.

## Considerações finais

Na primeira placa que montamos, pudemos observar que, considerando o prego reto, nas regiões nas quais foi submetido a uma deformação (ponta e cabeça do prego), houve o aparecimento de uma coloração azul, por causa da formação de um complexo entre o íon ferro (II) ( $\text{Fe}^{2+}$ ) e o ferricianeto de potássio ( $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ ).

No restante do prego, a coloração observada é avermelhada por causa da interação dos íons hidroxila com a fenolftaleína. Podemos explicar o que foi observado considerando que as áreas deformadas funcionam como anodo, região na qual ocorre a oxidação do ferro, que passa de ferro metálico a íon ferro (II):

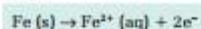


Figura 5.59  
Placa 1 após a transformação.

Você encontra a Tabela de potenciais de eletrodos-padrão na página 274.

As outras regiões do prego funcionam, então, como catodo e a reação que ocorre pode ser representada por:



Na segunda placa, o que observamos foi a ausência de corrosão no prego que estava em contato com a fita de zinco. Ao consultarmos a Tabela de potenciais de eletrodos-padrão de redução, podemos verificar que o valor para o potencial de redução do zinco é igual a  $-0,76 \text{ V}$ , enquanto o potencial de redução do ferro (II) é  $-0,44 \text{ V}$ . Para raciocinarmos em termos de oxidação, é necessário inverter os sinais desses valores. Assim, teremos para o zinco o potencial de oxidação igual a  $0,76 \text{ V}$  e, para o ferro (II), igual a  $0,44 \text{ V}$ . Portanto, o zinco se oxida mais facilmente que o ferro, funcionando como uma proteção. O mesmo não ocorre com o cobre, pois o seu potencial de redução é  $+0,34 \text{ V}$ ; portanto, o ferro se oxida mais facilmente que o cobre. No mercado, você terá a opção de comprar pregos, canos, chapas e outras peças de ferro galvanizadas, que são revestidas por uma camada de zinco.

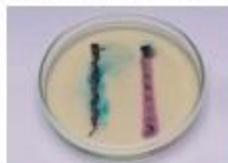


Figura 5.60  
Placa 2 após a transformação.

### Questão

040. A reação de oxidação do ferro, que se passa em processos normais de enferrujamento, é complexa e normalmente envolve o oxigênio do ar e a água. Podemos considerar que uma das possibilidades é representada pela equação:



Discuta com seu grupo e proponham dois procedimentos experimentais para provar que essa reação não ocorre:

- na ausência de oxigênio;
- na ausência de água.



⏪ ⏩ 🔍

## na internet

<[www.pontociencia.org.br](http://www.pontociencia.org.br)>  
Na página do Projeto Ponto Ciência você vai encontrar várias sugestões de experimentos relacionados ao estudo da eletroquímica. Acesso em: 18 set. 2012.

<<http://portal.dop professor.mec.gov.br/storage/recursos/18002/pilha.swf>>  
Simulação que envolve a representação do processo de oxirredução, seus potenciais e a energia obtida na reação em várias pilhas eletroquímicas. Acesso em: 18 set. 2012.

<<http://portal.dop professor.mec.gov.br/storage/recursos/17923/eletrolise.gif>>  
Nesta página você vai ter acesso a uma animação sobre a eletrólise do ácido sulfúrico. Acesso em: 18 set. 2012.

<<http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc26/v26a05.pdf>>  
Neste endereço você vai encontrar um artigo que apresenta algumas ideias sobre a corrosão de metais em regiões litorâneas afetadas pela maresia.

Obra LQ1		
Descritores	SIM	NÃO
ATIVIDADE 5 PAG. 237 A 243 – A	-	-
Apresenta uma problematização ou parte de um questionamento	X	-
Exige do aluno levantamento de hipóteses	-	X
Exige do aluno coleta e análise de dados	X	-
Potencializa um ambiente de debates e discussões	X	-
Exige do aluno aplicação de conhecimentos próprios da ciência	X	-
Exige a formulação de resposta ao questionamento inicial e relato dos resultados	X	-

➤ Apresenta uma problematização

- O livro desenvolve uma contextualização através do texto 12 “ Estudando o Alumínio: vantagens e riscos” Há uma problematização no desenvolvimento da atividade experimental com o objetivo de investigar a corrosão do ferro.
- Exige do aluno coleta e análises de dados
  - Item A45
- Potencializa um ambiente de debates e discussões
  - Em Q40 aparece explicitamente no comando da questão a orientação para se discutir sobre os fenômenos observados e resultados obtidos.
  - Cabe ao professor ser o mediador no processo de aprendizagem dos estudantes.
- Exige do aluno aplicação de conhecimentos próprios da ciência
  - Questão Q31 a Q39.

OBRA LQ2

## Capítulo 7

# PILHAS E ELETRÓLISE

Como funcionam as pilhas?  
O que fazer com as pilhas quando elas  
não funcionam mais?

### Tema em foco

#### DESCARTE DE PILHAS E BATERIAS

#### Pense

Você tem alguma pilha agora? O que fazer com pilhas e baterias que não servem mais?

O uso de pilhas e baterias é intenso em nossa sociedade. Muitas vezes, nem nos damos conta de como essa tecnologia está presente em nosso cotidiano. Nos dias atuais, dificilmente um jovem ou adulto passa o dia sem ter uma pilha ou bateria consigo. Elas estão presentes em tantos equipamentos que nem nos damos conta. Poucos relógios modernos não utilizam baterias. Qualquer celular funciona à base de bateria.

Algumas dessas pilhas e baterias, como as de relógio, são descartáveis; outras, como as de automóveis e celulares, são recarregáveis, possuindo maior vida útil. Entretanto, todas elas, um dia, perdem sua utilidade e são descartadas.

Apesar da aparência inofensiva, as pilhas e baterias usadas e descarregadas podem causar sérios problemas ambientais. De acordo com dados da Associação Brasileira da Indústria Elétrica e Eletrônica (Abinee), o Brasil produz quase um bilhão de pilhas por ano. Onde elas vão parar depois de usadas?



Depois de cumprirem seu papel, as pilhas e as baterias se tornam um problema: o que fazer com elas?

Outro problema é que muitas pilhas contêm metais pesados, como mercúrio, cádmio, chumbo e níquel. Descartadas inadequadamente, as pilhas podem liberar esses metais, que podem contaminar plantas e animais, entre os quais o ser humano.

Um exemplo desse problema é a utilização de grande quantidade de baterias de automóveis. Depois de vendidas, essas baterias geram enorme quantidade de sucata que não pode ser descartada no lixo devido à grande quantidade de chumbo e de ácido sulfúrico. O processo de reciclagem desses materiais, embora viável economicamente, também libera grande quantidade de chumbo para o ambiente e contamina as pessoas nele envolvidas, causando problemas de saúde ocupacional, isto é, gerados durante o trabalho.



Depois de utilizar suas baterias de chumbo, países do Primeiro Mundo as exportam para o Terceiro Mundo, para serem recicladas. Assim, exportam também possíveis riscos de contaminação ambiental e humana em seus territórios.

Além da contaminação ocupacional, muitas pessoas estão expostas ao chumbo disperso pela poeira em regiões próximas a indústrias que utilizam esse metal. Em uma pesquisa realizada com a colaboração de químicos da Universidade de São Paulo (USP), encontrou-se forte relação entre o comportamento antissocial de adolescentes e o teor de chumbo presente em amostras do esmalte dentário deles.

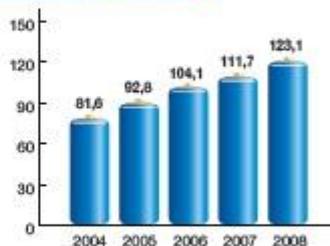
O descarte das baterias de celulares também é um problema, ainda mais se considerarmos que a vida útil dessas baterias é relativamente curta – cerca de um ano. Por outro lado, sua demanda é cada vez maior; para se ter uma ideia, somente no Brasil existem cerca de 200 milhões de celulares em funcionamento. Consequentemente, imagine quantas baterias de celular são descartadas anualmente no Brasil.

Com relação às pilhas comuns, estima-se que cada brasileiro consuma menos de cinco pilhas por ano. Em países desenvolvidos, como a Alemanha, o consumo anual é de cerca de 30 unidades.



As pilhas e baterias estão incorporadas ao nosso cotidiano e, muitas vezes, nem nos preocupamos com o seu descarte.

Faturamento total (R\$ bilhões)



Analisando o gráfico e considerando que a produção de equipamentos que utilizam pilhas e baterias cresce a cada ano, podemos concluir que a tendência do consumo desses geradores de eletricidade é aumentar.

## Os metais que reagem com o nosso organismo

### Pense

O metal que contamina o nosso corpo é o mesmo que faz parte dos objetos metálicos?  
O ferro presente em nosso sangue é aquele mesmo ferro presente nas panelas de ferro?

Como já dizia o estudioso Paracelso [1493-1541], a diferença entre o remédio e o veneno é a dose. Por isso, substâncias que são letais para os seres humanos, quando consumidas acima de certas dosagens, podem ser remédios em doses menores. Os metais são bons exemplos. Alguns deles são muito importantes para o metabolismo do nosso corpo.

O ferro, presente na hemoglobina, é responsável pelo transporte de oxigênio no sangue; o cobalto entra na composição de vitaminas; o manganês, o molibdênio, o zinco e o cromo estão presentes na estrutura de enzimas que regulam o metabolismo do organismo. Além desses, diversos outros, como o lítio, o cálcio, o magnésio, o sódio e o potássio, também participam de funções metabólicas.

Por outro lado, vários metais apresentam interações indesejadas com os organismos vivos e, por isso, são considerados tóxicos. Entre eles estão os conhecidos como metais pesados. Essa denominação, que foi estabelecida historicamente, provavelmente em relação aos seus valores de massa atômica, hoje está relacionada à sua toxicidade. Por isso, apesar de vários metais tóxicos classificados como metais pesados terem elevados valores de massa atômica,

como o mercúrio (200,59 u), o cádmio (112,41 u) e o chumbo (207,2 u), é importante destacar que a toxicidade não está associada diretamente à sua massa atômica, mas, sim, a reações que afetam o metabolismo dos organismos vivos. Por isso, o cromo é um metal pesado, apesar de sua massa atômica ser de 52 u, enquanto o ferro, de massa atômica 56 u, não é classificado como metal pesado.

Os resíduos de metais pesados têm propriedades indesejáveis de toxicidade, corrosividade, reatividade, entre outras. A toxicidade dos metais deve-se ao fato de os organismos vivos não conseguirem eliminá-los depois de absorvidos; assim, eles ficam depositados em alguma parte do corpo, como nos ossos ou em células nervosas. Esse acúmulo provoca uma série de complicações e doenças.

Uma forma de eliminar os metais pesados do organismo é o tratamento com substâncias que reagem mais fortemente com eles do que com as substâncias de nosso organismo. Um bom exemplo é o ácido etilendiaminotetracético (EDTA), utilizado por formar sais muito estáveis com íons de metais pesados, permitindo sua remoção de nosso organismo.

No Brasil, a contaminação por mercúrio tem causado muita preocupação. Esse metal pesado é usado na purificação do ouro, por meio de um processo conhecido como amalgamação, no qual o mercúrio adere ao ouro metálico, formando o amálgama. Posteriormente, o amálgama é aquecido e o mercúrio é vaporizado, restando o ouro puro.

Essa forma de garimpo de ouro é extremamente poluidora, uma vez que o mercúrio se acumula no ambiente sob diversas formas. Os peixes são os mais afetados, e seu consumo em áreas de garimpo representa um perigo para a saúde humana e, principalmente, para mulheres gestantes. Fetos podem sofrer teratogênese (malformações) e deficiências de desenvolvimento nervoso e motor quando as mães alimentam-se desses peixes.

Essa contaminação poderia ser evitada caso fossem adotadas algumas práticas de tratamento da lama contaminada e de vaporização do mercúrio em recipientes fechados, em que o mercúrio seria depois condensado. Com tais práticas, o mercúrio seria reaproveitado, diminuindo o custo de extração e os problemas ambientais.



A utilização de **panelas de alumínio** pode ser responsável por muitos casos de doença de Alzheimer, por conta da contaminação com átomos de alumínio nos alimentos.

O quadro a seguir apresenta informações sobre os problemas causados a organismos vivos por alguns metais que são liberados durante a degradação de pilhas e baterias.

EFEITOS CAUSADOS À SAÚDE POR ALGUNS METAIS PESADOS		
Metal	Onde é encontrado	Efeitos
mercúrio	<ul style="list-style-type: none"> <li>equipamentos e aparelhos elétricos de medição</li> <li>produtos farmacêuticos</li> <li>lâmpadas de néon, fluorescente e de arco de mercúrio</li> <li>interruptores</li> <li>baterias/pilhas</li> <li>tintas</li> <li>amaciantes</li> <li>antissépticos</li> <li>fungicidas</li> <li>termômetros</li> </ul> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>distúrbios renais</li> <li>distúrbios neurológicos</li> <li>efeitos mutagênicos</li> <li>alterações metabólicas</li> <li>deficiências nos órgãos sensoriais</li> </ul>
cádmio	<ul style="list-style-type: none"> <li>baterias/pilhas</li> <li>plásticos</li> <li>ligas metálicas</li> <li>pigmentos</li> <li>papéis</li> <li>resíduos de galvanoplastia</li> </ul> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>dores reumáticas e miálgicas</li> <li>distúrbios metabólicos levando à osteoporose</li> <li>disfunção renal</li> </ul>
chumbo	<ul style="list-style-type: none"> <li>tintas, como as de sinalização de rua</li> <li>impermeabilizantes</li> <li>anticorrosivos</li> <li>cerâmicas</li> <li>vidros</li> <li>plásticos</li> <li>inseticidas</li> <li>embalagens</li> <li>pilhas</li> </ul> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>perda de memória</li> <li>dor de cabeça</li> <li>irritabilidade</li> <li>tremores musculares</li> <li>lentidão de raciocínio</li> <li>alucinação</li> <li>anemia</li> <li>depressão</li> <li>paralisia</li> </ul>

Fonte: IARDIM, N. S. (Coord.) et al. *Órcamento municipal: manual de gerenciamento integrado*. São Paulo: IPDCamp, 1995, p. 34.

As fotos apresentam substâncias simples desses metais, mas os efeitos deles são presentes nos materiais (objetos acima) na forma metálica.

Além da contaminação de mercúrio nos garimpos, temos a contaminação pelo uso indevido em indústrias, em consultórios odontológicos, entre outras. Nesse sentido, é preciso tomar todo o cuidado com qualquer manipulação do mercúrio metálico.

O descarte de materiais contendo mercúrio jamais deve ser feito em lixo urbano, no solo ou na água, pois ele poderá contaminar o meio.

Nos **garimpos**, o mercúrio é utilizado desprezando-se o grande risco à saúde humana e ao meio ambiente.



www.fotografias.com.br

Outra fonte de contaminação de metais pesados são indústrias que despejam seus efluentes, contendo elevadas quantidades de metais pesados, em rios. O lixo urbano também pode ser fonte de poluição de metais pesados devido à presença de pilhas e baterias.

O alumínio é outro metal cujo impacto sobre a saúde pública tem chamado a atenção de médicos e pesquisadores, devido à hipótese de que ele provoque a doença de Alzheimer. A lenta contaminação de pessoas pode estar sendo causada pela ingestão de alimentos preparados em panelas de alumínio ou acondicionados em embalagens feitas com esse metal.

### Como fazer o descarte de pilhas e baterias

Órgãos governamentais, entidades civis e organismos não governamentais têm debatido os problemas relacionados ao descarte de pilhas e baterias na busca de possíveis soluções e formas de minimizar tais problemas.

Para isso, têm sido regulamentadas as quantidades de metais pesados que podem ser utilizadas em pilhas e baterias, além, é claro, de seu descarte. Uma das resoluções do Conselho Nacional do Meio Ambiente (Conama) determina que pilhas e baterias que tenham cádmio, chumbo e mercúrio acima de determinados níveis, depois de esgotadas, devem ser devolvidas aos locais de venda ou aos representantes das indústrias. Tais indústrias devem proceder aos tratamentos adequados para que os resíduos não contaminem o ambiente.

Ainda segundo essa resolução, pilhas e baterias que atendam aos limites previstos na lei podem ser dispostas, juntamente com os resíduos domiciliares, em aterros sanitários licenciados. Para isso, os fabricantes e importadores devem identificar os produtos descritos, mediante o registro nas embalagens e, quando possível, nos produtos, de símbolo que permita ao usuário distingui-los dos demais tipos de pilhas e baterias comercializados (veja ícones abaixo).

BRASIL, 2004. CONAMA



De acordo com a resolução do Conama, pilhas que apresentem esses ícones **podem ser descartadas no lixo**. Essas são pilhas de zinco-manganês, alcalinas de manganês, de níquel-hidreto metálico, de lítio, tipos miniaturas, recarregáveis de íons etc.



De acordo com a resolução do Conama, pilhas que apresentem esses ícones **não podem ser descartadas no lixo**. Depois de esgotadas, essas pilhas devem ser devolvidas ao vendedor, representante ou fabricante para o descarte apropriado. Entre elas estão as baterias recarregáveis de níquel-cádmio (Ni-Cd) e as baterias de chumbo ácido.

LEIA NO CADerno, NÃO ESCREVA EM SEU LIVRO.

## Debata e entenda

1. Como o governo pode contribuir para a resolução dos problemas de contaminação do solo e das águas por metais pesados?
2. Como a indústria de pilhas e baterias pode contribuir para eliminar ou diminuir a quantidade de metais pesados presentes nesses produtos?
3. Proponha uma maneira viável de recolhimento de pilhas e baterias para não jogar esses materiais diretamente no lixo.
4. Qual é a importância dos metais para o nosso organismo?
5. Quais são os problemas ambientais provocados pelos metais pesados?
6. Identifique no texto os danos causados ao ser humano pela contaminação por metais.
7. Por que pilhas não devem ser descartadas indiscriminadamente junto com o lixo doméstico?

## 1 PILHAS ELETROQUÍMICAS

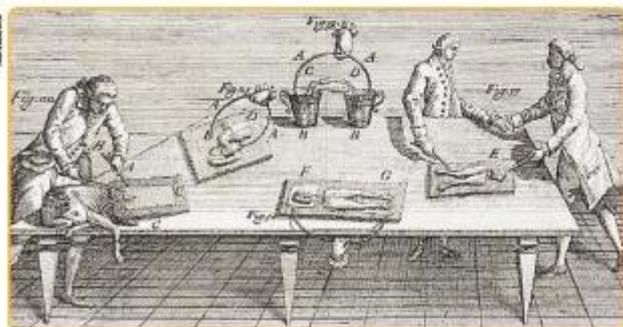
**E**m reações de oxidorredução há transferência de elétrons entre as espécies químicas. Por isso, essas reações podem ser utilizadas para gerar eletricidade em sistemas denominados pilhas eletroquímicas, ou simplesmente pilhas.

Nessas pilhas, parte da energia química armazenada nas ligações entre os átomos que constituem as substâncias é utilizada para produção de corrente elétrica.

No passado, foram propostas diferentes explicações para justificar a ocorrência de corrente elétrica. Para o médico e professor italiano Luigi Galvani (1737-1798), a corrente elétrica era característica da natureza animal, pois foi observada, de diversas formas, em experimentos com rãs.

Atualmente, considera-se corrente elétrica como sendo o fluxo de carga elétrica em um condutor. Assim, um raio que cai do céu ou se forma entre dois corpos abertos é uma corrente elétrica.

Para iniciar o estudo da produção de corrente elétrica em sistemas químicos, realize o experimento a seguir.



Em 1786, ao dissecar uma rã próxima de um gerador eletrostático, Luigi Galvani notou que as pernas da rã sofriam fortes contrações. Também observou esse fenômeno quando rãs eram penduradas em ganchos de cobre que, ao serem balançados pelo vento, tocavam uma estrutura de ferro. Dessas observações, desenvolveu sua teoria de "eletricidade animal". Para Galvani, a eletricidade observada na dissecação de rãs era inerente aos animais.

## Química na escola

Consulte as normas de segurança no laboratório, na última página deste livro.

### Líquidos podem atacar metais?

Este experimento poderá ser feito em grupo, na sala de aula ou no laboratório.

#### Material

- 8 béqueres (ou copos de vidro)
- 1 esponja de palha de aço fina dividida em 4 pedaços
- 4 cliques metálicos
- água destilada (água para bateria)
- solução de sacarose 1 mol/L (açúcar)
- solução de cloreto de sódio 1 mol/L (NaCl)
- solução de sulfato de cobre 1 mol/L ( $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ )

#### Procedimento

1. Marque os béqueres com os seguintes rótulos: 1a, 1b, 2a, 2b, 3a, 3b, 4a e 4b.
2. Coloque líquido em cada béquer, até a metade, de acordo com a numeração:  
1 – água destilada;                      3 – solução de cloreto de sódio;  
2 – solução de sacarose;              4 – solução de sulfato de cobre.
3. Desenhe em seu caderno uma tabela como a seguinte.

Líquido	Palha de aço		Cliques	
	antes	depois	antes	depois
1. Água destilada	=====	=====	=====	=====
2. Açúcar aquoso	=====	=====	=====	=====
3. NaCl aquoso	=====	=====	=====	=====
4. $\text{CuSO}_4$ aquoso	=====	=====	=====	=====

4. Em cada recipiente com a letra a coloque um pedaço da palha de aço e nos recipientes com a letra b, um clipe. Observe e anote características dos líquidos e dos sólidos nas colunas antes.
5. Observe por 20 minutos e anote características dos líquidos e dos sólidos nas colunas depois.

#### Destino dos resíduos

1. Os materiais líquidos dos béqueres 1, 2 e 3 desta atividade podem ser descartados no sistema de coleta de esgoto e os resíduos sólidos, no lixo.
2. O material líquido do béquer 4 deve ser acondicionado em embalagem compatível, limpa e à prova de vazamento, para ser reutilizado em outras atividades práticas. O resíduo sólido deste béquer deve ser descartado no lixo.



#### Análise de dados

1. Em quais sistemas houve variação de características?
2. Como você pode explicar microscopicamente as alterações observadas?
3. Como você justifica as diferenças observadas entre os sistemas?
4. O que têm em comum os líquidos que se modificaram e os líquidos nos quais não se observaram modificações?

246

### Obra LQ

Descritores	SIM	NÃO
ATIVIDADE: . PAG 246	-	-
Apresenta uma problematização ou parte de um questionamento	X	-
Exige do aluno levantamento de hipóteses	-	X
Exige do aluno coleta e análise de dados	X	-
Potencializa um ambiente de debates e discussões	-	X
Exige do aluno aplicação de conhecimentos próprios da ciência	X	
Exige a formulação de resposta ao questionamento inicial e relato dos resultados	-	X

- Apresenta uma problematização
  - O livro desenvolve uma contextualização através de vários textos sobre o tema pilhas e eletrólise e utiliza uma atividade experimental para verificar se líquidos atacam metal. Após a problematização a atividade experimental inicia-se com um questionamento.
  
- Exige do aluno coleta e análises de dados
  - Procedimento item 1 ao 5.
  - Análise de dados item 1.
  
- Exige do aluno aplicação de conhecimentos próprios da ciência
  - Análise de dados: item 2 ao 4.

### 3 POTENCIAL ELÉTRICO DAS PILHAS



Por que existem vários tamanhos e modelos de pilha? Como se determina o potencial elétrico de uma pilha?

PILHAS E ELETRICIDADE



A diferença de potencial entre os polos de uma pilha normal é de 1,5 V. Os valores negativos indicam os potenciais elétricos em relação à Terra.

O potencial elétrico de uma pilha corresponde a sua capacidade de deslocar elétrons através de um circuito fechado externo que pode realizar trabalho. Essa capacidade é denominada **potência da pilha** ou **diferença de potencial (ddp) entre os polos**.

O potencial elétrico é dado em volts (V) e corresponde ao trabalho, em joules (J), necessário para deslocar uma carga, em coulombs (C).

Logo, temos que:  $1 \text{ V} = 1 \text{ J/C}$ .

Era comum se referir ao potencial elétrico de uma pilha como sendo sua força eletromotriz (fem), ou seja, a capacidade de provocar movimento por meio da eletricidade, mas essa denominação não é mais usada.

Além da diferença de potencial elétrico nas pilhas, há outro fator importante: sua potência. A potência de uma pilha determina sua capacidade de realizar trabalho em condições padrão. A potência (P) de uma pilha é dada pelo produto de seu potencial elétrico (V) e sua capacidade de fornecer corrente elétrica ( $\text{C} \cdot \text{s}^{-1}$ ). A unidade de potência é watt, cujo símbolo é W.

$$\begin{aligned} P &= V \cdot C \\ P &= \text{J} \cdot \text{C}^{-1} \cdot \text{C} \cdot \text{s}^{-1} \\ P &= \text{J} \cdot \text{s}^{-1} = \text{W} \end{aligned}$$

Quando uma pilha opera sob condições-padrão, seu potencial elétrico depende da natureza química dos reagentes e dos produtos. Os fatores que determinam esse potencial elétrico são:

- a natureza dos eletrodos (reagentes);
- a concentração das soluções empregadas;
- a área dos eletrodos utilizados;
- a temperatura na qual a pilha funciona.

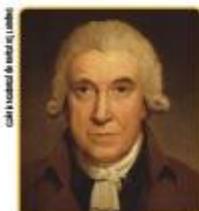
As pilhas e baterias são geradores químicos portáteis de duração limitada. Existem pilhas que possuem o mesmo potencial, mas são de tamanhos diferentes, como as pilhas de 1,5 V. A diferença entre essas pilhas está na potência que fornecem. Por isso, uma potente lanterna pode não acender adequadamente utilizando pilhas diferentes das recomendadas. Se você usar pilhas pequenas em vez de pilhas grandes, o tempo de funcionamento do aparelho poderá ser muito menor do que com a outra pilha.

O potencial elétrico de uma pilha pode ser determinado de duas maneiras básicas: experimentalmente, por meio de um aparelho chamado voltímetro, ou teoricamente, por meio de cálculos a partir dos potenciais das semirreações envolvidas.

Portanto, você pode medir o potencial elétrico de pilhas com um voltímetro ou um multímetro (aparelho que mede diversas grandezas relacionadas à eletricidade). Se você tiver



Um **carro esportivo** como esse Porsche Carrera 911 GT tem motor com potência igual a 605 cavalos (605 hp ou 461 kW). Em física, quanto maior a potência, maior a capacidade de realizar trabalho.



Em homenagem a **James Watt** (1736-1819), cientista escocês, a unidade de medida de potência é denominada watt.

um disponível, faça alguns testes, mas com cuidado. Você não pode, por exemplo, medir o potencial elétrico de uma tomada de 110 V com a escala de 5 V.

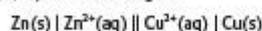
Para saber o potencial elétrico de pilhas por meio de cálculos, você irá utilizar tabelas com valores de potenciais-padrão de redução, como a apresentada na página 253.

O potencial-padrão da pilha será a diferença entre os potenciais de seus eletrodos. Por convenção, o potencial elétrico de uma pilha ( $\Delta E^\circ$ ) é dado pelo potencial elétrico do catodo – onde ocorre a redução – subtraído do potencial elétrico do anodo – onde ocorre a oxidação. Matematicamente, o potencial-padrão ou potencial da pilha é dado por:

$$\Delta E^\circ = E^\circ(\text{catodo}) - E^\circ(\text{anodo})$$

Como é possível constatar pela equação anterior, o que determina o potencial elétrico de uma pilha não são os valores absolutos dos potenciais elétricos de seus eletrodos, mas, sim, a diferença entre eles.

Veja como se calcula a diferença de potencial elétrico de uma pilha, utilizando como exemplo a pilha de Daniell, representada a seguir.



De acordo com a equação anterior, temos:

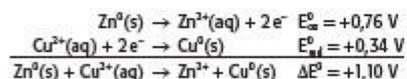
$$\Delta E^\circ = (E^\circ_{\text{catodo}}) - (E^\circ_{\text{anodo}})$$

$$\Delta E^\circ = (E^\circ_{\text{Cu}}) - (E^\circ_{\text{Zn}})$$

$$\Delta E^\circ = (+0,34 \text{ V}) - (-0,76 \text{ V})$$

$$\Delta E^\circ = +1,10 \text{ V}$$

Outra forma utilizada para calcular o potencial de uma pilha é somar suas semirreações com seus respectivos valores de potencial. Nesse caso, teremos:



Note que, como a semirreação do zinco foi invertida para se obter a equação de oxidação, o sinal de seu potencial também foi invertido. Dessa forma, obtém-se o mesmo valor calculado anteriormente.

A potência também é uma grandeza importante a ser utilizada na medição do desempenho de aparelhos elétricos ou máquinas. Quanto menor a potência, menor o trabalho desenvolvido pelo aparelho, o que pode significar uma menor eficiência, conforme o que se pretende do aparelho.

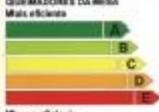
O potencial elétrico de uma célula eletroquímica é medido com um **multímetro**, que indica a ddp da pilha.



Ao escolher qualquer aparelho elétrico, é importante considerar sua eficiência, ou seja, o aproveitamento da energia consumida. Lâmpadas incandescentes, por exemplo, transformam apenas cerca de 10% da energia consumida em energia luminosa – rendimento luminoso de 10%. Parte da energia restante é dissipada na forma de calor, fazendo com que tais lâmpadas sejam utilizadas como fonte de calor em chocadeiras. Já as lâmpadas fluorescentes apresentam maior eficiência. Elas têm um rendimento médio de 40%, o que implica um aproveitamento quatro vezes maior da energia consumida, em relação às lâmpadas incandescentes.



Equipamentos que apresentam melhor desempenho energético em sua categoria recebem selos de eficiência energética. O selo **Procel** de conservação de energia elétrica é concedido a equipamentos domésticos e o Conpet, a aparelhos domésticos a gás.

Energia (Gás)		FOGÃO A GÁS	
Fabricante	Marca	Modelo	Valor
Tipo de Gás			BTU/h
<b>QUANTIFICADOR DA ENERGIA</b>			
Mais eficiente			
			
Menos eficiente			
<b>RENDIMENTO MÉDIO - %</b>		<b>62,0</b>	
VOLUME INTERNO - litro		50,2	
CONSUMO DE MANUTENÇÃO - kWh		0,155	
Classificação quanto ao consumo		<b>A B C D E</b>	
			



A busca por aparelhos ou dispositivos mais econômicos reflete uma preocupação mundial com a conservação do planeta. As **lâmpadas de led** são uma opção que começa a conquistar espaço no mercado. No caso das lanternas, elas já são uma realidade.

Na venda de eletrodomésticos é obrigatória a apresentação de informações relacionadas ao seu consumo e eficiência energética. A classificação vai de A a E. O que possui etiqueta A é o mais eficiente; em decorrência, a letra E indica produtos de baixa eficiência.



lâmpada fluorescente



lâmpada Incandescente

Uma lâmpada fluorescente de 25 W ilumina tanto quanto uma lâmpada Incandescente de 100 W, que consome quatro vezes mais energia que a primeira.

## 4 TIPOS DE PILHAS E BATERIAS



Por que existem tantas pilhas diferentes no mercado?

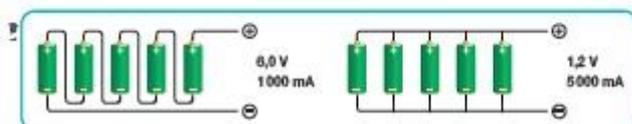
**A**té agora estudamos principalmente pilhas que podem ser preparadas em laboratórios e facilmente estudadas. Entretanto, para fins comerciais, as pilhas necessitam apresentar características especiais que permitam, por exemplo, serem colocadas em embalagens pequenas que possam ser transportadas facilmente. É necessário também que tenham uma boa vida útil. Já pensou se a pilha do relógio acabasse toda semana?

Antes de iniciar o estudo de pilhas e baterias comerciais, é importante fazer uma distinção entre elas:

- pilha é uma célula constituída por duas semicelas, uma é o anodo e a outra, o catodo;
- bateria é um conjunto de células ligadas em série, intercalando pares anodo-catodo.

Dessa forma, pode-se dizer que bateria é o coletivo de pilhas (conectadas). O potencial elétrico de uma bateria é obtido multiplicando-se o potencial da pilha pelo número de pares anodo-catodo. Uma bateria de automóvel de 12 volts, por exemplo, é formada por seis pilhas de 2 volts.

As baterias apresentam células ligadas entre si, **em paralelo ou em série**. Se consideramos 5 pilhas de 1,2 V e 1 000 mA, podemos ter: uma bateria com 6 V e 1 000 mA, na ligação em série, ou uma bateria de 1,2 V e 5 000 mA, para uma ligação em paralelo.



Existem dois tipos de pilhas ou baterias:

- primárias: já vêm carregadas, não podem ser recarregadas e são descartadas quando se esgotam;
- secundárias: precisam ser carregadas antes de serem usadas pela primeira vez e podem ser reutilizadas porque são recarregáveis.

As pesquisas para o desenvolvimento de novas pilhas são intensas. A indústria busca pilhas que sejam pequenas, baratas, não poluentes e eficientes. Dois parâmetros fundamentais para a indústria são o tamanho e o peso.



As pilhas e baterias recarregáveis, secundárias, representam economia para o consumidor que tem aparelhos e dispositivos que precisam de alto consumo de energia.



As baterias de níquel cádmio (NiCd) foram as primeiras recarregáveis desenvolvidas, tendo sido muito utilizadas nos celulares. Estão sendo substituídas por outras mais modernas por apresentarem menor tempo de vida útil, menor capacidade de carga, "efeito memória" e serem muito poluentes.



Com a demanda por baterias mais leves e mais resistentes, vem aumentando o interesse por baterias a ar. Nesse dispositivo, o óxido de lítio-cobalto é substituído por um eletrodo poroso de carbono. Essas baterias geram uma carga oito vezes maior que as baterias recarregáveis de lítio, por estar protegidas por dispositivo para não reagir com a água.

Na busca de pilha para diferentes utilizações, procura-se otimizar três características de pilhas:

- energia específica: é a quantidade de energia por quilograma, expressa em quilowatt-hora por quilograma ( $\text{kW} \cdot \text{h} \cdot \text{kg}^{-1}$ );
- densidade de energia: é a quantidade de energia por quilograma, expressa em quilowatt-hora por litro ( $\text{kW} \cdot \text{h} \cdot \text{L}^{-1}$ );
- densidade de potência: é a quantidade de energia por litro, expressa em watt por litro ( $\text{W} \cdot \text{L}^{-1}$ ).

Veja, a seguir, algumas das pilhas e baterias comerciais mais comuns.

## Pilha seca de zinco carbono

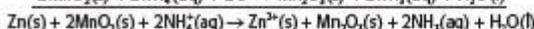
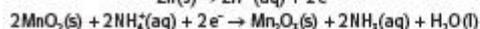
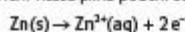


Quais as vantagens e desvantagens das pilhas comuns?

Inventada em 1860 pelo químico francês Georges Leclanché [1839-1882], a pilha seca fornece potencial de 1,55 V. Por ser barata, é a pilha mais comum, sendo utilizada em diferentes equipamentos portáteis.

A pilha seca é formada por um cilindro de zinco contendo um eletrólito formado por uma mistura pastosa de cloreto de amônio, óxido de manganês e carbono pulverizados. A célula eletroquímica tem o zinco metálico como anodo e o bastão de grafita como catodo.

As reações que ocorrem nessa pilha podem ser descritas pelas equações:



A primeira é a reação do anodo; a segunda, a do catodo; e a terceira, soma das anteriores, representa a reação global da pilha.

Um problema dessas pilhas, além da baixa corrente, é o fato de que as reações continuam ocorrendo durante o armazenamento, podendo provocar corrosão e vazamento do material que está em seu interior. Já reparou como é comum pilhas de lanternas estourarem?

## Pilhas alcalinas

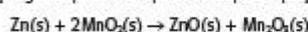


**Pense:**

Quais as vantagens e as desvantagens das pilhas alcalinas?

Um aprimoramento da pilha de Leclanché é o eletrólito alcalino, pois ele impede que ocorram reações quando a pilha não está em uso. Nessas pilhas, o eletrólito cloreto de amônio ( $\text{NH}_4\text{Cl}$ ) é substituído pelo cloreto de potássio ( $\text{KCl}$ ), aumentando sua durabilidade.

Nesse caso, a reação global pode ser representada pela equação:



A pilha seca tem como vantagem o baixo custo e a não utilização de material tóxico. As desvantagens são o fato de não ser reciclada, a vida útil curta e o risco de vazamento.

Foto: S. M. S.



**Pilha seca ou alcalina?**

As pilhas alcalinas apresentam maior durabilidade que as pilhas secas, devido à pureza de seus materiais e ao processo de fabricação ser diferenciado, mas seu custo é maior.

## Pilhas recarregáveis

O descarte de pilha é um problema ambiental devido à presença de metais pesados em algumas delas. Uma alternativa ambientalmente favorável é a utilização de pilhas recarregáveis. Existem vários tipos, veja algumas.

**Pilhas de níquel-cádmio:** Esse foi o tipo de pilha recarregável que surgiu primeiro. São as mais baratas, no entanto, de menor tempo de vida útil e menor capacidade de carga. Elas sofrem um problema chamado "efeito memória", que é quando a pilha deixa de ser carregada totalmente, mas dá sinal de que a carga está completa. Esse efeito acontece quando resíduos de carga da pilha induzem a formação de pequenos blocos de cádmio. A recomendação do fabricante é que somente faça a recarga da pilha quando ela tiver totalmente descarregada.



**Cuidado com pilhas recarregáveis falsas.** A pilha do meio é falsa, observe que falta o símbolo de reciclagem. Ao comprar uma dessas pilhas, desconfie de preços muito baixos e de qualidade superior.



Todos os dias milhares de celulares são descartados. Você já pensou na quantidade de lixo potencialmente tóxico produzido?



As baterias de níquel-metal-hidreto (NiMH) são utilizadas em máquinas fotográficas, celulares, telefones sem fio, filmadoras e notebooks.



Para aumentar a vida útil da bateria do celular, recomenda-se fazer a recarga quando a bateria estiver totalmente descarregada. Devido a novas tecnologias na fabricação, as baterias modernas não apresentam "efeito memória", mas como têm vida útil entre 350 a 700 cargas, procure utilizar cada carga ao máximo.

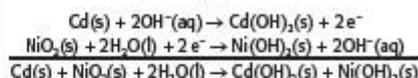


As baterias dos notebooks modernos são de Li-ion. Das baterias recarregáveis, são as que possuem maior tempo de vida. Têm a vantagem de ser pouco poluentes e não sofrer o "efeito memória". No entanto, ainda é difícil encontrar no mercado pilhas nos formatos AA e AAA com essa tecnologia.



As vantagens da bateria de Li-Ion são: não ter o "efeito memória" das baterias de níquel-cádmio, sendo assim, para começar um ciclo de recarga não é preciso que ela esteja descarregada completamente. Elas conseguem reter a carga por muito mais tempo e podem passar por centenas de ciclos de carga e descarga. Elas também são mais leves e de menor tamanho.

As pilhas níquel-cádmio são muito utilizadas em eletrodos-médicos, possuem potencial elétrico de 1,4 V e suas reações podem ser descritas pelas equações:



Por apresentarem alta toxicidade, as baterias de Ni-Cd vêm sendo gradativamente substituídas por baterias de hidreto metálico, mais avançadas tecnologicamente e menos perigosas ao ambiente.

**Pilhas níquel-metal-hidreto:** por razões ambientais e de eficiência, a partir de 1990 houve a inserção no mercado consumidor das baterias de níquel-metal-hidreto (Ni-MH) e de ion-lítio. Ambas são menos poluentes, pois não utilizam materiais pesados em sua composição.

As pilhas de níquel-metal-hidreto (Ni-MH) são as mais usadas atualmente, dado seu valor e modelos disponíveis no mercado. Elas contam com as vantagens de não provocar o "efeito memória", de oferecer maior tempo de vida, maior capacidade e suportar mais recargas. Mesmo assim, existem pilhas tecnologicamente mais avançadas.

**Pilhas ions de lítio:** atualmente os modernos aparelhos eletroeletrônicos usam baterias do tipo ions de lítio, conhecidas como Lítio Ion. Com maior tecnologia envolvida na produção,

esse tipo de baterias é o mais vantajoso do mercado, o que tem vida útil e capacidade de carga maior, ou seja, dura mais, compensando seu preço mais alto. Além disso, essas baterias podem ser projetadas para ter tamanhos e massa reduzidos, já que empregam na sua fabricação materiais de baixa densidade.

## Pilhas miniaturas

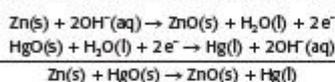
A larga utilização de equipamentos portáteis tem exigido da indústria a confecção de pilhas cada vez menores. No entanto, a miniaturização das baterias ainda é um dos maiores entraves para a indústria diminuir o tamanho dos eletrônicos.

Assim, muitos aparelhos pequenos ainda não podem usar baterias tecnologicamente sofisticadas e que agridam menos o meio ambiente. Muitas ainda são feitas de metais pesados como o mercúrio. O Conama – Conselho Nacional de Meio Ambiente – estabelece que a fabricação, importação e comercialização de pilhas e baterias deverão atender a limites estabelecidos. No caso das pilhas miniaturas que usam metais pesados como o mercúrio, por exemplo, o limite é de até 25 mg por elemento.

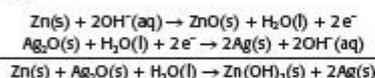
No mercado existem alguns tipos de pilhas miniaturas e de botão; são elas: óxido de prata, óxido de mercúrio, alcalina manganês botão, Lítium botão, Zinc-air botão.

Dois exemplos de reações dessas baterias, a de mercúrio e a de óxido de prata, são apresentados a seguir.

As reações da bateria de mercúrio são descritas pelas equações:



As reações da bateria de óxido de prata são descritas pelas equações:



Pilhas miniaturas têm seu uso em agendas eletrônicas, calculadoras, relógios, sistemas de alarme de veículos, equipamentos eletrônicos, UPS, equipamentos de medição, equipamentos médicos, aeronaves, aparelhos auditivos etc.



Embora apresentem potencial elétrico praticamente invariável, essas pilhas representam **serios riscos ao ambiente**, pois são feitas de mercúrio, um metal pesado, e devem ser fabricadas obedecendo aos limites legais. Seu descarte poderá ser feito juntamente com os dejetos domiciliares.



As pilhas de **óxido de prata** são muito utilizadas em relógios de pulso.

## Baterias de chumbo-ácido

Em nosso cotidiano, quando se fala em bateria logo pensamos em baterias de automóveis. Como já vimos, as baterias são combinações de pilhas ligadas em série, obtendo-se como potencial o somatório dos potenciais das pilhas. A bateria utilizada em automóveis foi inventada em 1859 pelo físico francês Raymond Gaston Planté [1834-1889].



O desenvolvimento das **baterias de chumbo-ácido** dispensaram a necessidade de se dar a partida dos motores dos automóveis utilizando a força humana.

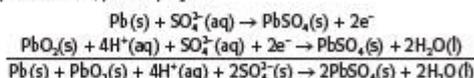


Com o carro em funcionamento, o **alternador** gera energia para o funcionamento do veículo e ainda carrega a bateria, que acumula energia para quando o motor não estiver funcionando.

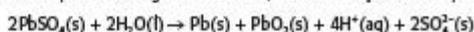
As baterias automotivas são formadas por pilhas de chumbo-ácido. Essas pilhas fornecem altas correntes, que permitem dar partida em motores graças aos elevados valores de densidade de potência que apresentam.

Essa alta potência é possível devido à grande superfície de contato dos eletrodos (formados por uma liga de chumbo/antimônio) coberta com sulfato de chumbo (II) ( $\text{PbSO}_4$ ). Quando recebe a primeira carga, parte dos íons chumbo (II) é reduzida a chumbo metálico, formando o anodo. Ao mesmo tempo, no outro eletrodo, o chumbo (II) ( $\text{PbSO}_4$ ) é oxidado a chumbo (IV) ( $\text{PbO}_2$ ), constituindo o catodo.

Depois de carregadas, as reações que acontecem no anodo e no catodo são representadas, respectivamente, pelas equações:



Esse tipo de bateria tem como desvantagens o elevado peso e o risco de contaminação do ambiente com o chumbo, se não for descartada adequadamente. Por outro lado, sua grande vantagem é a possibilidade de reversão das reações que ocorrem espontaneamente durante a utilização. Para isso, é necessário que se aplique uma corrente no sentido inverso ao do sentido que a bateria gera. Nesse caso, tem-se a reação descrita pela equação:



Nos veículos automotores, a recarga é contínua durante o funcionamento do motor. Depois de dada a partida, parte do movimento realizado pelo motor aciona um gerador que fornece energia elétrica para a recarga da bateria.

## Células de combustível



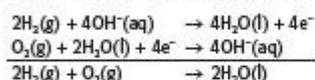
Do ponto de vista ambiental, qual é a grande vantagem de se utilizar o hidrogênio como combustível?

Um dos requisitos básicos para a utilização de baterias em naves espaciais é que elas sejam leves e eficientes, ou seja, tenham altos valores de energia específica. Por isso, a Agência Espacial Americana sempre investiu muito em pesquisa para a produção de novas tecnologias em baterias.

Uma grande conquista foi o desenvolvimento das células de combustível. Elas geram energia elétrica a partir de reações químicas que consomem reagentes continuamente, como ocorre nos motores a explosão.

Uma célula de combustível é um aparelho conversor de energia eletroquímica. A célula combustível converte as substâncias hidrogênio e oxigênio em água, gerando eletricidade. Elas são recarregáveis.

As reações que acontecem no anodo e no catodo e a reação global de células de combustível a hidrogênio são descritas, respectivamente, pelas equações:



Enquanto nos motores a explosão a eficiência energética está na faixa de 25 a 30%, significando que o restante é perdido na forma de calor, nas células de combustível tal eficiência está entre 40 e 50%. Embora essa tecnologia ainda não seja viável comercialmente para utilização em larga escala, já existem veículos experimentais rodando com ela. Espera-se que em breve ela seja disponibilizada a custos mais baixos. Do ponto de vista ambiental, uma grande vantagem desse tipo de bateria é que seu único resíduo é água.

HIDROGÊNIO
gás não poluente: H <sub>2</sub> O
menor nível de ruído
fontes renováveis



DIESEL (PRINCIPAIS EMISSÕES)	
CO <sub>2</sub> : aumenta o efeito estufa	
hidrocarbonetos	agrudem a saúde humana
CO e NO <sub>x</sub>	
maior nível de ruído	
fontes não renováveis	

Os carros elétricos são movidos a célula de combustível, nome usual que, na verdade, deveria ser pilha combustível. Aparentemente são iguais aos movidos a gasolina; a diferença está no motor, que é elétrico, alimentado por um conjunto de baterias. Esses carros são muito mais silenciosos do que os que utilizam motores a combustão.



A tecnologia moderna desenvolvida pela humanidade funciona à base de energia elétrica. Mandar equipamentos ou astronautas para o espaço requer o uso de **eficientes fontes de energia elétrica**: as baterias são fundamentais.

Em tempos de economia "verde", **veículos a hidrogênio** são testados em todo o mundo. Em 2010, uma nova versão brasileira foi lançada pela a Coppel/UFRJ, mais econômica. Enquanto na Europa esse tipo de veículo consome 14 kg de gás hidrogênio para cada 100 km rodados, o brasileiro consome 5 kg.

Outra vantagem: um carro elétrico é muito mais econômico do que um carro a gasolina. Matematicamente, temos que o custo por quilômetro do carro elétrico é apenas 37,5% do carro a gasolina. Porém, ainda existem algumas desvantagens, como: a autonomia do veículo é menor, ou seja, tem que parar sempre para abastecer; o custo de reposição das baterias é relativamente alto, mas elas duram cerca de 30 mil quilômetros.

Ainda existem alguns problemas a serem resolvidos quanto ao funcionamento das células de combustível: alto custo de manutenção e baixa longevidade. O primeiro tende a ser resolvido com a difusão e consequente barateamento da tecnologia. Quanto à vida útil da bateria, essa é uma questão para a qual tem sido feitos grandes investimentos na busca de soluções economicamente viáveis. Isso certamente irá favorecer a diminuição do custo final por quilômetro rodado.

Deve-se destacar que, tanto na célula eletroquímica como na bateria, as reações químicas que geram eletricidade acabam porque com elas também acabam os reagentes da reação e, nesse momento, somos obrigados a jogá-las fora ou recarregá-las. Diferentes países e montadoras de automóveis têm investido altos recursos na busca de soluções para esses problemas. Uma empresa estadunidense desenvolveu um sistema que permite a troca rápida do conjunto de baterias, tornando desnecessário que o carro fique um longo tempo recarregando-as. Essas e outras soluções vão permitir a difusão do uso de carros elétricos em poucos anos.



Imagem reproduzida de Google



Imagem reproduzida de Google

A **recarga** total leva oito horas em qualquer tomada de três pinos de 220 V. Uma vantagem desse tipo de bateria é que pode ser 100% recarregada, evitando assim o problema de descarte de lixo.

O desempenho de um **carro elétrico** é muito interessante. Em média, pode apresentar autonomia de 120 km/h aproximadamente, indo de 0 a 60 km/h em cerca de 9 segundos. A alimentação é feita por uma bateria de níquel e cloreto de sódio (sal).



Imagem reproduzida de Google

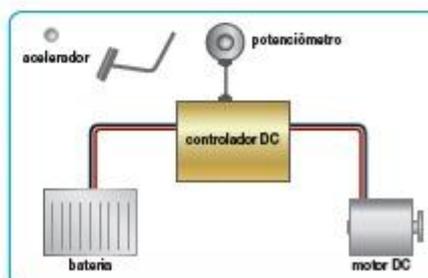


Imagem reproduzida de Google

## 5 ELETRÓLISE

### Pense

O que acontece quando uma corrente elétrica atravessa uma solução iônica? O que você entende por eletrólise?

**P**elo que estudamos até o momento, muitas reações químicas podem ocorrer em sistemas denominados células eletroquímicas ou pilhas, produzindo corrente elétrica. Dessa forma, pode-se converter energia química em energia elétrica.

Será que o processo inverso é possível? A partir de energia elétrica pode haver produção de reação química? O que pode acontecer a uma solução iônica ou a um sal fundido quando submetidos a uma corrente elétrica?

Para melhor responder a essas questões, vamos realizar uma atividade experimental.

### Química na escola

Consulte as normas de segurança no laboratório, na última página deste livro.

#### O que acontece quando uma corrente elétrica passa por um líquido?

O ideal é que esta atividade seja realizada pelo professor no laboratório, de forma demonstrativa.

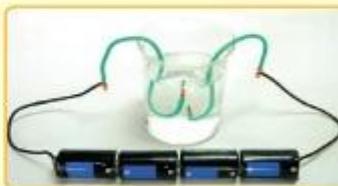
#### Material

- fonte de 6 V (fonte de alimentação, sequência de 4 pilhas grandes ou bateria de 9 V)
- 2 pedaços de fio rígido nº 8 de 15 cm
- 2 pedaços de fio flexível nº 2 de 30 cm
- 2 béqueres de 250 mL
- água destilada
- solução de KI a 5% (10 g sal em 200 mL de água – se não houver KI, pode-se utilizar NaCl)
- solução de fenolftaleína a 5%
- solução saturada de amido (somente se estiver utilizando solução de KI)



#### Procedimento

1. Dobre os pedaços de fio rígido, representados em preto na figura ao lado, e desencape suas pontas para fazer os eletrodos.
2. Conecte os fios flexíveis (representados em verde) na fonte de corrente contínua e nos eletrodos, conforme a figura ao lado.
3. Coloque água destilada até  $\frac{2}{3}$  do volume do béquer, pingue cinco gotas de fenolftaleína e cinco de amido e observe por cinco minutos.
4. Troque de béquer, colocando no segundo a solução de KI. Depois, pingue cinco gotas de fenolftaleína e cinco de amido e observe por cinco minutos.



### Destino dos resíduos

- Os resíduos desta prática podem ser descartados na pia, sob água corrente.

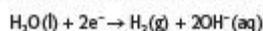


### Análise de dados

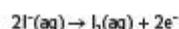
- O que você observou ao passar corrente elétrica pelo bêquer contendo água destilada?
- Quais os íons presentes na solução? Quais são atraídos para o polo negativo e quais são atraídos para o polo positivo?
- Qual o objetivo da fenolftaleína – Indicador ácido-base – no experimento? O que podemos afirmar com base em seu efeito?
- A solução de KI contém iguais quantidades de íons  $H^+$  e  $OH^-$ . Como podemos relacionar o efeito da fenolftaleína com essa informação? Proponha uma semirreação que justifique essa hipótese.
- O amido indica a presença de iodo ( $I_2$ ), conferindo coloração violeta à solução. De acordo com o experimento, de onde pode ter surgido o iodo? Proponha uma semirreação que justifique essa hipótese.

Ao passar corrente elétrica pela água destilada não foi possível observar transformações, já que ela não é boa condutora de eletricidade. Isso ocorre porque a quantidade de íons presentes na água pura é muito pequena, cerca de  $2 \cdot 10^{-14}$  mol/L.

Diferentemente, ao passar corrente elétrica por um eletrólito (sal fundido ou solução contendo íons), podem ocorrer reações de oxidação e redução. No experimento anterior, a coloração rósea apresentada pela fenolftaleína indicava que o meio ficou básico. Tal constatação pode ser justificada pela semirreação representada pela equação:



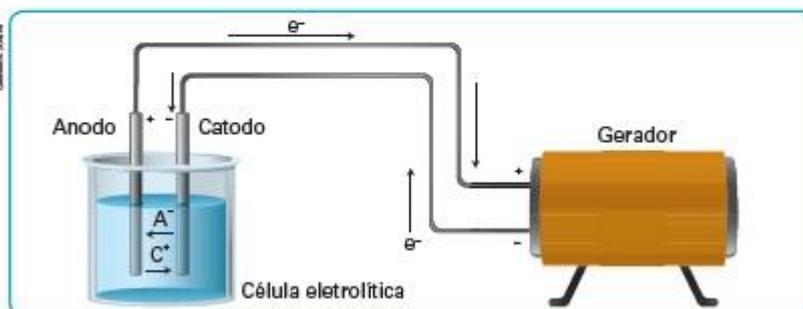
Como já foi dito, o amido indica presença de iodo ( $I_2$ ), conferindo coloração violeta à solução. Se na solução existiam ânions iodeto ( $I^-$ ), pode-se presumir que ocorreu uma reação, descrita pela equação:



Somando-se essas duas semirreações, obtém-se a equação da reação global



Os íons potássio não aparecem nas equações porque, mesmo estando presentes na solução, não se alteram.



273

Obra LQ		
Descritores	SIM	NÃO
ATIVIDADE:. PAG 272	-	-
Apresenta uma problematização ou parte de um questionamento	X	-
Exige do aluno levantamento de hipóteses	-	X
Exige do aluno coleta e análise de dados	X	-
Potencializa um ambiente de debates e discussões	-	X
Exige do aluno aplicação de conhecimentos próprios da ciência	X	
Exige a formulação de resposta ao questionamento inicial e relato dos resultados	-	X

- Apresenta uma problematização
  - O livro desenvolve uma contextualização através de vários textos sobre o tema pilhas e eletrólise. Constrói uma problematização e utiliza uma atividade experimental para verificar o que acontece quando uma corrente elétrica passar por um líquido.
  
- Exige do aluno coleta e análises de dados
  - Procedimento item 1 ao 5.
  - Análise de dados item 1.
  
- Exige do aluno aplicação de conhecimentos próprios da ciência
  - Análise de dados: item 2 ao 4.

OBRA LQ3 SER PROTAGONISTA

## Atividade experimental

### Estudo comparativo da corrosão do ferro

#### Objetivo

Mostrar ao aluno um processo visual de identificação da reação de oxirredução.

#### Material

- 6 pregos de ferro com barbante preso nas cabeças
- 6 tubos de ensaio (ou vidros pequenos transparentes com forma semelhante à de um tubo de ensaio)
- óleo de cozinha
- água de torneira e água destilada
- solução aquosa saturada de NaCl
- sabonete líquido
- estante para tubos de ensaio
- fita-crepe e caneta esferográfica

**Equipamentos de segurança:** Óculos de segurança e avental de algodão com mangas compridas.



#### Procedimento

1. Enumere com a fita-crepe e a caneta esferográfica os tubos de ensaio de 1 a 6.
2. Introduza nos tubos 1, 2, 3, 4 e 5, respectivamente, óleo de cozinha, água de torneira, solução aquosa saturada de NaCl, água destilada e sabonete líquido de modo que essas substâncias ocupem um quarto da capacidade do tubo de ensaio em que elas foram colocadas.
3. Coloque um prego em cada tubo de ensaio de modo que seja possível retirá-lo pelo barbante. O tubo de ensaio 6 deverá ter somente o prego. Observe a aparência da solução, retire os pregos.
4. Deixe as soluções em repouso durante sete dias. Observe a aparência de cada solução, retire os pregos dos tubos de ensaio e anote as mudanças ocorridas em uma tabela como a representada abaixo.

	Tubo 1		Tubo 2		Tubo 3		Tubo 4		Tubo 5		Tubo 6	
	Antes	Após 7 dias										
Aspecto da solução	████████	████████	████████	████████	████████	████████	████████	████████	████████	████████	████████	████████
Aspecto do prego	████████	████████	████████	████████	████████	████████	████████	████████	████████	████████	████████	████████

❖ **Resíduos:** Limpar os pregos e guardá-los para outras atividades experimentais. As soluções podem ser descartadas na pia.

#### Análise e discuta

1. Escreva uma semiequação de oxidação do ferro e indique o número de oxidação das espécies.
2. A ferrugem é o óxido de ferro(III) hidratado, representado pela fórmula  $Fe_2O_3 \cdot nH_2O$ . Escreva a equação global que representa o enferrujamento de um prego.
3. Coloque as soluções em ordem decrescente do meio mais agressivo para o menos agressivo para o prego. Explique os resultados obtidos.
4. Analise as duas situações a seguir e responda aos itens a e b, abaixo.
  - I. Durante uma atividade experimental, um aluno introduziu um prego de ferro em um tubo de ensaio com água quente, a temperatura constante, deixando-o em repouso por sete dias.
  - II. Em outro tubo de ensaio foi introduzido um prego de ferro e tomou-se o cuidado para deixar o ar seco. O prego foi deixado em repouso por sete dias.
  - a) De acordo com os resultados obtidos no experimento e a sua resposta às questões 2 e 3 anteriores, o que se espera que ocorra com o prego nas duas situações? Justifique.
  - b) Com base nos seus conhecimentos, explique a razão de se pintar os pregos de ferro.

<b>Obra LQ3</b>		
<b>Descritores</b>	<b>SIM</b>	<b>NÃO</b>
ATIVIDADE: Estudo comparativo da corrosão do ferro. PAG 211	-	X
Apresenta uma problematização ou parte de um questionamento	-	X
Exige do aluno levantamento de hipóteses	-	X
Exige do aluno coleta e análise de dados	X	-
Potencializa um ambiente de debates e discussões	X	-
Exige do aluno aplicação de conhecimentos próprios da ciência	X	
Exige a formulação de resposta ao questionamento inicial e relato dos resultados	-	X

- Exige do aluno coleta e análises de dados
  - Procedimento item 4
  
- Exige do aluno aplicação de conhecimentos próprios da ciência
  - Analise e discuta: questão 1 a 4.
  
- Analise e discuta
  - A atividade de acordo com a sequencia trabalhada possibilita, através da mediação do professor, a geração de debates e discussões entre os estudantes.

## Atividade experimental

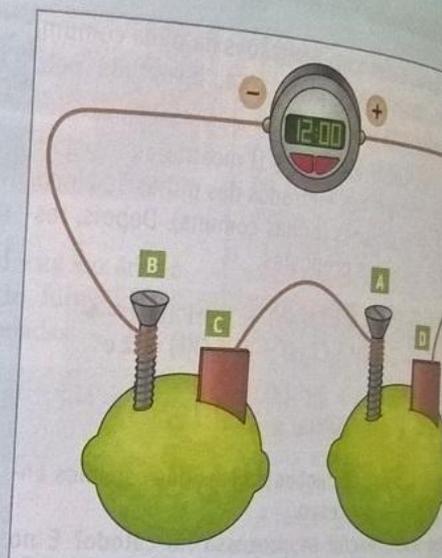
### Pilha de limão

#### Objetivo

Construir uma pilha de limão.

#### Material

- 2 limões com furos conforme mostra a figura ao lado
- faca pequena
- 2 parafusos galvanizados de aproximadamente 4 cm de comprimento ou placa de zinco
- 3 pedaços de fio de cobre com extremidades desencapadas (dois do mesmo tamanho e um deles menor do que os demais)
- 2 placas de cobre com um furo em cada uma delas ou fios sólidos e grossos de cobre (utilizados em instalações elétricas residenciais)
- relógio digital sem bateria (ou multímetro, ou calculadora também sem baterias)



Esquema, em cores-fantasia, de pilha de limão.

**Equipamentos de segurança:** Óculos de segurança, avental de algodão com mangas compridas.

#### Procedimentos

1. Pegue o pedaço menor de fio de cobre e use a parte desencapada dele para dar quatro voltas em ambos os parafusos (A).
2. Em seguida, prenda uma das placas de cobre (C) na outra extremidade desse mesmo fio.
3. Repita o **procedimento 1** para o outro parafuso (B), o qual, nesse caso, é conectado a um dos pedaços de fio de cobre de maior comprimento.
4. Conecte a outra extremidade desse segundo pedaço de fio de cobre a uma extremidade do compartimento em que estava a bateria do relógio digital.
5. Depois, prenda o terceiro pedaço de fio de cobre à outra placa (D), conectando-a à outra extremidade do compartimento em que estava a bateria do relógio digital.
6. Insira a parte pontiaguda do parafuso (B) em um dos limões.
7. Fixe a outra placa de cobre (D) no outro limão. Monte o sistema de modo que cada limão possua uma placa de cobre e um parafuso.
8. Observe o que ocorre.

❖ **Resíduos:** Jogar os limões no lixo ou em outro local apropriado, caso a escola utilize os restos de alimentos para obter adubo para hortas comunitárias. Limpar as placas de cobre e os parafusos com água e sabão.

#### Análise e discuta

1. O que aconteceu com o relógio digital depois de ele ter sido conectado ao sistema?
2. Identifique a região do cátodo e do ânodo na pilha de limão.
3. Utilize uma tabela de potencial de redução para identificar as duas semiequações que acontecem na pilha.
4. Indique outro meio (em substituição ao limão) em que é possível utilizar esses mesmos eletrodos para a obtenção de um resultado semelhante.

<b>Obra LQ3</b>		
<b>Descritores</b>	<b>SIM</b>	<b>NÃO</b>
ATIVIDADE: Pilha de limão PAG. 228	-	X
Apresenta uma problematização ou parte de um questionamento	-	X
Exige do aluno levantamento de hipóteses	-	X
Exige do aluno coleta e análise de dados	X	-
Potencializa um ambiente de debates e discussões	X	-
Exige do aluno aplicação de conhecimentos próprios da ciência	X	
Exige a formulação de resposta ao questionamento inicial e relato dos resultados	-	X

- Exige do aluno coleta e análises de dados
  - Analise e discuta: item 1
  
- Exige do aluno aplicação de conhecimentos próprios da ciência
  - Analise e discuta: itens 2,3 e 4.
  
- Analise e Discuta
  - A atividade de acordo com a sequencia trabalhada possibilita, através da mediação do professor, a geração de debates e discussões entre os estudantes.

## Atividade experimental

### Cobreação de um objeto metálico

#### Objetivo

Observar o efeito da corrente elétrica em uma reação química.

Sérgio Dutra Jr./DGBR



O que ocorre com a chave se estiver ligada a um gerador e mergulhada em uma placa de cobre em solução de  $\text{CuSO}_4$ ?

#### Material

- solução de sulfato de cobre(II) penta-hidratado ( $\text{CuSO}_4 \cdot 5 \text{H}_2\text{O}$ ) a 1 mol/L
- objeto metálico não encapado ou pintado (chave, moeda, clipe, etc.)
- béquer ou frasco transparente de 100 mL
- conjunto de pelo menos três pilhas médias ligadas em série (podem ser recarregáveis) ou fonte de corrente contínua de qualquer tensão entre 4,5 V e 12 V
- 2 fios com as pontas desencapadas
- peça de cobre
- funil
- papel de filtro
- luvas plásticas

**Equipamentos de segurança:** Óculos de segurança e avental de algodão com mangas compridas.

#### Procedimentos

1. Coloque a solução de sulfato de cobre(II) em um béquer ou frasco transparente até cerca de três quartos de sua capacidade.
2. Prenda o objeto metálico ao fio ligado ao polo negativo do conjunto de pilhas. O objeto de cobre deve ser ligado ao fio do polo positivo.
3. Mergulhe os dois objetos na solução, tomando o cuidado de não encostá-los um no outro.
4. Observe o aspecto dos objetos a cada 2 minutos; após 8 minutos, retire os dois fios da solução e anote as mudanças na chave.
5. Troque a posição do objeto metálico com o objeto de cobre. Mergulhe novamente os dois objetos por 8 minutos e registre as mudanças.

♦ **Resíduos:** Filtrar a solução de sulfato de cobre(II) para reutilizá-la em outros experimentos. Guardar o objeto metálico

#### Análise e discuta

1. De acordo com as mudanças registradas no experimento, o que aconteceu com o objeto metálico quando ele foi mergulhado na solução ligado ao polo negativo? E ligado ao polo positivo?
2. Represente por meio de equação química os processos que ocorreram no experimento.
3. Indique quais são as possíveis aplicações da deposição de metais em objetos metálicos, citando exemplos do cotidiano.

<b>Obra LQ3</b>		
<b>Descritores</b>	<b>SIM</b>	<b>NÃO</b>
ATIVIDADE: Cobreação de um objeto metálico. PAG. 260.	-	X
Apresenta uma problematização ou parte de um questionamento	-	X
Exige do aluno levantamento de hipóteses	-	X
Exige do aluno coleta e análise de dados	X	-
Potencializa um ambiente de debates e discussões	X	-
Exige do aluno aplicação de conhecimentos próprios da ciência	X	
Exige a formulação de resposta ao questionamento inicial e relato dos resultados	-	X

- Exige do aluno coleta e análises de dados
  - Procedimento: item 4 e 5.
  - Analise e Discuta: item 1.
  
- Exige do aluno aplicação de conhecimentos próprios da ciência
  - Analise e discuta: itens 1, 2 e 3.
  
- Analise e Discuta
  - A sequencia da analise finalizando no item 3 possibilita, através da mediação do professor, a geração de debates e discussões entre os estudantes.

## Atividade experimental

### Determinação da constante de Avogadro por eletrólise de NaOH(aq)

#### Objetivo

Determinar experimentalmente a constante de Avogadro.

#### Material

- solução de hidróxido de sódio (10 g/L)
- 2 eletrodos de cobre de 2,5 mm de diâmetro descascados nas extremidades
- 2 seringas de injeção de 5,0 mL com ponta tampada
- pedaço de isopor para servir de suporte para as seringas
- 4 pilhas grandes novas ligadas em série (ou bateria de 6 V)
- recipiente de plástico ou de vidro
- cronômetro (ou relógio que marque segundos)
- multímetro (amperímetro com escala de 0 a 250 mA)
- luvas plásticas

#### ATENÇÃO!

Por questões de segurança, esta atividade deve ser feita pelo professor.



Esquema de montagem de experimento para determinação da constante de Avogadro.

#### Equipamentos de segurança:

Óculos de segurança e avental de algodão com mangas compridas.

#### Procedimento

1. Coloque no recipiente de plástico cerca de  $\frac{4}{5}$  de sua capacidade de hidróxido de sódio (10 g/L).
2. Faça dois furos no isopor de modo que seja possível atravessá-lo com as seringas.
3. Utilizando as luvas, mergulhe as duas seringas preenchendo-as com a solução de hidróxido de sódio. Coloque o isopor sobre o recipiente.
4. Passe cada uma das seringas pelos furos de modo que a ponta esteja acima da superfície da água e não devem conter bolhas de ar.
5. Com os fios de cobre monte o sistema mostrado na imagem, introduzindo sua ponta dentro da seringa.
6. Ligue o circuito e, no mesmo instante, dispare o cronômetro. Quando o volume de gás hidrogênio completar 4,0 mL, desligue o circuito e marque o tempo.

**Observação:** o valor da corrente deve ser constante durante todo o experimento, permanecendo entre 30 mA e 100 mA. A ponta do eletrodo que fica no interior da seringa deve ficar totalmente submersa ao término do experimento.

Fonte de pesquisa: SOUZA, Gerson de et al. A constante de Avogadro. Revista Química Nova na Escola, n. 3, maio 1996.

❖ **Resíduos:** Os fios de cobre (eletrodo) podem ser limpos com água e sabão e utilizados em outras atividades experimentais. O resíduo líquido pode ser despejado na pia.

#### Analise e discuta

1. Que valor da constante de Avogadro você encontrou? Apresente os cálculos.
2. Compare o valor que você obteve para a constante de Avogadro com o seu valor teórico ( $6 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$ ) e calcule a porcentagem de erro.
3. Em sua opinião, quais são as etapas do procedimento que mais contribuem para que o valor obtido se afaste do valor teórico?

Obra LQ3		
Descritores	SIM	NÃO
ATIVIDADE: Determinação constante de avogrado. PAG. 271.	-	X
Apresenta uma problematização ou parte de um questionamento	-	X
Exige do aluno levantamento de hipóteses	-	X
Exige do aluno coleta e análise de dados	X	-
Potencializa um ambiente de debates e discussões	X	-
Exige do aluno aplicação de conhecimentos próprios da ciência	X	
Exige a formulação de resposta ao questionamento inicial e relato dos resultados	-	X

- Exige do aluno coleta e análises de dados
  - Procedimento: item 6.
  - Analise e Discuta: item 1.
  
- Exige do aluno aplicação de conhecimentos próprios da ciência
  - Analise e discuta: item 2.
  
- Analise e Discuta
  - A sequencia da analise finalizando no item 3 possibilita, através da mediação do professor, a geração de debates e discussões entre os estudantes.

#### OBRA LQ4

### Síntese do alumínio

Em 1827, aos 27 anos de idade, o químico alemão Friedrich Wöhler (1800-1882) – famoso por ter feito a primeira síntese de um composto orgânico em laboratório – desenvolveu um método que envolvia o aquecimento do cloreto de sódio com cloreto de alumínio e sódio metálico. Por meio desse método obteve alumínio metálico em quantidade mais significativa.

Mas o método de Wöhler era caro e muito complexo, de modo que o alumínio chegou a ser vendido por 220 dólares o quilograma.

Durante a década de 1880, o professor de química Frank F. Jewett comentava sempre com seus alunos que, embora o alumínio fosse muito abundante na Terra (8,1% em massa), ninguém até aquele momento havia sido capaz de extrair-lo por meio de um processo economicamente viável.

Charles Martin Hall (1863-1914), um jovem de 22 anos que era aluno de Jewett, decidiu que esse seria o tema de seu projeto de graduação: pesquisar uma forma econômica de obter alumínio.

Hall desconfiou de que poderia alcançar esse objetivo usando a eletricidade e também de que seria necessário encontrar um fundente para a bauxita (o composto mais abundante de alumínio).

Construiu uma bateria improvisada e testou várias substâncias como fundente até que chegou à criolita,  $3 \text{ NaF} \cdot \text{AlF}_3(\text{s})$ .

Aqueceu a criolita até a fusão e, em seguida, adicionou a bauxita e percebeu que ela se dissolvia facilmente.

Hall ligou a bateria, de modo que a corrente elétrica atravessasse a mistura, e observou o alumínio metálico se acumulando ao redor do eletrodo negativo da bateria. Tão logo o metal esfriou o suficiente para poder ser segurado nas mãos, Hall correu para mostrá-lo ao professor Jewett.

Consta que, poucos meses depois, um jovem francês chamado Paul L. T. Heroult (1863-1914), também com 22 anos, desenvolveu o mesmo processo eletrolítico para a obtenção de alumínio (sem nunca ter ouvido falar do trabalho de Hall).

De qualquer forma, Hall entrou primeiro com o pedido de patente do processo e recebeu a prioridade.

Hall ficou milionário com sua descoberta e, ao morrer, deixou grande parte de sua fortuna para o Oberlin College.

No prédio de Química do Oberlin College há uma estátua de Hall, e na casa de sua família foi colocada uma placa comemorativa. Tanto a estátua como a placa foram feitas de alumínio.

Em 1889, o químico alemão Johann Friedrich Wilhelm Adolf von Bayer (1835-1917) aperfeiçoou o processo desenvolvido por Hall. É o processo de Bayer que as indústrias utilizam hoje.

### De onde vem o tântalo?

O tântalo é obtido do **coltan**, um minério de fórmula geral (Fe, Mn) (Nb, Ta)<sub>2</sub>O<sub>6</sub>. Seu nome é uma associação das palavras **col**umbita e **tan**talita, de onde se extraem respectivamente os metais nióbio, <sup>41</sup>Nb, e tântalo, <sup>73</sup>Ta, considerados estratégicos. É graças às propriedades desses metais que acompanhamos dia a dia a progressiva miniaturização e o avanço tecnológico de aparelhos eletroeletrônicos de todos os tipos.

Segundo o *ranking* baseado na mineração legal, os maiores produtores mundiais de coltan são Austrália, Brasil e Canadá, sendo que no Brasil uma das maiores reservas do minério se encontra no Amazonas, dentro de uma reserva Yanomâni. Mas a realidade é que 80% das reservas naturais de coltan encontram-se na África, a maior parte desta, na República Democrática do Congo.

Desde agosto de 1998 as minas de coltan do leste do Congo foram tomadas por rebeldes armados de Ruanda, Uganda e Burundi que, contrabandeando milhares de toneladas do minério para seus países e exportando para o mercado global, usam os lucros para financiar suas milícias e subjugar a população local.

É praticamente uma reprise do que ocorreu com os chamados "diamantes de sangue", com a diferença de que o comércio de diamantes obedece a regulamentações rígidas para importação e exportação e, portanto, pode ser mais facilmente controlado pela comunidade internacional. Já o comércio de coltan e de tântalo baseia-se em conexões comerciais reservadas e tortuosas.

A mineração do coltan no Congo envolve trabalho em condições de semiescravidão, violência aos direitos e à dignidade humana e trabalho infantil.

Os conflitos no Congo em torno das minas de coltan atingiram também os animais; elefantes e gorilas das montanhas (espécie em extinção) tiveram baixas significativas em sua população para servirem de alimento tanto aos rebeldes como aos mineiros.

Estima-se que, somente no período de 1998 a 2002, mais de três milhões de pessoas morreram como resultado direto ou indireto dos conflitos no Congo. A grande maioria dessas mortes, 90%, ocorreu na parte leste do país, cujas principais causas são a desnutrição ou doenças provocadas pelo deslocamento de pessoas que fugiam da violência. Mais de duzentos mil congolezes morreram diretamente nas mãos de soldados de todas as facções envolvidas no conflito, e cerca de 18 milhões ficaram sem acesso a qualquer tipo de serviço do Estado (saúde, educação, saneamento, transporte, etc.).

*Lembre-se de que o custo do seu celular ou do seu computador provavelmente é muitíssimo superior ao que pagou por eles, pois custaram vidas, torturas e escravidão. Por isso, tente usá-los durante a sua vida útil não comprando já um novo só porque é moda ou tem funcionalidades extras de que na realidade não precisa. Até porque o lixo eletrônico produzido tem outros custos muito elevados.*

Disponível em: <<http://sustentabilidadenaopalavraeacao.blogspot.com/2010/05/o-preco-do-coltan.html>>. Acesso em: 17 nov. 2012.

Algumas estimativas indicam que 30% dos estudantes no nordeste do Congo abandonaram as escolas para escavar o metal.

\* Assista ao filme disponível nesse endereço.

## De onde vem... para onde vai?

A ilustração está fora de escala. Com fantasia.

### Alumínio

#### O processo industrial

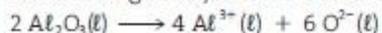
O alumínio metálico é obtido industrialmente pela eletrólise ígnea da bauxita, que consiste em uma mistura de óxidos de alumínio, principalmente óxido de alumínio di-hidratado,  $Al_2O_3 \cdot 2H_2O(s)$ , que, ao ser separado das impurezas, recebe o nome de **alumina**.

Como o ponto de fusão da alumina,  $Al_2O_3(s)$ , é muito alto, aproximadamente  $2060^\circ C$ , é necessário o uso de um fundente (substância que tem a propriedade de baixar o ponto de fusão de uma outra substância) para permitir que a eletrólise ocorra a uma temperatura mais baixa.

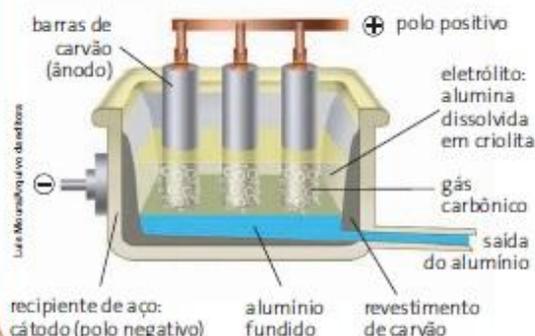
Como fundente da alumina utiliza-se o fluoreto duplo de sódio e alumínio,  $3NaF \cdot AlF_3(s)$ , também conhecido como criolita (do grego *kriás*, 'gelo', e *lithos*, 'pedra'). Uma característica curiosa da criolita é que essa substância possui o mesmo índice de refração da água e, assim, um cristal de criolita imerso na água fica praticamente invisível.

O único depósito natural importante de criolita é encontrado na Groenlândia. Para uso industrial, a criolita é produzida artificialmente a partir da fluorita,  $CaF_2(s)$ , bem mais abundante.

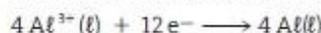
A mistura de alumina e criolita funde-se a cerca de  $1000^\circ C$ , e os íons  $Al^{3+}(l)$  e  $O^{2-}(l)$  ficam livres da organização mantida no cristal.



A eletrólise nesse caso é feita usando-se o seguinte esquema:



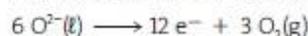
A mistura de alumina e criolita fundida fica contida em recipientes de aço, cujas paredes atuam como polo negativo da eletrólise – o cátodo –, onde ocorre a redução dos cátions alumínio:



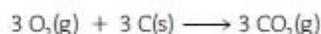
Como o alumínio funde-se a  $660,37^\circ C$  e é mais denso que a mistura de alumina e criolita, ele vai se acumulando na forma líquida, no fundo do recipiente, de onde é vazado periodicamente.

O ânodo ou polo positivo é uma série de cilindros de carvão fabricados com coque de petróleo (resíduo da refinação do petróleo).

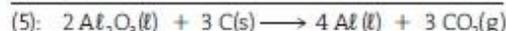
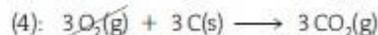
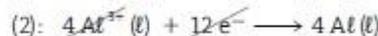
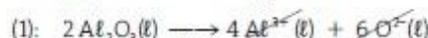
Nesses cilindros, constituídos basicamente de carbono, ocorre a reação de oxidação:



O oxigênio aí formado reage com o carbono do eletrodo, produzindo gás carbônico:



A equação global (5) da eletrólise é a soma das equações (1) de dissociação, (2) catódica, (3) anódica, (4) combustão da grafita:



Para se obter uma tonelada de alumínio, são necessárias aproximadamente duas toneladas de alumina (extraídas de 4 a 5 toneladas de bauxita), 50 quilogramas de criolita e 0,6 tonelada de carvão para formar os eletrodos.

Um dos primeiros usos do alumínio foi nas aeronaves alemãs zeppelin da Primeira Guerra Mundial. Essas aeronaves eram feitas de duralumínio (liga constituída de 95,5% de  $Al$ , 3% de  $Cu$ , 1% de  $Mn$  e 0,5% de  $Mg$ ), inventado em 1906, cuja densidade é cerca de um terço da densidade do aço. Atualmente, o consumo desse metal, que apresenta elevada resistência mecânica, baixa

densidade ( $2,698 \text{ g/cm}^3$ ) e elevada resistência à corrosão, ultrapassa 38 milhões de toneladas por ano\* em aplicações diversas; como tampas de iogurte, frigideiras, carrocerias de automóveis (foto) e fuselagens de aviões.

\* Dados disponíveis em: <[www.mme.gov.br/sgm/galerias/arquivos/plano\\_duo\\_decenal/a\\_transformacao\\_mineral\\_no\\_brasil/P37\\_RT62\\_Perfil\\_do\\_Aluminio.pdf](http://www.mme.gov.br/sgm/galerias/arquivos/plano_duo_decenal/a_transformacao_mineral_no_brasil/P37_RT62_Perfil_do_Aluminio.pdf)>. Acesso em: 17 nov. 2012.



Linha de montagem de automóveis

### Trabalho em equipe

*Em 2011, o Brasil reciclou 511 mil toneladas de alumínio. A relação entre esse volume e o consumo doméstico de alumínio indica um percentual de 35,2%, que é superior a média mundial de 28,3% (base 2010). Na reciclagem de latas de alumínio para bebidas, em 2011, o país reciclou 248,7 mil toneladas de sucata de lata, o que corresponde a 18,4 bilhões de unidades, ou 50,4 milhões por dia ou 2,1 milhões por hora. Pelo décimo primeiro ano consecutivo, o país lidera a reciclagem de latas de alumínio para bebidas, entre os países em que a atividade não é obrigatória por lei – como no Japão, que em 2011 reciclou 92,6% de latas; Argentina (91,1%) e Estados Unidos (65,1%) – e entre países europeus, cuja legislação sobre reciclagem de materiais é bastante rígida e apresentaram um índice médio de 66,7% (dado de 2010).*

Disponível em: <[www.abal.org.br/reciclagem/brasil.asp](http://www.abal.org.br/reciclagem/brasil.asp)>. Acesso em: 17 nov. 2012.

É importante observar, no entanto, que, apesar do aumento anual da quantidade de material destinado à reciclagem, não houve redução na extração do minério bauxita no Brasil, uma atividade que causa um intenso impacto ambiental porque a demanda mundial por alumina e alumínio metálico destinado às mais diversas aplicações continua crescendo vertiginosamente. Em relação ao que foi exposto, pesquise:

- Quais as vantagens da reciclagem do alumínio, além da economia na extração de matéria-prima?
- Discuta com seu grupo por que a reciclagem do alumínio não é obrigatória por lei no Brasil como ocorre no Japão e nos Estados Unidos.
- Por que nos países em que a reciclagem é obrigatória o índice de alumínio reciclado não chega a 100%?
- A reciclagem de latinhas de alumínio foi muito favorecida por questões sociais no Brasil. Explique por quê.

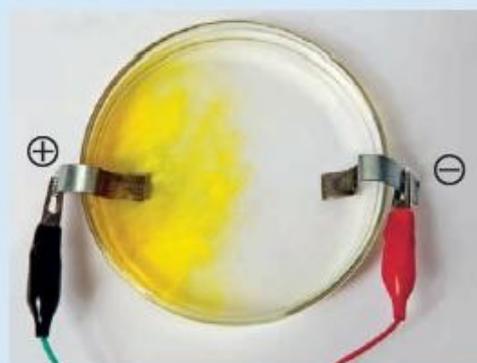
As pesquisas podem ser feitas individualmente, e as respostas podem ser formuladas pelos grupos determinados pelo professor. Depois os grupos podem discutir suas conclusões entre si.

N

## EXPERIMENTO

## Eletrólise do iodeto de potássio

A eletrólise do iodeto de potássio,  $KI(s)$ , é muito utilizada para demonstrar o processo em sala de aula e em feiras de ciência, uma vez que produz um efeito muito bonito e bem distinto em cada um dos eletrodos e, além disso, pode ser feita sobre um retroprojeto utilizando materiais relativamente simples, como mostramos a seguir.



Montagem da eletrólise do iodeto de potássio vista no retroprojeto. Você sabe dizer que substância está se formando no ânodo? E no cátodo?

## Material necessário

- 1 retroprojeto com uma folha de papel acetato (transparência)
- 1 placa de Petri ou uma tigela de vidro pequena
- 1 g de iodeto de potássio
- Solução diluída de amido em água (preparada com antecedência)
- Fenolftaleína (encontrada em lojas especializadas)
- Colher de plástico
- Conta-gotas
- 1 cilindro de grafita tirado do interior de um lápis (ou de uma lapiseira grossa)
- 1 bateria de 9 volts
- 2 conectores elétricos (vendidos no comércio com o nome de garra jacaré)

## Como fazer

Coloque um pouco da solução de amido na placa de Petri ou na tigela de vidro – até mais

ou menos a metade de sua capacidade – e adicione o iodeto de potássio. Mexa bem com a colher de plástico até dissolver todo o sal. Adicione uma gota de fenolftaleína.

Coloque o papel acetato (transparência) sobre o retroprojeto e arrume a placa de Petri no centro. Corte dois pedaços (de 3 cm cada um) do cilindro de grafita.

A ilustração está fora de escala. Cores fantasia.



A forma de preparar a solução de amido é descrita no Manual do Professor.

Prenda uma extremidade da garra jacaré em um dos cilindros de grafita e a outra extremidade no polo negativo da bateria de 9 V.

Repita o procedimento com a outra garra jacaré e o outro cilindro de grafita, ligando o sistema no polo positivo da bateria de 9 V.

Coloque os dois cilindros de grafita na placa de Petri de tal forma que apenas o carbono da grafita fique em contato com a solução que se encontra na placa (a presilha da garra jacaré não deve encostar na solução).

## Investigue

1. Que substância está se formando no ânodo? Escreva a semi-reação anódica.
2. Que substância está se formando no cátodo? Escreva a semi-reação catódica.
3. Qual a cor adquirida pela solução de amido. Por quê?
4. Forneça a equação global do processo.

OBRA LQ4		
Descritores	SIM	NÃO
GRUPO DE QUATRO QUESTÕES -TRABALHO EM EQUIPE - PAG. 297		
Apresenta uma problematização ou parte de um questionamento	X	-
Exige do aluno levantamento de hipóteses	-	X
Exige do aluno coleta e/ou análise de dados	X	-
Potencializa um ambiente de debates e discussões	X	-
Exige do aluno aplicação de conhecimentos próprios da ciência	X	-
Exige a formulação de resposta ao questionamento inicial e relato dos resultados	-	X