

COLEÇÃO EXPLORANDO O ENSINO

# QUÍMICA

4  
VOLUME

Presidência da República

Ministério da Educação

Secretaria Executiva

COLEÇÃO EXPLORANDO O ENSINO

VOLUME 4

QUÍMICA

ENSINO MÉDIO

COLEÇÃO EXPLORANDO O ENSINO

Vol. 1 – Matemática (Publicado em 2004)

Vol. 2 – Matemática (Publicado em 2004)

Vol. 3 – Matemática: Ensino Médio (Publicado em 2004)

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)  
Centro de Informação e Biblioteca em Educação CIBEC

---

Química : ensino médio / organização Eduardo Fleury Mortimer. – Brasília : Ministério da Educação, Secretaria de Educação Básica, 2006.  
165 p. : il. (Coleção explorando o ensino ; v. 4)

ISBN 85-98171-16-6

1. Ensino de Química. 2. Ensino médio. I. Mortimer, Eduardo Fleury. II. Brasil. Secretaria de Educação Básica.

CDU 542:373.5

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO BÁSICA

QUÍMICA

ENSINO MÉDIO

BRASÍLIA

2006

SECRETARIA DE EDUCAÇÃO BÁSICA – MEC

DEPARTAMENTO DE POLÍTICAS DE ENSINO  
MÉDIO – SEB

COORDENAÇÃO-GERAL DE POLÍTICAS  
DE ENSINO MÉDIO – SEB

COORDENAÇÃO-GERAL DE ASSISTÊNCIA  
AOS SISTEMAS DE ENSINO – SEB

FUNDO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO  
DA EDUCAÇÃO - FNDE

DIRETORIA DE PROGRAMAS ESPECIAIS - FNDE

ORGANIZAÇÃO

Eduardo Fleury Mortimer

SELEÇÃO DE TEXTOS

Ático Chassot

Eduardo Fleury Mortimer

Julio Cezar Foschini Lisboa

Marcelo Giordan

Roberto Ribeiro da Silva

REVISÃO

Romeu Cardozo Rocha Filho

PROJETO GRÁFICO

Carlos André Mores

CAPA

Daniel Tavares (foto: Foco – Formação Continuada de  
Professores de Ciências Naturais – Faculdade de  
Educação – UFMG)

Tiragem 72 mil exemplares

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO BÁSICA

Esplanada dos Ministérios, bloco L, sala 500 CEP - 70.047-900 Brasília-DF

Tel. (61) 2104 8177/2104 8010

[www.mec.gov.br](http://www.mec.gov.br)

# Sumário

## Apresentação

7

## Atualidades em Química

Mol, uma nova terminologia <i>Roberto Ribeiro da Silva e Romeu C. Rocha-Filho</i>	9
Camada de Ozônio dá Nobel <i>Romeu C. Rocha-Filho</i>	14
Cromatografia: um breve ensaio <i>Ana Luíza G. Degani, Quezia B. Cass e Paulo C. Vieira</i>	18
Os furelenos e sua espantosa geometria molecular <i>Romeu C. Rocha-Filho</i>	26
Polímeros condutores <i>Roselena Faez, Cristiane Reis, Patrícia Scandiucci de Freitas, Oscar K. Kosima, Giacomo Ruggeri e Marco-A. De Paoli</i>	34
Prêmio Nobel de Química de 1998 – Walter Kohn e John A. Pople <i>Luiz Carlos Gomide de Freitas</i>	43

## Espaço Aberto

Avaliação: uma perspectiva emancipatória <i>Jussara Margareth de Paula Loch</i>	49
O ENEM no contexto das políticas para o Ensino Médio <i>Creso Franco e Alcía Bonamino</i>	55
O Ensino Médio em questão <i>Alice R. Casimiro Lopes</i>	63
Propostas de experimentos de baixo custo centradas no aluno e na comunidade <i>Eduardo Campos Valadares</i>	69
Sobrevivência humana: um caminho para o desenvolvimento do conteúdo químico no Ensino Médio <i>Luiz Roberto de Moraes Pitombo e Julio Cezar Foschini</i>	74
Os temas transversais nos PCN <i>Elizabeth Fernandes de Macedo</i>	82

## Experimentação no Ensino de Química

À procura da vitamina C <i>Sidnei Luis A. da Silva, Geraldo Alberto L. Ferreira e Roberto Ribeiro da Silva</i>	89
O mito da combustão da vela e o teor de oxigênio no ar <i>Per Christian Braathen</i>	92
Experiências lácteas <i>Julio Cezar Foschini Lisboa e Monique Bossolani</i>	97
Extraindo óleos essenciais de plantas <i>Pedro Ivo Canesso Guimarães, Raimundo Elito Conceição Oliveira e Rozana Gomes de Abreu</i>	101
Determinação do raio atômico de alguns metais <i>José de Alencar Simoni e Matthieu Tubino</i>	104

## **Educação em Química e Multimídia**

Hipermídia no ensino de modelos atômicos <i>Alessandra Meleiro e Marcelo Giordan</i>	108
Carbópolis: um software para educação em Química <i>Marcelo Eichler e José Claudio Del Pino</i>	114
Educação aberta na web: serviços de atendimento aos estudantes <i>Marcelo Giordan e Irene Cristina de Mello</i>	118
Correio e bate papo, a oralidade e a escrita ontem e hoje <i>Marcelo Giordan</i>	123
Jornais e revistas on-line <i>Marcelo Eichler e José Claudio Del Pino</i>	128
Um ambiente multimidiatizado para a construção do conhecimento em Química <i>Sérgio Luiz Brito</i>	133

## **O Aluno em Foco**

Concepções atomistas dos estudantes <i>Eduardo Fleury Mortimer</i>	137
Como os estudantes concebem a formação de soluções <i>Agustina Echeverria</i>	143
Como os estudantes concebem o estado de equilíbrio químico <i>Andréa Horta Machado e Rosália Maria Ribeiro de Aragão</i>	148
Idéias em movimento <i>Nelson Orlando Beltran</i>	153
Quanto mais quente melhor: calor e temperatura no ensino de termoquímica <i>Eduardo Fleury Mortimer e Luiz Otávio F.Amaral</i>	159
Pensando e falando sobre fenômenos químicos <i>Andréa Horta Machado</i>	166



## Apresentação

A Secretaria de Educação Básica do Ministério da Educação apresenta aos professores do Ensino Médio os volumes 4 e 5 de Química da Coleção *Explorando o Ensino*. Essa Coleção tem o objetivo de apoiar o trabalho do professor em sala de aula, oferecendo um rico material didático-pedagógico, referente às disciplinas de Matemática, Biologia, Química e Física.

A Química é uma forma de pensar e falar sobre o mundo, que pode ajudar o cidadão a participar da sociedade industrializada e globalizada, na qual a ciência e a tecnologia desempenham um papel cada vez mais importante. O ensino da Química na escola média brasileira está mudando para atender a essa finalidade, e muitas dessas mudanças estão expressas nos Parâmetros Curriculares Nacionais para a área de Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias.

Poderíamos dizer que as referidas mudanças organizam-se em torno de três exigências básicas: 1) conceber o estudante como o centro do processo de ensino-aprendizagem. Os alunos são ativos, constroem seu conhecimento por meio de um diálogo entre as novas formas de conhecer que lhes são apresentadas na escola e aquilo que eles já sabiam de sua vivência cultural mais ampla; 2) propor um ensino que prepare o cidadão para participar do debate e da tomada de decisões na sociedade sobre problemas ambientais, sociais, políticos e econômicos que envolvam a ciência e a tecnologia. O aluno deve ser capaz de ler e interpretar textos e informações científicas divulgadas pela mídia e de usar o conhecimento científico na sua vida diária; 3) propor um ensino em que o aluno aprenda não só os conceitos científicos, mas também como funciona a ciência e como os cientistas procedem para investigar, produzir e divulgar conhecimentos. A história da ciência desempenha papel importante para ajudar o aluno a entender a natureza do conhecimento científico, ao mostrar que a atividade científica faz parte da atividade humana.

Essas mudanças implicam uma série de novas demandas sobre o que e como ensinar. Os volumes 4 e 5 da Coleção *Explorando o Ensino* foram organizados de modo a disponibilizar aos professores de Química um conjunto de textos de qualidade que lhes ajudará a aprofundar as mudanças propostas. Os textos são uma seleção dos artigos que saíram nos 14 primeiros números da revista *Química Nova na Escola*, publicação semestral da Divisão de Ensino da Sociedade Brasileira de Química, que se propõe subsidiar o trabalho, a formação e a atualização dos professores de Química do Ensino Médio e Fundamental.

As publicações, a exemplo do que ocorre com *Química Nova na Escola*, estruturam-se em seções, de modo a contemplar a diversidade de interesses dos professores. Essas seções, descritas brevemente a seguir, abordam temas atuais no desenvolvimento da Química e de seu ensino, e incluem as relações entre a ciência, a sociedade e a história, os relatos de experiências, de resultados

de pesquisa e de experimentos didáticos, a discussão de conceitos químicos fundamentais e as dificuldades envolvidas na sua aprendizagem.

Em algumas seções, o professor encontrará artigos que podem ser usados diretamente com seus alunos em sala de aula. É o caso dos artigos publicados nas seções *Elemento Químico*, *Experimentação no Ensino de Química*, *Química e Sociedade* e muitos dos artigos publicados nas seções *História da Química* e *Relatos de Sala de Aula*. Em outras seções, como *Atualidades em Química*, *Aluno em Foco*, *Espaço Aberto*, *Pesquisa em Ensino de Química*, *Conceitos Científicos em Destaque*, o professor encontrará material para preparar suas aulas e para refletir sobre sua prática pedagógica. A seguir, detalhamos um pouco mais o conteúdo das seções que compõem o volume quatro:

#### **Atualidades em Química**

Procura apresentar assuntos que mostram como a química é uma ciência viva, seja em relação a novas descobertas, seja no que diz respeito à necessária revisão de conceitos.

#### **Espaço Aberto**

Tem por objetiva divulgar temas que igualmente se situam dentro da área de interesse dos educadores em Química, de forma a incorporar a diversidade temática existente hoje na pesquisa e na prática pedagógica do ensino de Química, bem como desenvolver a interface com a pesquisa educacional mais geral.

#### **Experimentação no Ensino de Química**

Divulga experimentos que contribuem para o tratamento de conceitos químicos no Ensino Fundamental e Médio, e que utilizam materiais de fácil aquisição, permitindo sua realização em qualquer das diversas condições das escolas brasileiras.

#### **Educação em Química e Multimídia**

Visa a aproximar o leitor das aplicações das tecnologias de informação e comunicação no contexto do ensino-aprendizagem da Química, por meio de resenhas de produtos e artigos teóricos e técnicos.

#### **O Aluno em Foco**

Divulga os resultados das pesquisas sobre concepções de alunos a respeito de fenômenos químicos, sugerindo maneiras de lidar com essas formas de compreensão no processo ensino-aprendizagem.

Esperamos, assim, suscitar debates e reflexões sobre o ensino e a aprendizagem de Química e, dessa forma, contribuir para a tarefa fundamental de formar cidadãos informados e preparados para lidar com o conhecimento e suas implicações.

A Secretaria de Educação Básica agradece a Sociedade Brasileira de Química pela significativa participação na elaboração desta obra. Com esse projeto, o Ministério da Educação reforça o empenho de tornar cada vez mais real e possível o ensino de qualidade no país.

# MOL uma nova terminologia

**É** muito comum ouvir de professores e alunos que o ensino de ciências, particularmente o de química, baseia-se em conhecimentos obtidos há mais de cem anos, e que esse conhecimento encontra-se pronto e acabado, não havendo mais nada nele que se possa mudar. Por outro lado, a televisão e os jornais estão constantemente anunciando novos avanços científicos, os quais são considerados muito complicados para serem discutidos em sala de aula ou não se encaixam no programa que o professor deve cumprir. No entanto, esses novos conhecimentos precisam de alguma forma estar acessíveis, para que possam ser incorporados ao dia-a-dia da escola. Daí textos como este vêm mostrar que a química é uma ciência viva.

Conceitos da química muito usados em livros-texto têm sofrido mudanças, mostrando que suas definições e significados estão em constante evolução. Essas mudanças certamente terão implicações no ensino e irão exigir dos professores o desenvolvimento e teste de novas metodologias adequadas a sua aprendizagem.

O ensino de química no nível médio é, ainda hoje, um desafio para muitos professores e alunos. Há uma insatisfação muito grande por parte dos professores, que não conseguem atingir certos objetivos educacionais propostos; há insatisfação entre os alunos, que consideram a química uma disciplina difícil e que exige muita memorização. Recentemente, esforços vêm sendo feitos na tentativa de encontrar estratégias alternativas para a melhoria do ensino de química. Dentre esses esforços, podemos citar aqueles desenvolvidos pela União Internacional de Química Pura e Aplicada (mais conhecida pelas iniciais de seu nome em inglês – IUPAC) visando a simplificar a linguagem usada pelos químicos no mundo inteiro. O uso de uma linguagem mais lógica, simplificada e coerente certamente contribuirá para uma diminuição na dificuldade de aprendizagem de certos termos químicos.

**Roberto Ribeiro da Silva**

Departamento de Química da Universidade de Brasília, Brasília - DF

**Romeu C. Rocha-Filho**

Departamento de Química da Universidade Federal de São Carlos, São Carlos - SP

---

A seção "Atualidades em Química" procura apresentar assuntos que mostrem como a Química é uma ciência viva, seja com relação a novas descobertas, seja no que diz respeito à sempre necessária revisão de conceitos.

Este primeiro texto trata das novas abordagens para alguns conceitos da química muito usados em livros-texto, em função da redefinição do significado da palavra mol.

*mol, quantidade de matéria, nomenclatura de grandezas físico-químicas*

---

Este artigo foi publicado originalmente na revista *Química Nova na Escola* n. 1, 1995.

## Quantidade de matéria e sua unidade, o mol

A redefinição do significado da palavra mol, acompanhada de sua introdução em 1971 como unidade de base do Sistema Internacional de Unidades (SI) para a grandeza quantidade de matéria, implicou mudanças na nomenclatura de diversas grandezas usadas no dia-a-dia da química.

A uma dada massa (por exemplo, 1,0 g) de cada uma das diferentes substâncias sempre estão associados números distintos (e extremamente grandes!) das entidades que compõem essas diferentes substâncias. Isso porque essas entidades (sejam moléculas, átomos ou fórmulas unitárias) têm massas distintas. Entretanto, ao químico interessa trabalhar com um número fixo de entidades. Para isso, ele dispõe da grandeza denominada 'quantidade de matéria' (uma das sete grandezas de base do sistema SI), cuja unidade é o *mol*. O mol é definido como sendo a quantidade de matéria de um sistema que contém tantas entidades elementares quantos são os átomos contidos em 0,012 kg de carbono 12. Quando se utiliza a unidade mol, as entidades elementares devem ser especificadas, podendo ser átomos, moléculas, elétrons, outras partículas ou agrupamentos especiais de tais partículas. Assim como o quilograma é uma quantidade padrão da grandeza massa, o mol é uma quantidade padrão da grandeza quantidade de matéria. Note que anteriormente essa grandeza era referida como 'número de moles'; o uso dessa expressão não é mais recomendado.

Ainda hoje é muito comum se definir, e usar neste sentido, que o mol é a massa atômica ou molecular expressa em gramas. A definição atual para mol é muito diferente dessa, e deixa claro que o mol não se refere à grandeza massa, mas é a unidade de medida da grandeza quantidade de matéria<sup>1</sup>.

## Massa molar

Para qualquer amostra de substância, sua massa ( $m$ ) é diretamente proporcional a sua quantidade de matéria ( $n$ ), isto é:

$$m \propto n$$

A constante de proporcionalidade que permite a passagem de quantidade de matéria para massa, conhecida como 'massa molar' ( $M$ ), nada mais é que a massa da substância por unidade de quantidade de matéria. Portanto, tem-se que:

$$m = M \cdot n$$

Por exemplo, as massas molares do dióxido de carbono e do hidróxido de sódio são:  $M(\text{CO}_2) = 44,0$  g/mol e  $M(\text{NaOH}) = 40,0$  g/mol. Isso significa que uma quantidade de matéria de 1 mol dessas substâncias têm massas de 44,0 g e 40,0 g, respectivamente.

Aqui cabe ressaltar que, em cálculos estequiométricos, é a massa molar a grandeza a ser usada, e não massa atômica ou molecular. Para se obter os valores de massas molares basta associar a unidade g/mol aos respectivos valores de massas atômicas relativas ou de massas moleculares relativas. Isso é possível porque o número de entidades em 1 mol é igual ao número de unidades de massa atômica em 1 grama, conforme será visto a seguir.

Por tudo o que foi apresentado até aqui, fica claro que definir mol como sendo a massa atômica ou molecular expressa em gramas é totalmente incorreto, sendo uma definição não recomendada desde 1971. Aquilo que no passado se denominava mol (ou, muitas vezes, de massa molecular ou molécula-grama) é, de certo modo, o que hoje se denomina massa molar, cuja unidade é g/mol.

## Constante de Avogadro

Qualquer amostra de uma substância contém um número extremamente grande de entidades da qual a substância é feita. A essa amostra está associada uma determinada quantidade de matéria,

como visto anteriormente. Assim, analogamente à quantidade de matéria, o número de entidades é uma propriedade intrínseca da amostra. Isso significa que existe uma relação de proporcionalidade entre o número de entidades na amostra e sua quantidade de matéria. Daí, pode-se afirmar que, para qualquer amostra de uma substância, seu número de entidades (N) é diretamente proporcional a sua quantidade de matéria (n), isto é:

$$N \propto n$$

A constante de proporcionalidade que permite a passagem de quantidade de matéria para número de entidades, conhecida como constante de Avogadro ( $N_A$ ), nada mais é que o número de entidades por unidade de quantidade de matéria. Portanto, tem-se que:

$$N = N_A \cdot n$$

A constante de Avogadro (e não número de Avogadro) tem seu valor medido experimentalmente; o valor mais recentemente obtido e recomendado é  $6,02214 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$ .

### **Concentração em quantidade de matéria**

Até pouco tempo atrás, era comum expressar a concentração de uma solução através de sua 'molaridade'. No entanto, o uso desse termo não é mais recomendado e deve ser substituído pela expressão concentração em quantidade de matéria. Analogamente, a palavra 'molar' não deve mais ser usada como unidade de concentração (por exemplo, solução 1,5 molar ou 1,5 M). O adjetivo molar deve ser restrito a situações em que se quer expressar uma grandeza por unidade de quantidade de matéria, como por exemplo em: volume molar de um gás (expresso através da unidade L/mol); massa molar de uma substância (expressa através da unidade g/mol); entalpia molar de uma substância (expressa através da unidade kJ/mol).

### **Massa atômica**

A grandeza 'massa-atômica', como seu próprio nome diz, refere-se à massa de um átomo (normalmente de um dado elemento químico); seu símbolo é  $m_a$ . Aqui se pode perguntar: como os químicos fizeram para determinar massa tão pequena como a de um átomo? Na prática, eles inicialmente determinaram a massa de um átomo em relação à de um outro; isso era feito determinando-se a massa de uma substância simples que reagia totalmente com uma dada massa de outra, formando uma substância composta, a qual se supunha conter átomos na proporção de 1 para 1 (1:1). Assim, determinou-se que um átomo de cloro continha aproximadamente 35,5 vezes mais massa que um átomo de hidrogênio, ou que um átomo de cobre continha aproximadamente quatro vezes mais massa que um átomo de oxigênio. Dessa forma, foi possível determinar as massas atômicas relativas de todos os átomos dos elementos químicos conhecidos. No passado, foram construídas tabelas de massas atômicas relativas, por exemplo, atribuindo-se (arbitrariamente) o valor 1 ao átomo de hidrogênio; uma outra tabela foi construída atribuindo-se ao átomo de oxigênio o valor 16.

As tabelas modernas contêm massas relativas atribuindo-se a um dos isótopos do elemento químico carbono o valor 12 (exato!). A partir dessa convenção (arbitrária) foi possível, então, definir a unidade de massa atômica (u) como sendo a massa de 1/12 de um átomo de carbono 12.

Assim, a expressão massa atômica ( $m_a$ ) deve ser utilizada para se referir à massa de um tipo de átomo, isto é, à massa de um dado elemento. Essa massa é obtida considerando-se a composição isotópica natural do dado elemento. Por exemplo, no caso do cloro,  $m_a(\text{Cl}) = 35,45 \text{ u}$ , a qual é obtida como média ponderada das massas nuclídicas de seus isótopos 35 e 37, ou seja:

## Expressões cujo uso não é mais recomendado

A seguir são exemplificadas algumas situações em que o uso de certas expressões não é mais recomendado por serem ambíguas ou induzirem a erros conceituais.

Uso não recomendado	Uso recomendado
peso atômico	massa atômica
peso molecular	massa molecular
número de moles, número de átomos-grama, número de íons-grama	quantidade de matéria
átomo-grama, molécula-grama (ou mol), peso-fórmula, etc.	massa molar
moles	mols
u.m.a.	u
molar	mol/L
molaridade	concentração em quantidade de matéria
fração molar	fração em mol ou em quantidade de matéria
graus Kelvin	Kelvin
temperatura absoluta	temperatura termodinâmica
grau centígrado	grau Celsius
equivalente grama	deve ser abandonado
normalidade	deve ser abandonado

$$m_a(\text{Cl}) = [34,96885 \text{ u} \times 75,76\% + 36,96590 \times 24,24\%]/100\% = 35,45 \text{ u}$$

No caso do elemento sódio, como ele é mononuclídico, isto é, ocorre naturalmente só através de seu nuclídeo 23, a massa atômica é diretamente igual à massa nuclidica, ou seja:  $m_a(\text{Na}) = m(^{23}\text{Na}) = 22,99 \text{ u}$ . Mesmo hoje, não é incomum a massa atômica ser referida como peso atômico. Entretanto, o uso do termo peso quando na realidade se trata de massa deve ser evitado: daí a utilização da expressão peso atômico ser desaconselhada.

## Massa nuclidica

O termo 'massa nuclidica' deve ser utilizado para se referir à massa de um dado nuclídeo, de ocorrência natural ou não. Um nuclídeo é definido como o tipo de um dado elemento caracterizado por um número de massa específico. Por exemplo, no caso do nuclídeo 35 do elemento cloro,  $m(^{35}\text{Cl}) = 34,97 \text{ u}$ .

## Massa molecular

A expressão 'massa molecular' refere-se à massa da entidade da qual uma substância é feita, isto é, à massa de uma molécula ou de uma fórmula unitária. O valor da massa molecular de uma dada

entidade corresponde à soma das massas atômicas dos átomos que a compõem. Assim:

$$m(\text{NH}_3) = m_a(\text{N}) + 3m_a(\text{H}) = 17 \text{ u};$$

$$m(\text{CaO}) = m_a(\text{Ca}) + m_a(\text{O}) = 56,1 \text{ u}$$

Note que a expressão 'massa molecular' deve ser usada para se referir às entidades constituintes tanto de substâncias covalentes como de iônicas. Novamente, lembre-se de que o uso da expressão 'peso molecular' não é mais recomendado.

### Considerações finais

Assim como o grama é a unidade de medida da grandeza massa, o metro a da grandeza comprimento etc., mol é a unidade SI da grandeza quantidade de matéria. Expressões como 'número de gramas' ou 'número de metros' são raramente utilizadas, quando o são; por serem ambíguas, devem ser evitadas. Do mesmo modo, a expressão 'número de moles' deve ser deixada de lado, utilizando-se diretamente o nome da grandeza da qual o mol é unidade de medida: quantidade de matéria. Por outro lado, não se deve mais usar, de modo algum, a expressão 'mol' no seu sentido obsoleto, referindo-se à grandeza massa molar.

No Brasil, o nome e o símbolo da unidade de medida da grandeza quantidade de matéria são idênticos, isto é: mol e mol, respectivamente<sup>2</sup>. Apesar disso, entretanto, deve-se ter em mente que só o nome pode ser grafado no plural. Aliás, o plural recomendado é mols e não 'moles' (analogamente: becquerels, decibels, henrys, pascals etc.); mol como símbolo da unidade permanece inalterado no plural, como aliás é recomendado para qualquer símbolo de unidade de medida (exemplos: 23,4 m e não 23,4 ms; 5,7 L e não 5,7 Ls; 4,3 mol e não 4,3 mols).

Finalmente, cabe lembrar que o uso da expressão molar deve ser restrito a situações em que se expressa o valor de uma grandeza extensiva por unidade de quantidade de matéria, ou seja, para um mol da amostra em questão. Por isso, deve-se evitar utilizar a expressão 'molar' para se referir à unidade mais usual da concentração em quantidade de matéria, isto é, à unidade mol/L. Do mesmo modo, deve-se evitar utilizar a expressão 'fração molar', substituindo-a por fração em mol ou fração em quantidade de matéria.

### Notas

<sup>1</sup>Em Portugal, essa grandeza é denominada *quantidade de substância*. No Brasil, alguns químicos acham que esse nome é que deveria ser adotado para a grandeza medida pelo mol; aqui optamos por nos ater ao nome oficialmente adotado no Brasil: *quantidade de matéria*.

<sup>2</sup>Em Portugal, o nome da unidade de medida é a 'mole', sendo que seu símbolo é 'mol'. Tal distinção é útil, evitando certas confusões.

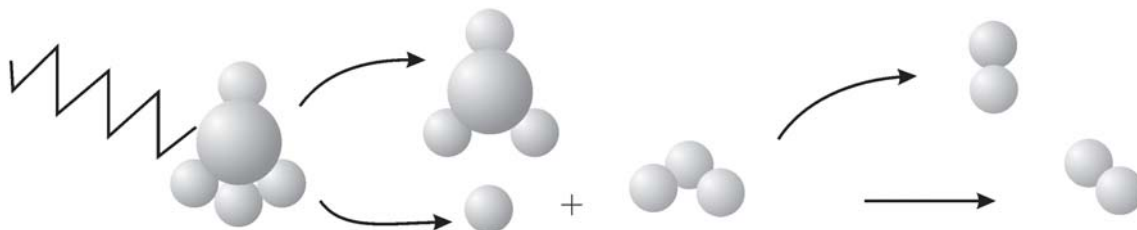
### Para saber mais

ROCHA-FILHO, R.C. *Grandezas e unidades de medida: o sistema internacional de unidades*. São Paulo, Ática, 1988.

ROCHA-FILHO, R.C. e SILVA, R.R.: Sobre o uso correto de certas grandezas em química. *Química Nova* (v. 14, n. 4), pp. 300-305, 1991.

ROCHA-FILHO, R.C. e SILVA, R.R. *Introdução aos cálculos da química*. São Paulo, McGraw-Hill/Makron Books, 1992.

# Camada de Ozônio dá Nobel



## Romeu C. Rocha-Filho

Departamento de Química da Universidade Federal de São Carlos, São Carlos - SP

**S**em querer acreditar no assustador resultado de seus cálculos, o radioquímico americano F. Sherwood Rowland e o químico mexicano Mario Molina recheckaram tudo cuidadosamente e nada encontraram de errado. Suas pesquisas sobre a presença de clorofluorocarbonetos na atmosfera levaram-nos a uma conclusão paralela à do químico holandês Paul Crutzen sobre óxidos de nitrogênio: a camada de ozônio estava seriamente ameaçada por moléculas gasosas geradas pelo homem. Vinte e dois anos depois, Crutzen, 62 (Inst. Max Planck, Alemanha), Rowland, 68 (Univ. da Califórnia em Irvine, EUA), e Molina, 52 (Inst. de Tecnologia de Massachusetts, EUA), são laureados com o Prêmio Nobel de Química de 1995. Enfim seus trabalhos – e seus alertas, tantas vezes considerados irrealistas ou alarmistas – são devidamente reconhecidos.

## Paul Crutzen e os óxidos de nitrogênio

Em 1970, Paul Crutzen, então na Univ. de Estocolmo, Suécia, publicou um artigo em que sugeria que o óxido nítrico poderia causar destruição do ozônio atmosférico. Então, dadas as poucas fontes desse óxido de nitrogênio, seu trabalho quase não chamou atenção. No ano seguinte, porém, o Congresso americano começou a discutir os problemas que poderiam ser causados por aviões supersônicos, para decidir se aprovava ou não verba para a construção de dois protótipos pela Boeing. Foi então que Harold Johnston (Univ. da Califórnia em Berkeley), experiente químico atmosférico que entendia a química dos óxidos de nitrogênio ( $\text{NO}_x$ ), chamou a atenção para o perigo que os  $\text{NO}_x$  liberados por esses aviões representavam para o ozônio atmosférico. Johnston deduziu que uma frota de 500 aviões poderia, em um ano, causar a destruição de 10% do ozônio atmosférico, devido aos  $\text{NO}_x$  que liberaria na estratosfera. Submeteu imediatamente um artigo à revista *Science*; logo

---

Este artigo homenageia os premiados com o Prêmio Nobel de Química de 1995, explicando os mecanismos responsáveis pelo depauperamento da camada de ozônio.

*CFC, ozônio*

---

Este artigo foi publicado originalmente na revista *Química Nova na Escola* n. 2, 1995.



depois, Crutzen também publicou um artigo a respeito. O artigo de Johnston foi fator chave para que o projeto do avião supersônico da Boeing não saísse do papel: o Congresso americano não aprovou as verbas necessárias.

### **Rowland & Molina e os clorofluorocarbonetos**

Professor da Univ. da Califórnia em Irvine desde 1964, F. Sherwood Rowland participou em janeiro de 1972 de uma reunião entre químicos e meteorologistas, à procura de idéias interessantes para projetos de pesquisa. Num dos intervalos dessa reunião, após uma exposição sobre os gases clorofluorocarbonetos (CFCs), ouviu falar de uma descoberta do cientista inglês James Lovelock. Em 1970, Lovelock tinha descoberto um CFC (o triclorofluorometano, conhecido comercialmente como CFC-11) na atmosfera sobre a Irlanda Ocidental; isso era atípico, pois a maioria dos poluentes atmosféricos logo desaparece através de processos de remoção denominados 'sumidouros', como por exemplo a chuva. Logo depois, Lovelock mostrou que a concentração troposférica de CFC-11 e de CFC-12 (diclorodifluorometano) era de 0,23 nanomol/mol. O que chamou a atenção de Rowland foi o fato de as concentrações dos CFCs corresponderem aproximadamente a sua produção, sugerindo uma estabilidade muito grande das moléculas; os CFCs aparentemente não tinham sumidouros ativos na troposfera e lentamente subiam para a atmosfera superior. Rowland retornou a Irvine perguntando-se o que eventualmente ocorreria a esses gases na atmosfera, mas a questão não parecia urgente.

Em meados de 1973, o químico mexicano Mario Molina chegou a Irvine para fazer um estágio de pós-doutoramento com Rowland. Escolheu, dentre os tópicos que lhe foram propostos por Rowland, o de rastrear a perambulação dos CFCs pela atmosfera; pôs-se a trabalhar imediatamente.

Os dois pesquisadores logo se deram conta de que os CFCs, tão estáveis na troposfera, seriam decompostos pela radiação ultravioleta na estratosfera, liberando átomos de cloro. Concluíram que estava na estratosfera o sumidouro dos CFCs; já pensavam em publicar um artigo sobre isso, quando decidiram fazer um trabalho mais completo, pesquisando o que ocorreria com os átomos de cloro. Ao realizarem cálculos detalhados sobre reações entre cloro e ozônio é que surgiu a surpresa assustadora: havia um processo catalítico, através do qual um único átomo de cloro poderia destruir milhares de moléculas de ozônio (vide abaixo). Entre o Natal de 73 e o Ano Novo, antes de publicar esses resultados, Rowland e Molina foram a Berkeley para discuti-los com Johnston. O químico atmosférico também não achou nenhum erro aparente nos cálculos. Alertou-os apenas de que outros pesquisadores já haviam concluído que o cloro podia destruir o ozônio estratosférico. Eles eram os primeiros, entretanto, a encontrar uma fonte significativa de cloro atômico na estratosfera: os CFCs.

O trabalho foi publicado no número de 28 de junho de 1974 da *Nature*. Nele, Rowland e Molina manifestaram sua preocupação pelo fato de o depauperamento da camada de ozônio só vir a ser mensurável dali a muitos anos, quando poderia ser muito tarde para reverter os efeitos dos CFCs, especialmente se continuassem a ser produzidos na taxa em que já eram (cerca de um milhão de toneladas/ano). Na realidade, devido a mecanismos inesperados, a destruição da camada de ozônio seria detectada em menos de dez anos.

---

---

**Molina e Rowland se deram conta de que os CFCs, tão estáveis na troposfera, seriam decompostos pela radiação ultravioleta na estratosfera, liberando átomos de cloro. Concluíram que estava na estratosfera o sumidouro dos CFCs**

---

---

---

---

**Nuvens estratosféricas austrais, para surpresa dos cientistas, são fator chave na formação do buraco de ozônio**

---

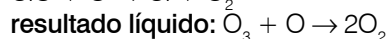
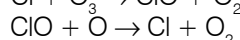
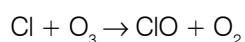
---

Em 1985, cientistas do Levantamento Antártico Britânico relataram que, desde o final da década de 70, a camada de ozônio sobre a Antártida vinha sendo depauperada, misteriosa e repentinamente, nos meses de setembro e outubro (início da primavera austral). Praticamente todo o ozônio em certas altitudes era destruído, dentro de poucas semanas, tão logo o sol acabava com a longa noite polar.

### Como o ozônio é destruído por CFCs

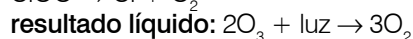
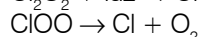
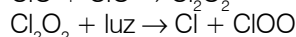
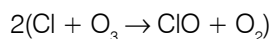
Os CFCs e os halônios – substâncias de carbono e cloro que também contêm bromo –, ao atingirem altitudes superiores à da camada de ozônio (entre 15 e 30 km, dependendo da latitude), são decompostos (fotolizados) pela radiação ultravioleta, liberando átomos de cloro, flúor e bromo.

Então, os átomos de cloro liberados podem participar em ciclos de reações catalíticas que destroem ozônio, como, por exemplo:



Como nesse ciclo o átomo de cloro inicial atacante do ozônio é regenerado, ele pode destruir centenas de milhares de moléculas de ozônio (um poder destrutivo terrível). Esse ciclo do monóxido de cloro só pode ocorrer em grandes altitudes, onde existe uma quantidade suficiente de átomos isolados de oxigênio para permitir que a segunda reação do ciclo ocorra. Atualmente há dados suficientes que mostram que pequenas quantidades de ozônio vêm sendo destruídas por esse tipo de mecanismo em altitudes em torno de 40 km.

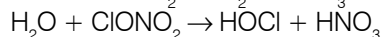
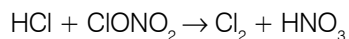
Já a dramática destruição sazonal de ozônio austral, conhecida como buraco de ozônio da Antártida, ocorre numa época do ano e num local onde praticamente não existem átomos isolados de oxigênio. Nesse caso, o ciclo predominante de destruição envolve a regeneração dos átomos de cloro pela reação de monóxido de cloro consigo próprio:



Mais uma vez, os átomos de cloro são regenerados em outras reações do ciclo, permitindo que destruam centenas de milhares de moléculas de ozônio.

No caso do buraco de ozônio da Antártida, o que surpreendeu os cientistas é o modo, imprevisto, como átomos de cloro podem ser formados em grande quantidade, quantidade que se mantém inalterada. A causa disso são as atípicas nuvens estratosféricas formadas durante o inverno austral. É na superfície das partículas dessas nuvens que ocorrem reações (heterogêneas, portanto) que são a chave para o buraco de ozônio da Antártida.

As reações heterogêneas convertem o cloreto de hidrogênio e o relativamente inerte nitrato de cloro ( $\text{ClONO}_2$  proveniente de reação entre o óxido de cloro e o dióxido de nitrogênio, produto dos gases de escapamento de automóveis e aviões) em espécies mais reativas – cloro molecular e ácido hipocloroso ( $\text{HOCl}$ ), respectivamente:



O cloro molecular e o ácido hipocloroso são facilmente fotolizados mesmo por fraca radiação solar para produzir átomos de cloro que podem catalizar a destruição do ozônio. Já o ácido nítrico produzido

por essas reações heterogêneas fica imobilizado nas partículas das nuvens, o que impede que a família de compostos de nitrogênio reaja com o cloro ativo para voltar a formar o nitrato de cloro. Ao longo do inverno, algumas partículas das nuvens tornam-se maiores e acabam caindo para altitudes menores. Esse processo de desnitrificação retira o ácido nítrico das vizinhanças do cloro e permite que estes tenham um longo tempo de vida, destruindo quantidades enormes de ozônio. Assim, em setembro, quando o sol nasce e acaba com a longa noite polar, tudo conspira para que o cloro destrua o ozônio. A luz solar fotoliza as moléculas que contêm cloro, causando a liberação de átomos de cloro que atacam o ozônio, de acordo com o ciclo acima exposto.

O bromo de halônios e o brometo de metila também destroem o ozônio sobre a Antártida. O bromo é bem menos abundante na atmosfera que o cloro, mas é mais reativo e acaba sendo responsável por uma fração significativa da destruição do ozônio.

No Ártico, um desastre igual ao da Antártida só não vinha acontecendo porque aí a ocorrência de nuvens estratosféricas é muito rara (só num inverno muito frio). Entretanto, isso parece ter ocorrido no início de 1995, após um dos invernos árticos mais frios dos últimos 30 anos, pois foi detectada diminuição de até 40% na concentração boreal de ozônio.

### **Para saber mais**

KIRCHHOFF, V.W.J.H., SCHUCH, N.J., HILSENATH, E. Buraco de ozônio: novidades no sul. *Ciência Hoje*, R. de Janeiro, v. 17, n. 99, p. 6-7. 1994. Veja também *Ciência Hoje* v. 15, n. 85, p. 58-62. 1992, e v. 5, n. 28, p. 28-33. 1987.

TOLENTINO, Mario, ROCHA-FILHO, Romeu C., RIBEIRO DA SILVA, Roberto. *O azul do planeta*. S. Paulo: Moderna, 1995. p. 65-75.

# Cromatografia

## um breve ensaio

**Ana Luiza G. Degani, Quezia B. Cass e Paulo C. Vieira**

Departamento de Química da Universidade Federal de São Carlos, São Carlos - SP

**A** cromatografia é um método físico-químico de separação. Ela está fundamentada na migração diferencial dos componentes de uma mistura, que ocorre devido a diferentes interações, entre duas fases imiscíveis, a *fase móvel* e a *fase estacionária*. A grande variedade de combinações entre fases móveis e estacionárias a torna uma técnica extremamente versátil e de grande aplicação.

O termo cromatografia foi primeiramente empregado em 1906 e sua utilização é atribuída a um botânico russo ao descrever suas experiências na separação dos componentes de extratos de folhas. Nesse estudo, a passagem de éter de petróleo (fase móvel) através de uma coluna de vidro preenchida com carbonato de cálcio (fase estacionária), à qual se adicionou o extrato, levou à separação dos componentes em faixas coloridas. Esse é provavelmente o motivo pelo qual a técnica é conhecida como cromatografia (*chrom* = cor e *graphie* = escrita), podendo levar à errônea idéia de que o processo seja dependente da cor.

Apesar deste estudo e de outros anteriores, que também poderiam ser considerados precursores do uso dessa técnica, a cromatografia foi praticamente ignorada até a década de 30, quando foi redescoberta. A partir daí, diversos trabalhos na área possibilitaram seu aperfeiçoamento e, em conjunto com os avanços tecnológicos, levaram-na a um elevado grau de sofisticação, o qual resultou no seu grande potencial de aplicação em muitas áreas.

A cromatografia pode ser utilizada para a identificação de compostos, por comparação com padrões previamente existentes, para a purificação de compostos, separando-se as substâncias indesejáveis e para a separação dos componentes de uma mistura.

---

Este artigo apresenta os conceitos básicos da cromatografia. Os diferentes tipos de cromatografia são descritos e classificados considerando-se a forma física do sistema cromatográfico empregado, a fase móvel/estacionária utilizada ou o modo de separação. Especial ênfase é dada à cromatografia em camada delgada, à cromatografia líquida clássica e de alta eficiência e à cromatografia gasosa de alta resolução.

*cromatografia, sílica, fase móvel,  
fase estacionária*

---

Este artigo foi publicado originalmente na revista *Química Nova na Escola* n. 7, 1998.

As diferentes formas de cromatografia podem ser classificadas considerando-se diversos critérios, sendo alguns deles listados abaixo:

### 1. Classificação pela forma física do sistema cromatográfico

Em relação à forma física do sistema, a cromatografia pode ser subdividida em *cromatografia em coluna* e *cromatografia planar*. Enquanto a cromatografia planar resume-se à cromatografia em papel (CP), à cromatografia por centrifugação (Chromatotron) e à cromatografia em camada delgada (CCD), são diversos os tipos de cromatografia em coluna, os quais serão mais bem compreendidos quando classificados por outro critério.

### 2. Classificação pela fase móvel empregada

Em se tratando da fase móvel, são três os tipos de cromatografia: a cromatografia gasosa, a cromatografia líquida e a cromatografia supercrítica (CSC), usando-se na última um vapor pressurizado, acima de sua temperatura crítica. A cromatografia líquida apresenta uma importante subdivisão: a cromatografia líquida clássica (CLC), na qual a fase móvel é arrastada através da coluna apenas pela força da gravidade, e a cromatografia líquida de alta eficiência (CLAE), na qual se utilizam fases estacionárias de partículas menores, sendo necessário o uso de uma bomba de alta pressão para a eluição da fase móvel. A CLAE foi inicialmente denominada cromatografia líquida de alta pressão, mas sua atual designação mostra-se mais adequada. No caso de fases móveis gasosas, separações podem ser obtidas por cromatografia gasosa (CG) e por cromatografia gasosa de alta resolução (CGAR). A diferença entre os dois tipos está na coluna. Enquanto na CGAR são utilizadas colunas capilares, nas quais a fase estacionária é um filme depositado na mesma, a CG utiliza colunas de maior diâmetro empacotadas com a fase estacionária.

---

**A cromatografia é um método físico-químico de separação. Ela está fundamentada na migração diferencial dos componentes de uma mistura, que ocorre devido a diferentes interações, entre duas fases imiscíveis, a fase móvel e a fase estacionária**

---

### 3. Classificação pela fase estacionária utilizada

Quanto à fase estacionária, distingue-se entre fases estacionárias sólidas, líquidas e quimicamente ligadas. No caso da fase estacionária ser constituída por um líquido, este pode estar simplesmente adsorvido sobre um suporte sólido ou imobilizado sobre ele. Suportes modificados são considerados separadamente, como fases quimicamente ligadas, por normalmente diferirem dos outros dois em seus mecanismos de separação.

### 4. Classificação pelo modo de separação

Por esse critério, separações cromatográficas se devem à adsorção, partição, troca iônica, exclusão ou misturas desses mecanismos.

Para se ter uma visão mais ampla dos diferentes tipos de cromatografia, os mesmos estão dispostos no diagrama da Figura 1.

Dentre os vários tipos de cromatografia, especial ênfase será dada à cromatografia em camada delgada (CCD), à cromatografia líquida clássica e de alta eficiência (CLAE) e à cromatografia gasosa de alta resolução (CGAR).

## Cromatografia planar

A cromatografia em papel (CP) é uma técnica de partição líquido-líquido, estando um deles fixado a um suporte sólido. Baseia-se na diferença de solubilidade das substâncias em questão entre duas

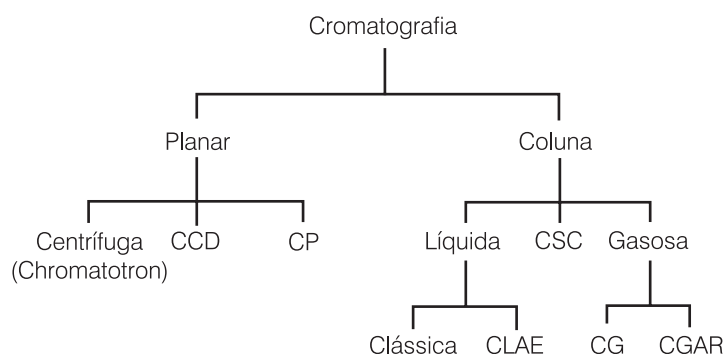


Figura 1 – Representação esquemática dos diferentes tipos de cromatografia.

fases imiscíveis, sendo geralmente a água um dos líquidos. O solvente é saturado em água e a partição se dá devido à presença de água em celulose (papel de filtro). Este método, embora menos eficiente que a CCD, é muito útil para a separação de compostos polares, sendo largamente usado em bioquímica.

A cromatografia em camada delgada (CCD) é uma técnica de adsorção líquido-sólido. Nesse caso, a separação se dá pela diferença de afinidade dos componentes de uma mistura pela fase estacionária.

A Figura 2 mostra um cromatograma obtido por CCD no qual se pode observar a diferença de afinidade das substâncias 1 e 2 pela fase estacionária, sendo a substância 1 mais retida que a 2. Por ser um método simples, rápido, visual e econômico, a CCD é a técnica predominantemente escolhida

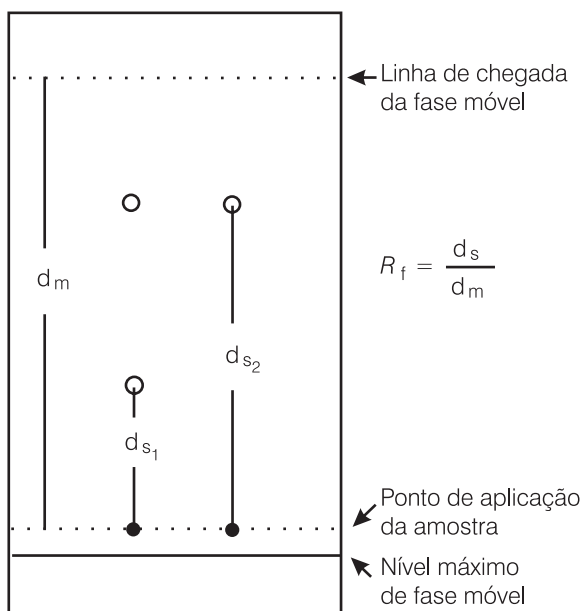


Figura 2 – Esquematização de um cromatograma obtido por CCD.

para o acompanhamento de reações orgânicas, sendo também muito utilizada para a purificação de substâncias e para a identificação de frações coletadas em cromatografia líquida clássica.

O parâmetro mais importante a ser considerado em CCD é o *fator de retenção* ( $R_f$ ), o qual é a razão entre a distância percorrida pela substância em questão e a distância percorrida pela fase móvel. Os valores ideais para  $R_f$  estão entre 0,4 e 0,6.

A CCD pode ser usada tanto na escala analítica quanto na preparativa. Normalmente as placas utilizadas são de vidro, com espessura de 3 a 4 mm. Placas analíticas usualmente têm 10 cm x 2,5 cm e preparativas 20 cm x 20 cm.

A sílica gel é a fase estacionária mais utilizada, sendo seguida pela alumina, pela terra diatomácea e pela celulose. Para a preparação das placas, faz-se uma suspensão do adsorvente em água, sendo a mesma depositada sobre a placa manualmente ou com o auxílio de um espalhador. Após a deposição, deixa-se a placa secar ao ar.

A etapa final da preparação da placa é sua ativação. A sílica, por exemplo, é ativada a 105-110 °C por 30 a 60 minutos. A espessura da camada de sílica a ser depositada é de 0,25 mm para placas analíticas e de 1,0 mm para placas preparativas. Na preparação de placas preparativas, costuma-se adicionar sulfato de cálcio para melhorar a adesão à placa de vidro. No mercado existem placas analíticas e preparativas pré-fabricadas, as quais apresentam a fase estacionária depositada sobre uma lâmina de material plástico ou de alumínio, sendo estas de maior eficiência.

As amostras a serem analisadas por CCD devem ser aplicadas a aproximadamente 1 cm da base inferior da placa, com a ajuda de um capilar.

Após a aplicação da(s) amostra(s) sobre a placa, a mesma deve ser introduzida numa cuba contendo a fase móvel adequada. Cubas cromatográficas geralmente são de vidro, com fundo chato, e devem ter suas paredes laterais internas recobertas com papel de filtro, para facilitar sua saturação com os vapores do solvente.

A escolha da fase móvel, que geralmente é constituída por um ou mais solventes, não é tarefa simples. No entanto, uma vez que as fases estacionárias mais usadas são extremamente polares, não devem ser utilizados solventes pouco polares, que não removeriam os compostos do ponto de aplicação, nem solventes muito polares, capazes de arrastar os componentes da amostra até o topo da placa. Em vista disso, melhores resultados são obtidos com misturas de solventes, de modo a se obter uma polaridade média em relação à polaridade dos componentes da amostra.

A placa é deixada na cuba, onde o solvente irá subir por capilaridade, até que ele esteja a aproximadamente 2 cm da extremidade superior. Ao ascender, o solvente irá arrastar mais os compostos menos adsorvidos na fase estacionária, separando-os dos mais adsorvidos.

A linha de chegada da fase móvel deve ser marcada e a placa deve estar seca. Como a maioria dos compostos orgânicos é incolor, faz-se necessária a utilização de um processo de revelação para que se possa analisar o resultado.

Para a revelação de placas de CCD, existem processos destrutivos e não destrutivos. Os métodos não destrutivos mais utilizados são a utilização de 1) placas onde a fase estacionária é fluorescente ou 2) iodo. O primeiro baseia-se na utilização de substâncias fluorescentes misturadas à sílica quando da preparação das placas, possibilitando a revelação dos compostos em câmaras de luz ultravioleta. O segundo vale-se do fato de que o iodo complexa-se com compostos insaturados, de modo que placas que os contenham, ao serem colocadas em uma câmara contendo cristais de iodo, apresentarão pontos amarronzados.

Os processos destrutivos consistem na oxidação dos compostos sobre a placa, pulverizando-os com solução aquosa de um oxidante orgânico e/ou um ácido mineral, submetendo-se a placa a altas temperaturas (~110 °C) por alguns minutos. Os compostos orgânicos oxidados serão revelados na forma de pontos escuros.

## **Cromatografia em coluna**

### *Cromatografia líquida clássica*

Esta técnica é muito utilizada para isolamento de produtos naturais e purificação de produtos de reações químicas. As fases estacionárias mais utilizadas são sílica e alumina, entretanto esses adsorventes podem servir simplesmente como suporte para uma fase estacionária líquida. Fases estacionárias sólidas levam à separação por adsorção e fases estacionárias líquidas por partição. Suportes quimicamente modificados também têm sido usados, sendo o processo de separação misto nesse caso.

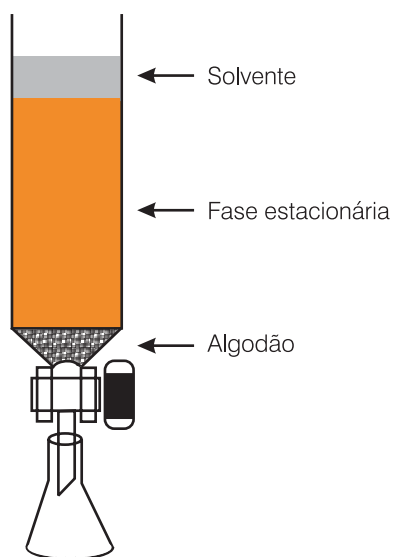


Figura 3 – Ilustração de uma coluna cromatográfica.

Esses suportes são acondicionados em tubos cilíndricos geralmente de vidro, de diâmetros variados, os quais possuem uma torneira em sua extremidade inferior. A Figura 3 é uma ilustração de uma coluna cromatográfica empacotada com sílica, sendo mostrados seus demais constituintes.

Os adsorventes possuem partículas na faixa de 60-230 mesh, de modo a possibilitar um fluxo razoável do solvente através da coluna.

O uso de sílica de partícula menor (230-400 mesh) como adsorvente para essas colunas requer a utilização de um sistema de bombeamento para o empacotamento e eluição, sendo conhecido como Cromatografia Flash.

A principal etapa ao se utilizar essa técnica é o empacotamento, o qual, entre outros fatores, definirá a eficiência da separação. Enquanto a alumina é empacotada em sua forma original, a sílica deve sê-lo na forma de suspensão.

À coluna adiciona-se uma pequena quantidade de solvente e deposita-se na sua extremidade inferior um chumaço de algodão com espessura de aproximadamente 0,5 cm para impedir a passagem de partículas da fase estacionária. A adição de sílica deve ser feita com a torneira semi-aberta. O adsorvente é adicionado lentamente à coluna fixada na posição vertical, batendo-se continuamente ao longo da mesma para que todo o ar seja expulso, de modo a se obter uma compactação uniforme. A existência de ar entre as partículas leva à formação de canais na coluna, os quais alargam as bandas eluídas.

Nunca se deve permitir que o nível do solvente desça abaixo do nível do adsorvente, o que poderia acarretar rachaduras, comprometendo a eficiência da coluna.

Após o empacotamento, é conveniente que se passe uma certa quantidade do eluente (duas a três vezes o volume da coluna) a ser utilizado através da coluna antes da introdução da amostra. Esta é adicionada à coluna com o auxílio de uma pipeta no momento em que o nível do eluente esteja o mais próximo possível do adsorvente. Esse procedimento ameniza o alargamento das bandas a serem eluídas. Tendo a amostra penetrado no adsorvente, o eluente é então adicionado cuidadosa e continuamente.

A escolha do eluente segue os princípios discutidos em CCD, mas nesse caso ele pode ser mudado durante o processo cromatográfico. Se, por exemplo, a amostra é constituída por duas substâncias, uma apolar e outra polar, utiliza-se primeiramente um eluente apolar e em seguida um eluente polar.

O volume das frações a serem recolhidas é função da quantidade de amostra e do grau de dificuldade da separação. Para análise das mesmas, recorre-se a alguma técnica auxiliar, usualmente CCD.

Em vista de que geralmente algumas partículas da amostra permanecem irreversivelmente adsorvidas à fase estacionária, a cada separação é necessário um tratamento para a recuperação do adsorvente.

### **Cromatografia líquida de alta eficiência (CLAE)**

O grande avanço na cromatografia em coluna foi o desenvolvimento e a utilização de suportes com partículas diminutas responsáveis pela alta eficiência, as quais tornam necessário o uso de bombas de



alta pressão para a eluição da fase móvel, devido a sua baixa permeabilidade. A Figura 4 mostra um equipamento típico de CLAE.

As fases móveis utilizadas em CLAE devem possuir alto grau de pureza e estar livres de oxigênio ou outros gases dissolvidos, sendo filtradas e degaseificadas antes do uso.

A bomba deve proporcionar ao sistema vazão contínua sem pulsos com alta reprodutibilidade, possibilitando a eluição da fase móvel a um fluxo adequado.

As válvulas de injeção usadas possuem uma alça de amostragem para a introdução da amostra com uma seringa e duas posições, uma para o preenchimento da alça e outra para sua liberação para a coluna. Existem alças de diversos volumes, sendo utilizadas geralmente alças na faixa de 5-50  $\mu\text{L}$  para injeções analíticas e 0,5-2 mL para preparativas.

As colunas utilizadas em CLAE são geralmente de aço inoxidável, com diâmetro interno de cerca de 0,45 cm para separações analíticas e na faixa de 2,2 cm para preparativas. O comprimento é variável, sendo comuns colunas analíticas de 10-25 cm e preparativas em torno de 25-30 cm. Essas colunas são reaproveitáveis, sendo empacotadas com suportes de alta resolução, não sendo necessária sua regeneração após cada separação.

O detector mais utilizado para separações por CLAE é o detector de ultravioleta, sendo também empregados detectores de fluorescência, de índice de refração, e eletroquímicos, entre outros. Detectores de polarimetria para CLAE, recentemente desenvolvidos, diferenciam compostos quirais, através da rotação de seus estereoisômeros frente à luz plano-polarizada.

O registro de dados pode ser feito através de um registrador, um integrador ou um microcomputador.

A Figura 5 ilustra uma separação enantiomérica por CLAE.

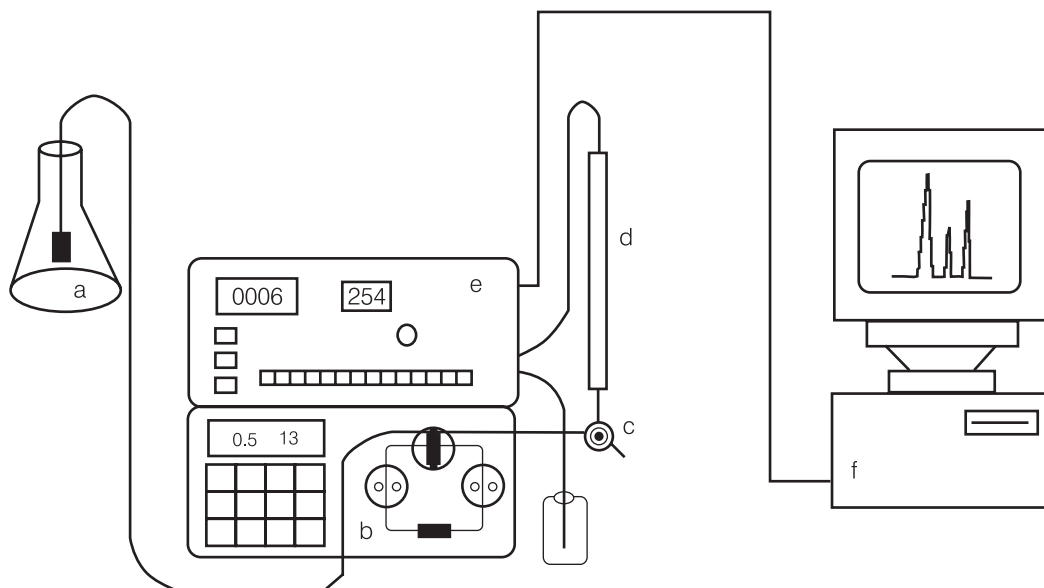


Figura 4 – Equipamento básico de CLAE. a) reservatório da fase móvel; b) bomba de alta pressão; c) válvula de injeção; d) coluna; e) detector e f) registrador.

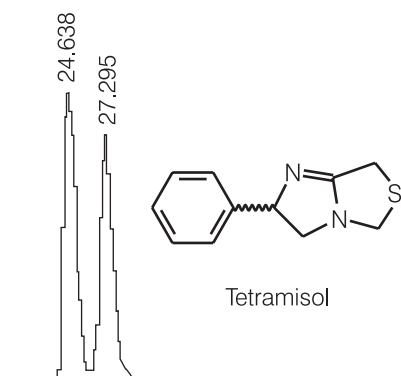


Figura 5 – Cromatograma mostrando a separação dos enantiômeros do tetramisol, princípio ativo de vários medicamentos usados para ascariíase.

são chamadas de quimicamente ligadas.

Essas fases, dependendo da modificação feita ao suporte, podem atuar no modo normal, reverso ou ambos. Na cromatografia em fase normal, a fase estacionária é mais polar que a fase móvel, e em fase reversa, a fase móvel é mais polar.

Separações analíticas são predominantemente realizadas em fase reversa, sendo a fase C18 (octadecilsilica) a mais usada, ao passo que são preferidas fases que atuem no modo normal para fins preparativos, em vista de que separações no modo reverso utilizam fases móveis aquosas.

Entre as fases quimicamente ligadas, merecido destaque deve ser dado às fases estacionárias quirais, as quais possibilitam a separação direta de enantiômeros. Para tanto, é necessária a presença de um seletor quiral como parte integrante da fase estacionária.

### Cromatografia gasosa de alta resolução (CGAR)

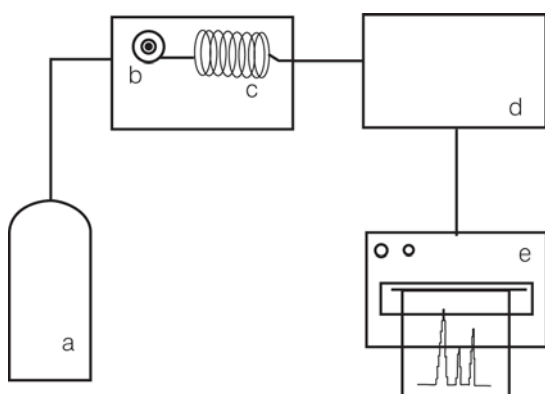


Figura 6 – Componentes básicos de um cromatógrafo gasoso. a) cilindro do gás de arraste mantido sob alta pressão; b) injetor; c) coluna; d) detector e e) registrador.

A versatilidade dessa técnica reside no grande número de fases estacionárias existentes, as quais possibilitam análises e separações de uma ampla gama de compostos com alta eficiência. Tem sido utilizada em várias áreas da ciência, no acompanhamento de sínteses, em análises de pesticidas, feromônios, no isolamento de produtos naturais e sintéticos e na produção e controle de qualidade de medicamentos, dentre tantas outras aplicações.

As separações em CLAE podem se dar por adsorção, partição ou ambos. O suporte mais comumente utilizado é a sílica. O uso de fases estacionárias líquidas adsorvidas a um suporte não tem grande aplicação devido à perda de fase estacionária, mas o uso de suportes modificados, os quais foram desenvolvidos como consequência do problema acima, possibilita a produção de uma imensa variedade de colunas com diferentes propriedades e tipos de seletividade. As fases assim obtidas

Em contraste à CLAE, o principal mecanismo de separação da cromatografia gasosa está baseado na partição dos componentes de uma amostra entre a fase móvel gasosa e a fase estacionária líquida. A utilização de fases estacionárias sólidas, as quais levariam à separação por adsorção, apresenta poucas aplicações.

A cromatografia gasosa é uma das técnicas analíticas mais utilizadas. Além de possuir um alto poder de resolução, é muito atrativa devido à possibilidade de detecção em escala de nano a picogramas ( $10^{-9}$ - $10^{-12}$  g). A grande limitação desse método é a necessidade de que a amostra seja volátil ou estável termicamente, embora amostras não voláteis ou instáveis possam ser derivadas quimicamente. Pode ser utilizada para separações

preparativas apenas na faixa de microgramas a miligramas, não sendo muito empregada para esse fim. A Figura 6 mostra os componentes básicos de um cromatógrafo gasoso.

Como dito anteriormente, a diferença entre CG e CGAR está na coluna. Colunas de CGAR são maiores em comprimento, menores em diâmetro, possuem a fase líquida como um filme aplicado diretamente às paredes do tubo da coluna e são mais eficientes.

Essas colunas são tubos longos de metais como aço ou cobre, vidro ou teflon. Colunas de CG têm diâmetro de cerca de 3 mm e comprimento em torno de 3 m, ao passo que colunas de CGAR têm diâmetro na faixa de 0,15-0,75 mm e comprimentos variados, usualmente entre 10 m e 100 m.

Os gases utilizados como fase móvel devem ter alta pureza e ser inertes em relação à fase estacionária. Hidrogênio, nitrogênio e hélio são os mais usados.

A injeção da amostra é feita através de microseringas ou válvulas semelhantes às utilizadas em CLAE.

Os detectores de maior aplicação são o detector por ionização em chama e o detector de condutividade térmica. Os dados podem ser obtidos através de um registrador potenciométrico, um integrador ou um microcomputador, sendo as amostras identificadas por seus tempos de retenção.

Nesses equipamentos é necessário o controle da temperatura do injetor, da coluna e do detector, as quais são mantidas por termostatos. Como a temperatura é um fator extremamente importante, grande parte das análises por cromatografia gasosa é feita com programação de temperatura, obtendo-se melhor separação com picos mais simétricos em menor tempo.

Para o empacotamento de colunas de CG, geralmente empregam-se terras diatomáceas como suporte. A escolha da fase estacionária é de fundamental importância, sendo ela o componente crítico da coluna. As fases estacionárias podem ser polares, apolares ou quirais. Fases polares são baseadas em polietileno glicol puro ou modificado e apolares em metilsiloxano puro ou modificado. As fases quirais mais comuns são compostas de ciclodextrinas.

Atualmente, espectrômetros de massa têm sido acoplados a equipamentos de cromatografia gasosa, possibilitando a identificação imediata das substâncias presentes na amostra.

---

---

**A cromatografia gasosa é uma das técnicas analíticas mais utilizadas. Além de possuir um alto poder de resolução, é muito atrativa devido à possibilidade de detecção em escala de nano a picogramas**

---

---

### **Para saber mais**

COLLINS, C.H.; BRAGA, G.L. e BONATO, P.S. *Introdução a métodos cromatográficos*. 5ª ed. Campinas: Editora da Unicamp, 1993.

LOUGH, W.J. e WAINER, I.W. *High performance liquid chromatography: fundamental principles and practice*. Blackie Academic and Professional, 1995.

CHAVES, M.H.; Análise de extratos de plantas por CCD: uma metodologia aplicada à disciplina "Química Orgânica". *Química Nova*, v. 20, n. 5, p. 560-562, 1997.

ANDRADE, J.B.; PINHEIRO, H.L.C.; LOPES, W.A.; MARTINS, S.; AMORIM, A.M.M. e BRANDÃO, A.M. Determinação de cafeína em bebidas através de cromatografia líquida de alta eficiência (CLAE). *Química Nova*, v. 18, n. 4, p. 379-381, 1995.

NETO, F.R.A. CGAR em análise de resíduos. *Química Nova*, v. 18, n. 1, p. 65-67, 1995.

# Os Fullerenos

## e sua Espantosa Geometria Molecular

**Romeu C. Rocha-Filho**

Departamento de Química da Universidade Federal de São Carlos, São Carlos - SP

O Prêmio Nobel de Química de 1996 foi outorgado aos três químicos que descobriram os fullerenos: o inglês Harold W. Kroto (Universidade de Sussex, em Brighton, Inglaterra) e os americanos Robert F. Curl e Richard E. Smalley (Universidade Rice, em Houston, Texas, EUA). Em 1985, eles relataram a descoberta de mais uma forma alotrópica de carbono, sendo a primeira molecular, o buckminsterfullereno ( $C_{60}$ ). O anúncio da descoberta dessa molécula em forma de bola de futebol foi recebido com um misto de ceticismo e euforia pela comunidade científica internacional. Mas, a partir de 1990, uma vez encontradas maneiras de preparar fullerenos em quantidades macroscópicas, eles se tornaram objeto de uma área de pesquisa muito ativa.

Até 1985, eram conhecidas seis formas cristalinas do elemento carbono (Quadro 1), ou seja, dois tipos de grafite ( $\alpha$  e  $\beta$ ), dois tipos de diamante, a caoíta e o carbono(VI), estas últimas descobertas em 1968 e 1972, respectivamente. Os fullerenos são formados quando carbono vaporizado se condensa numa atmosfera de gás inerte (hélio); a vaporização do carbono pode ser feita, por exemplo, com lasers ou com arcos voltaicos usando eletrodos de grafite. Os átomos de carbono vaporizados são misturados ao hélio e se combinam para formar agregados moleculares que podem reunir alguns poucos átomos ou até centenas deles.

### Descoberta acidental

Na metade da década de 70, Harold Kroto se interessou pelo estudo mecânico-quântico de certas cadeias carbônicas moleculares, as poliinas ( $\cdots C\equiv C-C\equiv C\cdots$ ). Para estudá-las, ele sintetizou cianopoliinas (um exemplo é a molécula  $H-C\equiv C-C\equiv C-C\equiv N$ ,  $HC_5N$ ) e mediu suas frequências rotacionais por meio de espectroscopia na faixa de microondas. Esses estudos coincidiram com avanços na detecção de moléculas no espaço por meio da radioastronomia, o que levou Kroto e colegas a detectar  $HC_5N$  no

---

Este artigo fala da história e das repercussões da descoberta de novas formas alotrópicas moleculares do carbono, uma delas no formato de uma bola de futebol.

*fullerenos, alotropos do carbono, Prêmio Nobel*

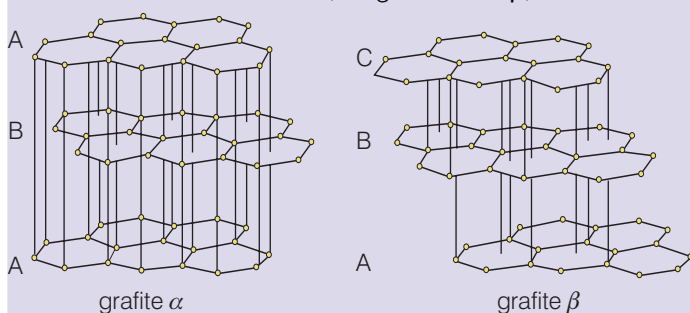
---

Este artigo foi publicado originalmente na revista *Química Nova na Escola* n. 4, 1996.

## Quadro 1 – As formas alotrópicas do carbono

O carbono pode existir em pelo menos seis formas cristalinas de cadeias carbônicas infinitas: grafites  $\alpha$  e  $\beta$ , diamante, lonsdaleita (diamante hexagonal), caoita e carbono(VI), das quais a grafite  $\alpha$  (hexagonal) é a mais estável a temperaturas e pressões normais. Essas formas alotrópicas diferem ou no ambiente de coordenação dos átomos de carbono ou na seqüência de empacotamento de camadas na rede cristalina; essas diferenças determinam importantes diferenças nas propriedades físicas e químicas dos alótropos.

Como mostrado abaixo, as grafites  $\alpha$  e  $\beta$ , ambas formadas por redes hexagonais planares de



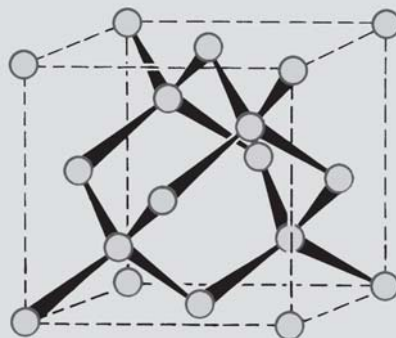
átomos de carbono, diferem somente no arranjo das camadas: seqüência ...ABAB... na  $\alpha$  e ...ABCABC... na  $\beta$ . Elas podem ser interconvertidas por moagem ( $\alpha \rightarrow \beta$ ) ou por aquecimento acima de 1 025 °C ( $\beta \rightarrow \alpha$ ). A densidade ideal da grafite é 2,266 g/cm<sup>3</sup>, mas varia de 2,23 g/cm<sup>3</sup>, no coque de petróleo, até 1,48 g/cm<sup>3</sup>, no carvão ativo.

No diamante, cada átomo de carbono está rodeado tetraedricamente por quatro vizinhos equidistantes, resultando numa célula unitária cúbica, como mostrado ao lado. A lonsdaleita, uma forma muito rara de diamante hexagonal, foi encontrada pela primeira vez no Meteorito do Canyon Diablo, Arizona, em 1967 (ela pode ser preparada por aumento de pressão, a partir de grafite  $\alpha$ ); nela, apesar de cada carbono ser tetraédrico, o arranjo dos tetraedros é tal que a estrutura é hexagonal, em vez de cúbica. A densidade do diamante é 3,514 g/cm<sup>3</sup> e a da lonsdaleita foi calculada como sendo 3,51 g/cm<sup>3</sup>.

A caoita, um alótropo branco, foi encontrado em gnaiss grafíticos, na cratera de Ries, na Bavária, em 1968. Pode ser sintetizada artificialmente como dendritas brancas de simetria hexagonal pela sublimação de grafite pirolítica, em condições

de alta temperatura e baixas pressões. O carbono(VI), um alótropo hexagonal, foi obtido em 1972 juntamente com a caoita, quando carbonos grafíticos foram aquecidos em uma atmosfera de argônio. Até alguns anos atrás, a estrutura da caoita e do carbono(VI) não tinham sido determinadas, mas pareciam estar baseadas em cadeias poliínicas ( $\cdots\text{C}=\text{C}-\text{C}=\text{C}\cdots$ ). Esses alótropos são mais resistentes a oxidação e redução que a grafite e suas propriedades são mais próximas às do diamante. A densidade da caoita foi calculada como sendo 3,43 g/cm<sup>3</sup> e a do carbono(IV) é  $>2,9$  g/cm<sup>3</sup>.

Os fulerenos são alótropos moleculares do carbono, existindo numa enorme gama. O número de átomos de carbono numa molécula fullerênica pode variar de 60 a milhares, formando hexágonos e exatamente 12 pentágonos. À medida que o número de hexágonos fica maior que 20 (caso do C<sub>60</sub>), a estabilidade da molécula diminui, pois os pentágonos ocupam posições cada vez mais tensionadas e portanto mais suscetíveis a ataques químicos. A densidade do buckminsterfulereno (C<sub>60</sub>) é 1,65 g/cm<sup>3</sup>.



espaço; posteriormente também foram detectadas as moléculas  $\text{HC}_7\text{N}$ ,  $\text{HC}_9\text{N}$  e  $\text{HC}_{11}\text{N}$ . Kroto, surpreso com os resultados, apontou as estrelas gigantes vermelhas frias como as prováveis fontes dessas moléculas e especulou que sua formação poderia ocorrer por meio de alguma simbiose entre a química de reações em cadeia e a de pós, talvez relacionada à da formação de fuligem.

Nessa época, Kroto tinha um sonho: reproduzir na Terra as condições estelares de síntese dessas moléculas e, então, possivelmente, determinar quais eram as responsáveis por diversos espectros não identificados na luz proveniente do espaço interestelar. Para Kroto, a realização desse sonho parecia distante até que, por intermédio do amigo Robert Curl, soube que para tal poderia ser usado um aparelho desenvolvido por Richard Smalley, um colega de Curl. Ele e colaboradores tinham desenvolvido, na Universidade Rice, uma técnica poderosa em que um laser vaporizava (a temperaturas superiores a dez mil graus Celsius) átomos de um material refratário (um metal, por exemplo) num jato pulsado de hélio, no qual os átomos se reagregavam formando aglomerados que eram, então, resfriados por uma expansão supersônica, arranjados num feixe e detectados por espectrometria de massa. Kroto, vendo nessa técnica a possibilidade de simulação da química estelar do carbono, propôs imediatamente um trabalho de colaboração. Curl contou a Smalley o interesse de Kroto e, como resultado, no dia 1º de setembro de 1985, Kroto chegou ao laboratório de Smalley para iniciar com ele e Curl experimentos de vaporização de carbono.

Contando com a colaboração dos estudantes de pós-graduação Sean C. O'Brien e James R. Heath, eles logo obtiveram as moléculas mais simples de poliinas que Kroto já havia estudado. A seguir, com a continuação dos experimentos, Kroto percebeu que em quase todos eles aparecia uma molécula com 60 átomos de carbono. Como isso foi verificado sistematicamente por O'Brien e Heath, os cinco pesquisadores se perguntaram qual seria a estrutura molecular que dava tanta estabilidade a essa molécula. Inicialmente pensaram que sua forma mais provável seria a de planos de átomos de carbono dispostos em vértices de hexágonos, como é o caso do grafite, de cuja vaporização a molécula fora obtida. Kroto, no entanto teve outra idéia: grande admirador do arquiteto americano Richard Buckminster Fuller, idealizador dos famosos domos geodésicos obtidos a partir de faces hexagonais encurvadas graças à combinação com pentágonos (um exemplo muito conhecido é o pavilhão americano na EXPO67, em Montreal), sugeriu aos colegas que a molécula poderia ter uma estrutura redonda como a dos domos. Já na véspera do retorno de Kroto para a Inglaterra, Smalley, usando papel, tesoura e fita adesiva, passou uma noite toda tentando definir a estrutura do  $\text{C}_{60}$ ; foi quando obteve um poliedro de 32 faces (20 hexagonais e 12 pentagonais, vide Quadro 2), facilmente reconhecível por nós brasileiros: o formato de uma bola de futebol oca. Decidiram imediatamente batizar o  $\text{C}_{60}$  com o nome de buckminsterfulereno e, no dia 12 de setembro de 1985, enviaram um artigo relatando a descoberta à revista *Nature*, que o recebeu no dia 13 de setembro e o publicou no número de 14 de novembro (v. 318, p. 162).

Visando a um maior conhecimento do buckminsterfulereno, Curl, Kroto e Smalley continuaram a investigar o  $\text{C}_{60}$ , usando a técnica de vaporização de carbono com um laser num jato pulsado de hélio. A injeção nesse jato de gases como hidrogênio ( $\text{H}_2$ ), óxido nitroso ( $\text{N}_2\text{O}$ ), dióxido de enxofre ( $\text{SO}_2$ ), oxigênio ( $\text{O}_2$ ), monóxido de carbono ( $\text{CO}$ ) ou amônia ( $\text{NH}_3$ ) mostrou que o  $\text{C}_{60}$  era extremamente estável, não reagindo com nenhum deles. O mesmo ocorria com todos os outros aglomerados com um número par de átomos de carbono, desde 40 até 80 (limite superior de detecção do espectrômetro de massa utilizado), indicando que eles também formavam moléculas com estruturas fechadas semelhantes a gaiolas.

Experimentos de vaporização de grafite ensopada com cloreto de lantânio levaram à obtenção do íon  $\text{C}_{60}\text{La}^+$ . Como o átomo de lantânio não podia ser separado do  $\text{C}_{60}$  nem mesmo por irradiação laser intensa, concluiu-se que ele deveria estar dentro da 'gaiola'. A possibilidade de produzir

## Quadro 2 – Fullerenos e a lei de Euler para poliedros

Uma molécula de fulereno é um poliedro de átomos de carbono nos vértices, formado somente por faces pentagonais e hexagonais. No século 18, Leonhard Euler (1707-1783), matemático suíço, estudou as relações entre os números de arestas (A), vértices (V) e faces (F) de poliedros, tendo encontrado a seguinte relação simples entre eles:

$$\text{lei de Euler: } F + V = A + 2 \quad (1)$$

Por exemplo, no caso de um cubo,  $F = 6$ ,  $V = 8$  e  $A = 12$ .

No caso dos fullerenos, como cada átomo está ligado a três outros, em cada vértice há o encontro de três arestas (cada uma ligada a dois vértices); assim:

$$V = 2/3A \quad (2)$$

Substituindo-se essa relação na equação anterior, tem-se que:

$$F = 1/3A + 2 \quad (3)$$

O número de faces numa molécula fullerênica é:

$$F = P + H \quad (4)$$

onde P é o número de pentágonos e H o de hexágonos. Ao contar as arestas para todas as faces, sendo cada aresta compartilhada por duas faces, cada aresta é contada duas vezes; assim, numa molécula fullerênica:

$$A = 1/2(5P + 6H) \quad (5)$$

Substituindo-se as equações 4 e 5 na equação 3, encontra-se simplesmente o número de pentágonos numa molécula fullerênica:

$$P = 12$$

Isso significa que a lei de Euler não impõe qualquer restrição quanto ao número de hexágonos nas moléculas fullerênicas, e que elas sempre têm exatamente 12 pentágonos.

Usando as relações acima, é possível deduzir que o  $C_{540}$  (540 vértices!) tem 810 arestas e 272 faces (260 hexagonais e 12 pentagonais).

Empiricamente, encontrou-se que  $C_{60}$  (32 faces) e  $C_{70}$  (37 faces) são os menores fullerenos suficientemente estáveis, os quais correspondem às duas menores estruturas possíveis em que todas as 12 faces pentagonais estão isoladas uma da outra. Daí a *regra do pentágono isolado*, que afirma que o isolamento entre as 12 faces pentagonais é um requisito para a estabilidade de uma molécula fullerênica; até agora, não se conhece exceção a esta regra.

No caso do  $C_{60}$ , cada pentágono está rodeado por um colar de cinco hexágonos. Se o número desses colares ao redor de cada pentágono for aumentado para 2, 3 ou mais, obtém-se uma família de fullerenos gigantes que começa com  $C_{240}$  e  $C_{540}$  (a família é dada por  $C_{60n^2}$ , onde  $n = 1, 2, 3$  etc.). Essas moléculas, à medida que se tornam maiores, ficam menos esféricas.

aglomerados contendo átomos metálicos levou ao que se denominou de experimentos de 'encolhimento-empacotamento'. Esses íons foram presos a uma armadilha magnética e submetidos a pulsos de laser, descobrindo-se que o feixe laser causava o encolhimento da gaiola de carbono em dois átomos por vez: esse encolhimento só cessava quando a pressão sobre o átomo metálico se tornava excessiva. Nesse ponto, a casca já encolhera de modo a envolver exatamente o átomo metálico; para o  $C_{60}Cs^+$  esse tamanho era  $C_{48}Cs^+$ , e para o  $C_{60}K^+$  era  $C_{44}K^+$ .

### A obtenção de quantidades macroscópicas de fullerenos

Ao final da década de 80, as evidências eram bastante fortes quanto à existência do  $C_{60}$  e outros fullerenos. Entretanto, a técnica de vaporização com um laser num jato pulsado de hélio produzia

quantidades muito pequenas de fulerenos, o que não permitia seu isolamento. Nos poucos anos desde a proposição do  $C_{60}$ , muitas foram as tentativas de obter um método de síntese dessa molécula em quantidades isoláveis. Por fim, a descoberta acabou sendo feita não por químicos, mas por físicos alemães e americanos.

Há muitos anos os físicos Wolfgang Krätschmer, do Instituto Max Planck de Física Nuclear, em Heidelberg, na Alemanha, e Donald R. Huffman, da Universidade do Arizona, em Tucson, nos EUA, e seus respectivos alunos, estudavam o pó interestelar, que supunham ser formado basicamente por partículas de carbono. Conseqüentemente, procuravam modelá-lo no laboratório por meio da vaporização de carbono e sua condensação no maior número de modos possíveis, sempre fazendo medidas espectroscópicas (afinal, quase tudo o que se conhece sobre pó interestelar decorreu de observações sobre como ele absorve e espalha a luz das estrelas). Em 1983, evaporaram grafite pelo aquecimento resistivo numa atmosfera de hélio; notaram que, a uma dada pressão de hélio (aproximadamente 1/7 de atmosfera), o pó absorvia fortemente comprimentos de onda na região do ultravioleta distante, gerando um espectro peculiar, com duas corcovas. Eles apelidaram-na de amostra “camelo” e se perguntaram o que significava.

Ao final de 1985, ao ler na *Nature* o artigo relatando a descoberta do  $C_{60}$ , Huffman se perguntou se a bola de futebol oca não poderia ser a causa da corcova dupla. Essa hipótese, contudo, parecia boa demais para ser verdadeira; essa sensação e as dificuldades para repetir o experimento fizeram com que a questão fosse deixada de lado por algum tempo. Todavia, em 1989, Huffman e Krätschmer convenceram-se a examinar a hipótese do  $C_{60}$  como sendo a amostra “camelo”. Logo conseguiram reproduzir os resultados de 1983, mas dessa vez mediram a absorção pela amostra de radiação infravermelha (os comprimentos de onda que interagem com o movimento vibracional das moléculas). Cálculos teóricos disponíveis previam que, dos 174 modos de vibração do  $C_{60}$ , somente 46 seriam distintos e quatro deles apareceriam na região do infravermelho. Surpreendentemente, a amostra “camelo” exibia quatro picos de absorção bem definidos no infravermelho, sendo que esses picos não ocorriam com outras amostras; isso indicava que  $C_{60}$  era abundante na amostra “camelo”. Após repetir os experimentos com grafite formada somente por carbono 13, quando verificaram deslocamento nas quatro bandas no infravermelho causado pela massa extra, perceberam que a melhor saída era seguir um ditado básico da química orgânica: *semelhante dissolve semelhante*. Se a amostra se dissolvesse em benzeno, isso apoiaria a previsão de aromaticidade para o  $C_{60}$ .

Assim, em maio de 1990, Krätschmer e seu aluno Konstantinos Fostiropoulos, em Heidelberg, adicionaram cuidadosamente algumas gotas de benzeno à amostra “camelo” e obtiveram uma solução avermelhada, a primeira solução de fulerenos já vista. Entusiasmados com o resultado, telefonaram para seus colaboradores Huffman e Lowell Lamb, no Arizona, que imediatamente reproduziram o experimento. A comunicação diária de novos resultados continuou. Evaporaram o solvente e obtiveram pequenos cristais que se redissolviam facilmente. Análises espectrográficas diversas e de difração de raios X comprovaram a estrutura de bola anteriormente prevista para o  $C_{60}$ .

A técnica de Krätschmer e Huffman para a obtenção de quantidades macroscópicas de  $C_{60}$  deflagrou em todo o mundo a realização de um enorme número de pesquisas com os fulerenos. Essa técnica leva à produção de uma mistura extraível de fulerenos, composta aproximadamente por 75% de  $C_{60}$  (a bola de futebol), 23% de  $C_{70}$  (a bola de rugby) e por um bom número de fulerenos maiores. Já em agosto de 1992, o *Journal of Chemical Education* publicava artigos relatando como produzir fulerenos em laboratórios de graduação.

### **Propriedades e possíveis aplicações dos fulerenos**

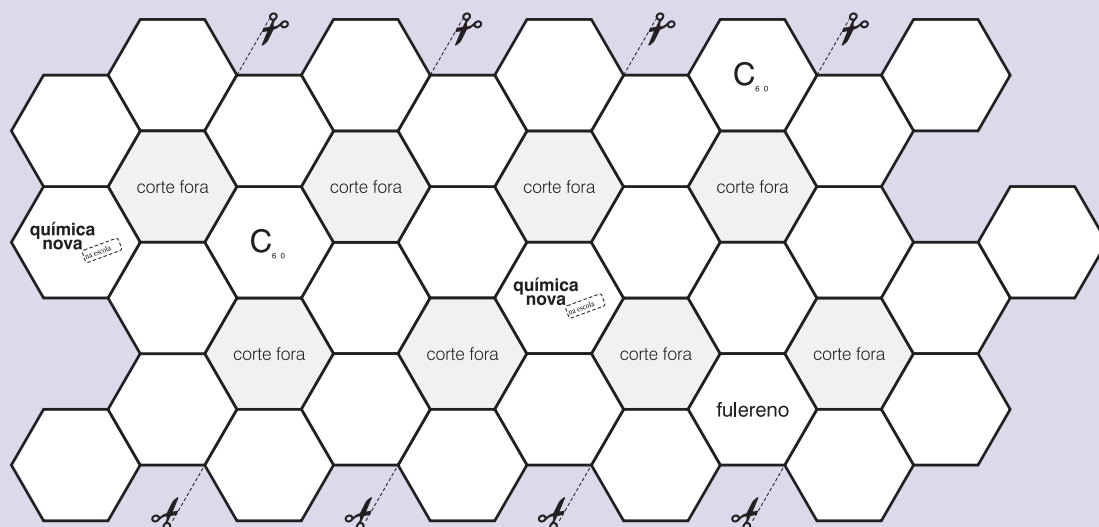
A produção de quantidades macroscópicas de fulerenos foi conseguida há menos de seis anos, portanto ainda não existem aplicações práticas para eles. Entretanto, suas propriedades vêm sendo



### Quadro 3 – Como construir um modelo da molécula de $C_{60}$

Embora seja um poliedro de 20 faces hexagonais e 12 pentagonais, o  $C_{60}$  pode ser visualizado como constituído de 12 pentágonos igualmente distribuídos pela superfície de uma esfera, cada um conectado a seus cinco vizinhos por uma ligação-ponte; essas pontes geram os 20 hexágonos. Se os pentágonos forem realçados, essa simetria molecular pode ser melhor visualizada; isso pode ser feito deixando os pentágonos como buracos.

Um modelo da molécula de  $C_{60}$  pode ser facilmente construído somente a partir de papel marcado hexagonalmente e com buracos apropriadamente distribuídos, como mostrado:



Primeiramente recorte as linhas e os hexágonos indicados. A seguir, recorte todo o contorno da figura. Usando cola, sobreponha os hexágonos vizinhos separados pelos cortes (cola de bastão facilita seu trabalho); note que os hexágonos recortados tornam-se pentágonos. À medida que os hexágonos forem sendo sobrepostos a estrutura poliedral do  $C_{60}$ , uma bola de futebol, surge naturalmente. [adaptado do *J. Chem. Educ.*, v. 69, n. 8, p. 610, 1992]



estudadas utilizando uma enorme gama de técnicas, e algumas futuras aplicações vêm sendo vislumbradas, como por exemplo na área de materiais.

Experimentos mostraram que o  $C_{60}$  tem propriedades eletroquímicas bastante interessantes. Até seis elétrons podem ser transferidos, reversivelmente, para uma molécula de  $C_{60}$  (mais recentemente este número foi aumentado para oito).

Os fulerenos são sólidos pretos; dissolvidos em solventes apropriados, formam soluções coloridas ( $C_{60}$ , magenta;  $C_{70}$ , vinho;  $C_{76}$ , amarelo/verde). A exploração de suas propriedades fotofísicas e eletroquímicas pode se provar útil. O  $C_{60}$  absorve luz visível, formando uma espécie excitada,  $*C_{60}$ . Essa espécie absorve mais luz (é mais preta) do que o  $C_{60}$ , o que significa que a solução de  $C_{60}$

funciona como um limitador ótico (materiais que limitam a intensidade de luz transmitida a um valor máximo, convertendo em calor a luz em excesso). Se filmes finos de  $C_{60}$  puderem ser depositados sobre vidro e se comportarem como limitadores óticos, ele poderá ser usado para proteger equipamentos sensíveis (inclusive o olho humano) de superexposições acidentais a raios de luz (de lasers, por exemplo).

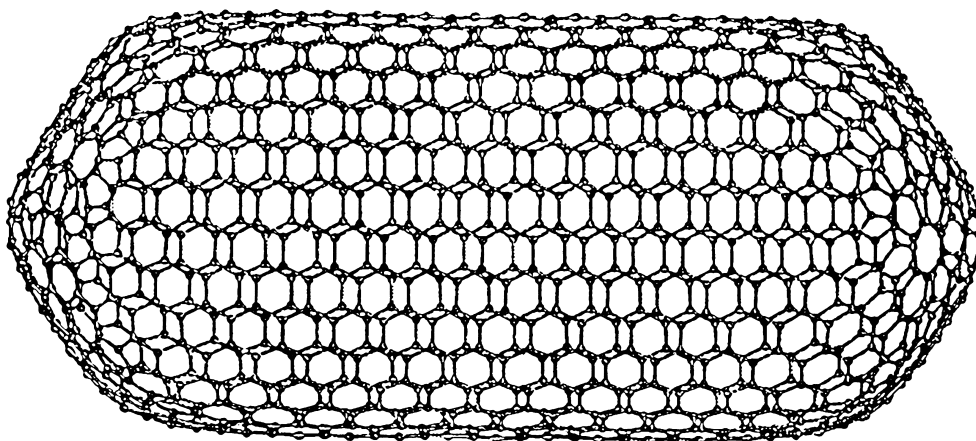
A molécula excitada  $*C_{60}$  também pode transferir sua energia extra para outras moléculas. Essa transferência para o  $O_2$  atmosférico gera oxigênio excitado (em geral referido como singlete  $O_2$ ), extremamente tóxico para tecidos vivos; assim, o  $C_{60}$  é potencialmente uma molécula bastante venenosa na presença de ar e luz, devendo ser manuseada com as devidas precauções. Alguns pesquisadores investigam a possibilidade de usar essa propriedade do  $C_{60}$  em remédios para o tratamento de algumas formas de câncer.

As moléculas quase esféricas de  $C_{60}$  empacotam-se num arranjo compacto do tipo cúbico de faces centradas. Esse arranjo tem lacunas tetraédricas e octaédricas entre as moléculas, nas quais átomos ou moléculas pequenas podem se intercalar. O mais interessante é que a intercalação de metais do grupo 1 torna o  $C_{60}$  um supercondutor (vide artigo sobre supercondutividade em *Química Nova na Escola* nº 3, p. 8). A mescla com potássio apresenta temperatura de transição para o estado de supercondutividade a 17 K (-256 °C); a com rubídio, a 28 K (-245 °C), e a com célio a 33 K (-240 °C). As razões para esse comportamento são bastante complexas, mas estão relacionadas ao fato de os átomos metálicos cederem um elétron à molécula de  $C_{60}$ , formando sais especiais como  $[Rb^+]_3[C_{60}^{3-}]$ , nos quais os elétrons cedidos se movem como num metal.

Experimentos a pressões altíssimas (cerca de 250 mil atmosferas), feitos na expectativa de obtenção de uma fase metálica, levaram, para surpresa dos pesquisadores, à formação de diamante. Foi a primeira vez que se obteve diamante a temperatura ambiente. Comprovou-se que é mais fácil obter diamante a partir de  $C_{60}$  do que a partir de grafite; isso decorre do fato de os orbitais híbridos no  $C_{60}$  serem intermediários aos  $sp^2$ , do grafite, e aos  $sp^3$ , do diamante.

### **Nanotubos: fulerenos com outra estrutura**

Em meados de 1991, meses após a publicação do método de síntese de quantidades macroscópicas de fulerenos, cientistas em todo o mundo pesquisavam diferentes aspectos dos fulerenos. No Laboratório de Pesquisas Básicas da NEC, em Tsukuba, no Japão, o cristalógrafo japonês Sumio Iijima, especialista em ciência do carbono, se perguntava se outros tipos de moléculas de carbono não seriam formados



Exemplo de um nanotubo.

por esse método de síntese. Ao buscar respostas para sua indagação, Iijima fez uma pequena, mas crucial, modificação no método de síntese; em vez de deixar que os eletrodos de grafite entrassem em contato, deixou-os separados enquanto descargas elétricas faiscavam entre eles. Como esperado, fuligem se formou sobre as paredes da câmara de síntese, mas também houve a formação de um depósito negro sobre o eletrodo negativo (catodo). A análise desse depósito negro ao microscópio eletrônico revelou a existência do que hoje se denomina nanotubos: tubos cilíndricos de diâmetros nanométricos, 'empacotados' um dentro do outro como se fossem bonecas russas, com as extremidades fechadas por 'hemisférios' fullerênicos. Cada tubo habitualmente consiste de dez a 20 camadas de átomos de carbono, seu diâmetro externo varia de 8 nm a 15 nm e o seu comprimento de dezenas de nanômetros até diversos micrometros. Em 1992, o físico-químico Thomas W. Ebbesen e o cientista de materiais Pulickel M. Ajayan, também no laboratório da NEC, usaram uma variação do método de descarga em arco voltaico para sintetizar gramas de nanotubos; já existem atualmente métodos para a síntese em quantidades macroscópicas de tubos solitários ou multiencapsulados.

As possíveis aplicações dos nanotubos também atraiu a atenção dos pesquisadores (só em 1995, mais de 180 artigos foram publicados sobre o assunto). Em 1993 e 1994, diversos métodos para abrir as pontas dos nanotubos foram relatados. Num deles, o material é agitado por algumas horas num béquer com ácido nítrico a cerca de 100 °C. O mesmo método, com a adição de nitratos, pode ser usado para preencher os nanotubos com uma variedade de óxidos metálicos; alguns desses óxidos podem ser reduzidos ao metal. Anteriormente, Ajayan e Iijima haviam conseguido depositar chumbo em nanotubos. Metaloproteínas também já foram imobilizadas em nanotubos (sonha-se com microeletrodos para biossensores). No momento, estão sendo investigadas as possíveis propriedades catalíticas desses nanotubos preenchidos com metais e óxidos metálicos.

Os nanotubos são especiais por três razões básicas. Primeiro, por poderem ser preenchidos com diferentes materiais. Em segundo, por suas propriedades mecânicas especiais; recentemente, Ebbesen e colaboradores mostraram que os nanotubos são flexíveis e muito mais resistentes que fibras de carbono. Finalmente, eles têm propriedades elétricas únicas, influenciadas por pequenas variações em suas estruturas; sonha-se com minúsculos circuitos elétricos feitos de nanofios. Por isso tudo, especula-se que os nanotubos poderão deixar para trás as bolas moleculares na corrida rumo ao mercado tecnológico. Alguns químicos sonham em realizar reações químicas dentro de nanotubos, numa escala em que as regras do jogo poderão ser outras.

### Para saber mais

REGUEIRO, Manuel N. Fullerenos: a nova fronteira do carbono. *Ciência Hoje*, v. 15, n. 87, p. 15-24, jan./fev. 1993.

GILSON H. M. Fullerenos-60 e derivados platinafullerenos-60. *Química Nova*, v. 18, n. 6, p. 592-596, nov./dez. 1995.

CURL Robert F., Richard E. SMALLEY. Fullerenes. *Scientific American*, p. 54-63, out. 1991.

CRANE, Jonathan. Buckyballs bounce into action. *Chemistry Review*, v. 4, n. 3, p. 2-8, jan. 1995. [cópias deste artigo podem ser fornecidas; basta enviar uma nota de R\$ 1,00 (custos de fotocópia e correio) para R. C. Rocha Fº, Dep. Química, UFSCar, 13565-905 S. Carlos - SP]

BALL, Philip. Through the nanotube. *New Scientist*, v. 151, n. 2037, p. 28-31, 6 jul. 1996.

BAGGOT, Jim. *Perfect symmetry: the accidental discovery of buckminsterfullerene*. Oxford: Oxford University Press, 1994.

ALDERSEY-WILLIAMS, Hugh. *The most beautiful molecule: an adventure in chemistry*. Londres: Aurum Press, 1995.

Na internet: <http://www.almaz.com/nobel/chemistry/1996b.html>.

# Polímeros Condutores



## **Roselena Faez**

Departamento de Materiais do Centro Técnico Aeroespacial do ITA, São José dos Campos - SP

## **Cristiane Reis Martins e Patrícia Scandiucci de Freitas**

Doutorandas em Química no Instituto de Química da UNICAMP, Campinas - SP

## **Oscar K. Kosima**

Bacharel em Química pela UNICAMP, Campinas - SP

## **Giacomo Ruggeri**

Dipartimento di Chimica e Chimica Industriale da Universidade de Pisa, Pisa - Itália

## **Marco-A. De Paoli**

Instituto de Química da UNICAMP, Campinas - SP

O termo polímero representa um grande número de substâncias, algumas de ocorrência natural e outras sintéticas. O início de sua utilização pelo homem se confunde com a história. No entanto, o desenvolvimento sintético teve início em princípios do século 20, sob base ainda empírica. Apenas às vésperas da Segunda Guerra Mundial, os polímeros começaram a ser preparados e os conceitos que envolvem essa classe de materiais começaram a ser estudados. A idéia de associar propriedades elétricas dos metais às propriedades mecânicas dos polímeros ocorreu por volta dos anos 50, pela incorporação de cargas condutoras (negro de fumo, fibras metálicas ou fibra de carbono) a estes, produzindo os chamados “polímeros condutores extrínsecos” (extrínsecos pois a carga condutora é adicionada). Recentemente, uma outra classe de materiais condutores, os “polímeros condutores intrínsecos”, vem sendo estudada e suas propriedades específicas têm contribuído muito para uso em diversas aplicações. Esses polímeros conduzem corrente elétrica sem a incorporação de cargas condutoras.

## **A descoberta da propriedade condutora em polímeros**

Por muito tempo, as tentativas para obter um polímero condutor foram frustradas. Somente no início da década de 70, uma classe de polímeros foi preparada com significativa capacidade de conduzir eletricidade, embora a idéia de que sólidos orgânicos apresentassem alta condutividade elétrica, comparável à dos metais, tenha sido proposta há mais de meio século. A descoberta dos polímeros condutores teve início acidentalmente no laboratório de Hideki Shirakawa do Instituto de Tecnologia de Tóquio, em 1976. Na tentativa de sintetizar o poliacetileno

---

Este artigo discute o que são os polímeros condutores e como eles conduzem eletricidade. Também apresenta os métodos de obtenção e as principais aplicações deste importante tipo de polímero.

*plástico condutor, materiais, polímeros*

---

Este artigo foi publicado originalmente na revista *Química Nova na Escola* n. 11, 2000.

(um pó preto), um estudante de Shirakawa produziu um lustroso filme prateado, parecido com uma folha de alumínio. Revendo a metodologia, o estudante verificou que havia utilizado uma quantidade de catalisador 1000 vezes maior que a necessária.

Em 1977, Shirakawa, trabalhando em colaboração com MacDiarmid e Heeger na Universidade da Pensilvânia, EUA, verificou que após a dopagem do poliacetileno com iodo, o filme prateado flexível tornou-se uma folha metálica dourada, cuja condutividade elétrica era sensivelmente aumentada. Na década de 80, os pesquisadores Naarmann e Theophilou da BASF AG, em Ludwingshafen, Alemanha, conseguiram incrementar ainda mais a condutividade do poliacetileno. Usando um novo catalisador e orientando o filme por estiramento, conseguiram, após dopagem, condutividade semelhante à do cobre metálico à temperatura ambiente ( $10^6 \text{ S cm}^{-1}$ ). A descoberta do poliacetileno condutor mostrou que não havia nenhuma razão para que um polímero orgânico não pudesse ser um bom condutor de eletricidade. Dessa forma, outros polímeros condutores foram preparados.

### **Estrutura molecular e propriedades de condução**

Os polímeros condutores são geralmente chamados de “metais sintéticos” por possuírem propriedades elétricas, magnéticas e ópticas de metais e semicondutores. O mais adequado seria chamá-los de “polímeros conjugados” porque são formados por cadeias contendo duplas ligações C=C conjugadas (vide Tabela 1). Essa conjugação permite que seja criado um fluxo de elétrons em condições específicas, como discutido a seguir.

Os elétrons  $\pi$  da dupla ligação podem ser facilmente removidos ou adicionados para formar um íon, nesse caso polimérico. A oxidação/redução da cadeia polimérica é efetuada por agentes de transferência de carga (aceptores/doadores de elétrons), convertendo o polímero de isolante em condutor ou semicondutor. Esses agentes são chamados de “dopantes” em analogia com a dopagem dos semicondutores, porém são adicionados em quantidades muito superiores, pois a massa do dopante pode chegar a até 50% da massa total do composto. Nos semicondutores inorgânicos, a condutividade só é alcançada pela inserção de elementos (dopantes) que possam doar ou receber elétrons a fim de proporcionar um fluxo de elétrons e assim gerar portadores de corrente elétrica.

A condutividade elétrica dos polímeros foi primeiramente explicada com base no “modelo de bandas”, semelhante aos semicondutores inorgânicos. Num cristal, como em um polímero, a interação da cela unitária com todos os seus vizinhos leva à formação de bandas eletrônicas. Os níveis eletrônicos ocupados de mais alta energia constituem a banda de valência (BV) e os níveis eletrônicos vazios de mais baixa energia, a banda de condução (BC). Esses estão separados por uma faixa de energia proibida chamada de *band-gap* (também chamada de “hiato”), cuja largura determina as propriedades elétricas intrínsecas do material. Esse “modelo de bandas” foi discutido por Toma em *Química Nova na Escola* de novembro de 1997.

No caso do poliacetileno, uma oxidação remove elétrons do topo da banda de valência e uma redução adiciona elétrons na banda de condução. Isso forma bandas semipreenchidas, como no caso dos metais. No entanto, esse modelo não explica o fato de que a condutividade está associada a portadores de carga de spin zero e não a elétrons deslocalizados.

Da mesma forma que em qualquer sólido, em um polímero o processo de ionização resulta na criação de uma lacuna no topo da banda de valência. Nesse caso, três observações podem ser feitas:

---

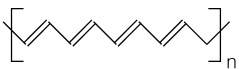
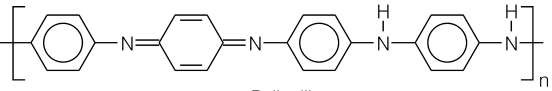
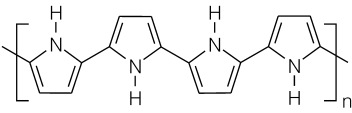
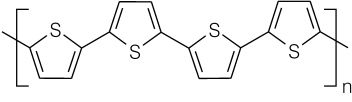
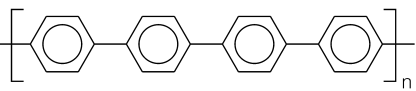
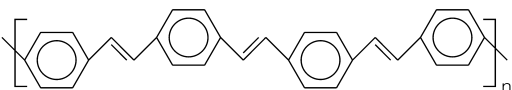
---

**Os polímeros condutores são geralmente chamados de “metais sintéticos” por possuem propriedades elétricas, magnéticas e ópticas de metais e semicondutores**

---

---

Tabela 1 – Estrutura dos principais polímeros intrinsecamente condutores.

Polímero condutor	Condutividade / S cm <sup>-1</sup>
 Poliacetileno	10 <sup>3</sup> a 10 <sup>6</sup>
 Polianilina	10 a 10 <sup>3</sup>
 Polipirrol	600
 Politiofeno	200
 Poli(p-fenileno)	500
 Poli(p-fenileno vinileno)	1

1. Pela definição exata do processo nenhuma relaxação geométrica (distorção do retículo) ocorre na cadeia polimérica.
2. A carga positiva gerada permanece deslocalizada sobre toda a cadeia polimérica.
3. A presença da lacuna (nível desocupado) no topo da banda de valência confere um caráter metálico ao processo.

Contudo, em sólidos unidimensionais dos quais os polímeros condutores fazem parte, pode ser energeticamente favorável localizar a carga que aparece sobre a cadeia (criando um defeito) e ter ao redor dessa carga uma distorção local do retículo (relaxação) - Teorema de Peierl. Esse processo resulta no aparecimento de estados eletrônicos localizados no interior do *band-gap*.

Considerando-se o caso da oxidação, isto é, a remoção de um elétron da cadeia, há a formação de um cátion radical (também chamado de polaron em química de sólidos). Essa pode ser interpretada como a redistribuição de elétrons  $\pi$ , que polariza a cadeia polimérica apenas localmente, produzindo uma modificação de curto alcance na distribuição espacial dos átomos. Em termos químicos, um polaron consiste em um íon radical com carga unitária e spin = 1/2, associado a uma distorção do retículo e à presença de estados localizados no *band-gap* (vide Figura 1). No processo de formação

do polaron, a banda de valência permanece cheia e a banda de condução vazia, e não há o aparecimento do caráter metálico, uma vez que o nível parcialmente ocupado está localizado no *band-gap*.

Quando um segundo elétron é removido da cadeia, pode-se ter duas situações: ou o elétron é removido da cadeia polimérica ocasionando a criação de mais um estado polaron ou é removido do estado polaron já existente. No último caso, ocorre a formação de um bipolaron, que é definido como um par de cargas iguais (dicátion com spin = 0, associado a uma forte distorção do retículo). A formação de um bipolaron é favorecida em relação à formação de dois polarons, uma vez que o ganho de energia decorrente da interação de duas cargas com o retículo é maior do que a repulsão coulômbica entre as cargas de mesmo sinal.

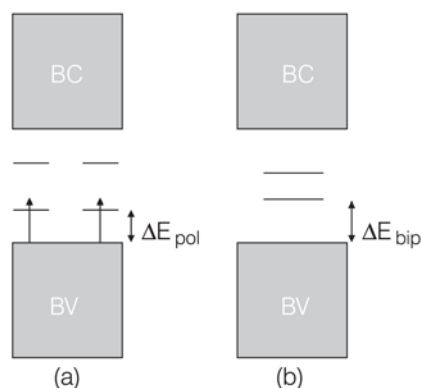


Figura 1 – Modelo de bandas para um polímero condutor: a) *polarons* e b) *bipolaron*.

Portanto, assim como nos semicondutores inorgânicos, os polímeros condutores devem ser dopados para apresentar maior condutividade. Entretanto, de forma diferente dos semicondutores, os portadores de carga não são elétrons ou buracos localizados no interior de bandas e sim defeitos carregados, os polarons e bipolarons, localizados ao longo da cadeia polimérica. Essa particularidade influencia diretamente o mecanismo de transporte no interior da cadeia do polímero.

Na maioria dos polímeros condutores, como polipirrol e politiofeno, o processo de dopagem ocorre simultaneamente com a oxidação da cadeia. Elétrons são retirados da cadeia durante a oxidação e há inserção de contra-íons (dopantes) para balancear a carga. Os mais conhecidos aceptores e doadores de elétrons, incluindo-se agentes fortes e fracos, são:  $\text{AsF}_5$ ,  $\text{I}_2$ ,  $\text{Br}_2$ ,  $\text{BF}_3$ , HF, Li, Na e K, respectivamente. O processo de dopagem pode ser realizado por métodos químicos ou apenas pela exposição dos polímeros condutores aos vapores dos agentes de transferência de carga.

A polianilina e seus derivados formam uma outra classe de polímeros condutores em relação ao processo de dopagem. Ela pode ser dopada por protonação, isto é, sem que ocorra alteração do número de elétrons (oxidação/redução) associados à cadeia polimérica. A polianilina pode ocorrer em diferentes estados de oxidação, dos quais a forma esmeraldina, 50% oxidada, é a mais estável (vide Tabela 2).

A forma base esmeraldina (isolante) do polímero pode reagir com ácidos (HCl) resultando na forma sal esmeraldina (condutora). A reação de protonação ocorre principalmente nos nitrogênios imínicos da polianilina ( $-\text{N}=\text{}$ ). Esse estado contém duas unidades repetitivas, a amina-fenileno e a imina-quinona. Além da elevada condutividade elétrica, que chega à ordem de  $10^2 \text{ S cm}^{-1}$ , outra propriedade interessante da polianilina é exibir diferentes colorações quando se variam as condições de pH ou o potencial elétrico.

## Síntese

Os polímeros condutores podem ser sintetizados por três métodos de polimerização: química (vide quadro na página seguinte), eletroquímica e fotoeletroquímica. Dentre esses métodos, a síntese química é a mais utilizada e industrialmente é a mais vantajosa por possibilitar a produção de grandes

**Como nos semicondutores inorgânicos, os polímeros condutores devem ser dopados para apresentar maior condutividade**

Tabela 2 – Os três estados de oxidação mais importantes da polianilina: leucoesmeraldina, esmeraldina (isolante e condutora) e pernigranilina.

Estado de oxidação	Estrutura	Cor*	Característica
Leucoesmeraldina		amarela 310	isolante completamente reduzida
Sal de esmeraldina		verde 320, 420, 800	condutora parcialmente oxidada
Base esmeraldina		azul 320, 620	isolante parc. oxidada
Pernigranilina		púrpura 320, 530	isolante compl. oxidada

\* Os valores numéricos referem-se ao comprimento de onda (em nanômetros) onde a absorção é máxima.

quantidades de material. Algumas rotas de síntese são muito simples e podem ser adaptadas para escala piloto ou industrial (poli(*p*-fenil vinileno), polipirrol e polianilina). Outras requerem ambientes isentos de umidade (polifenilenos e politiofenos).

O produto da oxidação da anilina foi primeiramente preparado em 1862, porém suas propriedades foram reconhecidas somente cerca de 100 anos depois (década de 80 do século 20), despertando um interesse particular devido ao baixo custo de produção, facilidade de síntese e alto rendimento. As sínteses da polianilina e do polipirrol podem ser realizadas de maneiras semelhantes sob a ação de um agente oxidante. No caso da polianilina, é essencial manter um meio com pH  $\approx$  1,0. Alguns dos agentes oxidantes estudados para a polianilina foram  $K_2Cr_2O_7$ ,  $KMnO_4$  ou  $H_2O_2$ . Para o polipirrol usa-se  $Br_2$ ,  $I_2$ ,  $CuCl_2$ . Agentes oxidantes comuns a ambos são o  $FeCl_3$  ou  $(NH_4)_2S_2O_8$ , este último muito utilizado por apresentar bons resultados, como rendimento e condutividade (vide Figura 2). O politiofeno e seus derivados podem ser obtidos por polimerização com  $FeCl_3$  ou  $CuClO_4$ .

Os polímeros condutores também podem ser depositados eletroquimicamente na forma de filmes sobre eletrodos metálicos ou semicondutores. A célula eletroquímica consiste de um eletrodo de trabalho (o eletrodo onde o filme do polímero vai ser depositado), um contra-eletrodo e um eletrodo de referência. Estes são imersos em uma solução que contenha o monômero e o eletrólito (os ânions dopantes). No caso da anilina, é necessário acidificar o meio. O meio reacional pode ser aquoso ou orgânico, dependendo da solubilidade do precursor polimérico e da estabilidade do produto. As dimensões do filme formado são limitadas pela área geométrica do eletrodo e pela densidade de carga utilizada na síntese. Industrialmente essa técnica é utilizada na preparação de filmes poliméricos para a produção de baterias recarregáveis ou para polimerização *in situ*, utilizando-se outros materiais como matriz.

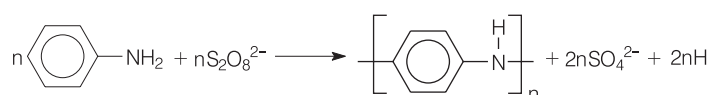


Figura 2 – Principal método de síntese da polianilina.



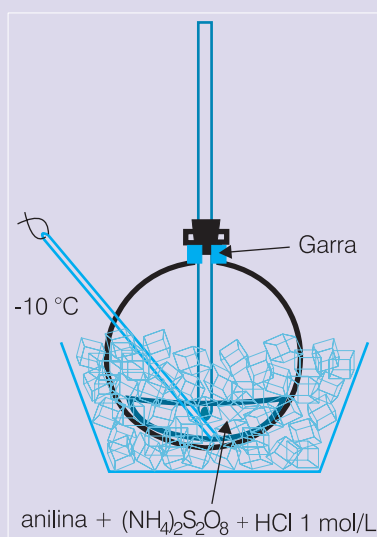
## Vamos sintetizar polianilina?

Se você tem interesse em conhecer mais de perto um polímero condutor, aqui é mostrado como se preparar a polianilina, um dos polímeros condutores mais conhecidos. Antes de começar o experimento tenha certeza de que você dispõe de um laboratório seguro, com capela equipada com exaustor e equipamentos de segurança pois haverá evolução de vapores corrosivos e irritantes durante a dissolução dos reagentes. Também é necessário o uso de avental, óculos de segurança, luvas e sapato fechado, cuidados que devem ser usuais em um laboratório para se evitar ferimentos em caso de acidente. Lembre-se: o ácido é corrosivo e pode queimar a pele e a anilina é tóxica, pode conter um subproduto que causa câncer e o persulfato de amônio,  $(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_8$ , é altamente oxidante, portanto evite contato com os reagentes.

Você vai precisar de:

- balão de fundo redondo de 250 mL;
- termômetro;
- haste de agitação e agitador mecânico ou barra de agitação (peixinho) e agitador magnético (o peixinho pode não girar constantemente com a deposição de sólido);
- recipiente onde será colocado o balão em banho com gelo e sal grosso;
- funil de Büchner;
- Kitazato;
- trompa de vácuo;
- dessecador com  $\text{CaCl}_2$ ;
- balança;
- multímetro;
- Reagentes;
- 100 mL de solução de HCl 1 mol/L;
- 2 mL de anilina;
- 6 g de  $(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_8$ ;

Monte o balão. Dissolva a anilina em 20 mL de solução de HCl dentro do balão. Mantenha o balão dentro do recipiente contendo o gelo e o sal grosso, procure manter o sistema a  $-10\text{ }^\circ\text{C}$ . Separadamente dissolva o  $(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_8$  no restante da solução de HCl. Adicione lenta e cuidadosamente a solução de  $(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_8$  ao balão contendo a anilina, sob agitação. Mantenha a agitação por 2 h. O meio reacional deverá mudar de coloração, podendo passar por tons de vinho, roxo e azul até começar a se depositar o precipitado. Filtre o precipitado em funil de Büchner sob vácuo, lavando-o com solução de HCl 1 mol/L. Seque em dessecador contendo  $\text{CaCl}_2$ . Monitore a secagem pesando o sólido periodicamente até massa constante, o que pode levar alguns dias. O material obtido será um pó com coloração escura, quase preta e tonalidade esverdeada e não se parece com os polímeros utilizados em embalagens, utensílios domésticos, carcaças de equipamentos, entre outros. Quando o polímero estiver seco, faça uma pastilha em um pastilhador para pastilhas para infravermelho. Meça a condutividade com um multímetro e compare com vários tipos de plásticos e borrachas. Separe uma parte da polianilina e coloque em um meio básico (solução de NaOH, por exemplo), a coloração muda de esverdeado para azulado. Filtre, lave com água destilada e seque (desta vez pode ser em estufa). Faça uma nova pastilha e meça a condutividade com o multímetro. Compare com a amostra anterior. A primeira amostra estava dopada com HCl, sendo condutora, na segunda o dopante foi removido, tornando a polianilina isolante.



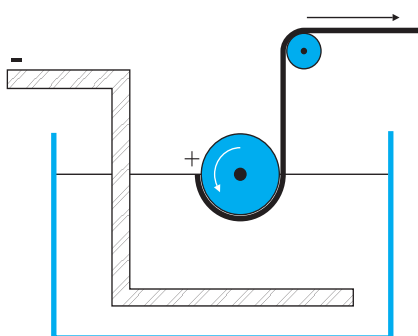


Figura 3 - Processo de produção contínua de polipirrol. O anodo tem a forma de um tambor rotativo e permite a remoção do filme da solução.

A preparação eletroquímica de filmes de polipirrol em larga escala foi desenvolvida pela BASF AG (Ludwigshafen) através de dois métodos de produção contínua usando-se eletrodos cilíndricos, conforme esquema da Figura 3. Os principais fatores que afetam a produção contínua são o tempo de residência no anodo ou a velocidade de rotação do eletrodo, a concentração do monômero, a concentração dos sais eletrolíticos e a densidade de carga. Na prática, o processo consiste na retirada do filme polimérico diretamente do eletrodo à medida que vai se depositando a partir do eletrólito que contém o monômero. Dependendo das condições de reação é possível produzir filmes flexíveis de 30 m x 150 m. O mecanismo da reação é mostrado na Figura 4.

## Aplicações

Os polímeros condutores podem ser utilizados em muitas aplicações como mostrado na Tabela 3. No entanto, eles só vão conseguir entrar no mercado quando oferecerem “algo mais” que os compostos já existentes. A seguir será discutido um exemplo de aplicação.

## Dispositivos eletrocromáticos

Eletrocromismo é o fenômeno de alteração de coloração induzido em alguns materiais por processos eletroquímicos reversíveis. A aplicação de um potencial externo nos polímeros con-

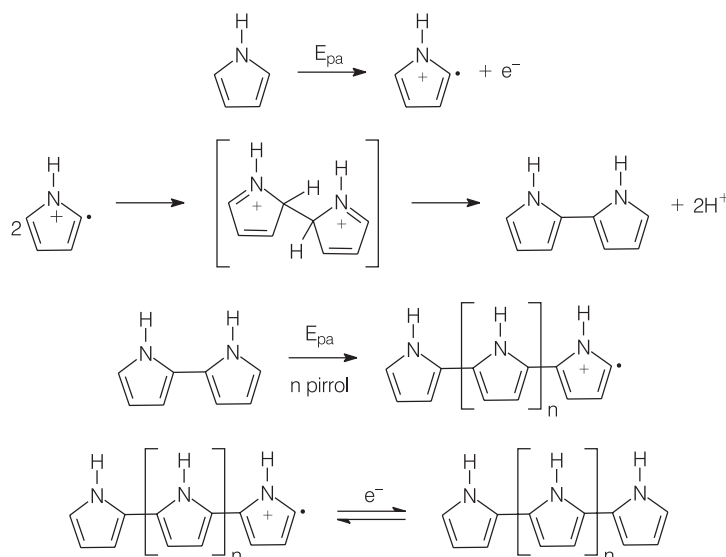


Figura 4 – Mecanismo de reação da eletropolimerização do pirrol.

Tabela 3 – Algumas aplicações dos polímeros condutores.

Aplicação	Fenômeno	Uso
Eletrodos	transferência de carga	baterias recarregáveis, sensores, capacitores
Dispositivos electrocrômicos	variação de cor com aplicação de potencial	janelas inteligentes
Músculos artificiais	movimentação mecânica de um filme pela aplicação de potencial	transdutor mecânico para robótica
LEDs	emissão de luz	monitores e mostradores
Protetor antiestático	eliminação de carga estática	microeletrônica
Anticorrosivos	proteção contra corrosão	tintas
Células solares	transformação de energia luminosa em energia elétrica	fonte alternativa de energia
Blindagem eletromagnética	absorção de radiação (diminui interferência nos equipamentos eletrônicos)	marinha, aeronáutica e telecomunicações

dutores faz com que esses passem da forma condutora para a isolante com grande contraste cromático (variação de cor). Essas propriedades tornam os polímeros condutores candidatos promissores para aplicação em dispositivos electrocrômicos. Um dispositivo electrocrômico é essencialmente uma célula electroquímica na qual o eletrodo electrocrômico é separado do contraeletrodo por um eletrólito líquido ou sólido e a mudança de coloração ocorre pela carga/descarga da célula electroquímica quando uma pequena diferença de potencial é aplicada (vide Figura 5). Um dispositivo electrocrômico é utilizado comercialmente em embalagens de pilhas alcalinas para avaliar a carga da bateria e em espelhos retrovisores de automóveis para evitar o ofuscamento do motorista.

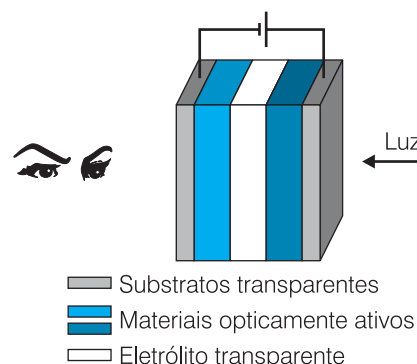


Figura 5 – Esquema de um dispositivo electrocrômico.

### Grupos de pesquisa no Brasil

Existem vários grupos de pesquisa no mundo inteiro que trabalham com pesquisas básica e aplicada na área de polímeros condutores. Aqui no Brasil, há também vários grupos de pesquisa nesta área, enumerados na Tabela 4.

Tabela 4 – Instituições onde há grupos de pesquisadores de polímeros condutores no Brasil.

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA	Centro Nacional de Pesquisa e Desenvolvimento de Instrumentação Agropecuária- CNPDIA - São Carlos
Universidade de São Paulo	Instituto de Física de São Carlos Instituto de Química de São Carlos Instituto de Química (São Paulo)
Universidade Estadual de Campinas	Faculdade de Engenharia Química Instituto de Física Gleb Wataghin Instituto de Química
Universidade Estadual Paulista	Departamento de Física da Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira
Universidade Federal da Paraíba	Departamento de Engenharia Química
Universidade Federal de Minas Gerais	Departamento de Química
Universidade Federal de Pernambuco	Departamento de Química Fundamental
Universidade Federal de Piauí	Departamento de Química
Universidade Federal de São Carlos	Departamento de Engenharia de Materiais Departamento de Física Departamento de Química
Universidade Federal do Paraná	Departamento de Química Departamento de Física
Universidade Federal do Rio de Janeiro	Instituto de Macromoléculas Professora Eloisa Mano Coordenação dos Programas de Pós-Graduação em Engenharia Química Instituto de Química
Universidade Federal do Rio Grande do Sul	Escola de Engenharia Instituto de Química

### Para saber mais

ZOPPI, R.A. e DE PAOLI, M.-A. Aplicações tecnológicas de polímeros condutores: perspectivas atuais. *Química Nova*, v. 16, n. 6, p. 560-569, 1993.

MATTOSO, L.H.C. Polianilinas: síntese, estrutura e propriedades. *Química Nova*, v. 19, n. 4, p. 388-399, 1996.

TOMA, H.E. Ligação química: abordagem clássica ou quântica. *Química Nova na Escola*, n. 6, p. 8-12, 1997.

SIMIELLI, E.R. Aspectos históricos de ciência e tecnologia de polímeros no Brasil. *Polímeros: Ciência e Tecnologia*, v. 8, n. 4, p. 6-8, 1998.

# Prêmio Nobel de Química 1998



Walter Kohn



John A. Pople

**A** Real Academia de Ciências da Suécia outorgou o Prêmio Nobel de Química de 1998 aos seguintes pesquisadores:

*Walter Kohn* (Universidade da Califórnia, Santa Barbara, Califórnia, EUA), por sua contribuição ao desenvolvimento da Teoria do Funcional de Densidade.

*John A. Pople* (Universidade Northwestern, Evanston, Illinois, EUA), por sua contribuição ao desenvolvimento de métodos computacionais em química quântica.

## História

Os fundamentos teóricos para a compreensão do comportamento de elétrons e núcleos em sistemas moleculares e da formação de ligações químicas foram estabelecidos nas três primeiras décadas deste século, com o advento da mecânica quântica. Para apreciar a contribuição dos cientistas laureados com o Nobel de Química em 1998, é necessário retroceder no tempo e discutir os problemas iniciais encontrados para aplicar os fundamentos da mecânica quântica em estudos de propriedades de átomos e moléculas.

Em 1929, Paul A.M. Dirac (laureado com o Prêmio Nobel de Física em 1933, juntamente com Erwin Schrödinger) emitiu esta opinião:

“As leis necessárias para uma teoria matemática englobando grande parte dos fenômenos físicos e toda a química são agora completamente conhecidas. A dificuldade para a aplicação dessas leis é que elas se apóiam em equações matemáticas muito complicadas para serem solúveis.”

Essa opinião de Dirac, que à primeira vista pode parecer conservadora, tem sido motivo de reflexões e discussões na comunidade acadêmica. Para a química,

## Luiz Carlos Gomide Freitas

Departamento de Química da Universidade Federal de São Carlos, São Carlos - SP

---

Este artigo faz uma breve análise da evolução das técnicas que permitiram a aplicação dos conceitos da mecânica quântica na investigação de sistemas químicos. São discutidas as contribuições de John A. Pople e Walter Kohn, ressaltando-se o papel desempenhado por estes pesquisadores no desenvolvimento de metodologias que modificaram a natureza da pesquisa química neste final de século.

*Prêmio Nobel, química quântica, métodos computacionais*

---

Este artigo foi publicado originalmente na revista *Química Nova na Escola* n. 8, 1998.



Walter Kohn nasceu em Viena, Áustria, em 1923. Foi professor do Instituto de Tecnologia Carnegie, em Pittsburgh, EUA, de 1950 a 1960, e na Universidade da Califórnia em San Diego, de 1960 a 1979. Foi diretor do Instituto de Física Teórica da Universidade da Califórnia em Santa Barbara de 1979 a 1984, onde continua suas atividades.

---

### **As primeiras tentativas para a resolução das equações da mecânica quântica para sistemas eletrônicos levam à proposição do Modelo das Partículas Independentes**

---

de ordem um, e assim sucessivamente. Obtém-se a autoconsistência quando a solução de ordem  $m+1$  é igual à de ordem  $m$ . Entretanto, mesmo com essas simplificações, as equações resultantes ainda são muito complexas para serem resolvidas e utilizadas rotineiramente na investigação de propriedades moleculares.

Duas contribuições importantes para a resolução desse problema aparecem no início da década de 50:

essa afirmação possui uma tradução simples: as informações completas sobre as propriedades moleculares de um sistema podem ser obtidas resolvendo-se a equação de Schrödinger correspondente. Inicialmente, as dificuldades matemáticas apontadas por Dirac impedem que a mecânica quântica produza avanços quantitativos importantes para a química, à exceção talvez dos trabalhos de Hylleras em 1928-1930 sobre o átomo de hélio e de Heitler e London sobre a formação da molécula de  $H_2$  (Hylleras, 1928, 1929, 1930; Heitler & London, 1927). O trabalho de Heitler e London tem um significado especial, pois confirma o modelo proposto por G.N. Lewis em 1916, que sugere a formação de ligação química pelo compartilhamento de elétrons entre átomos. Entretanto, os avanços qualitativos obtidos são inúmeros e importantes, emergindo assim uma compreensão sofisticada da natureza da ligação química. Esses avanços iniciais, que culminam no surgimento de uma nova ciência, a química quântica, estão sintetizados em várias publicações, destacando-se o livro *The chemical bond*, escrito por Linus Pauling em 1939.

As primeiras tentativas para a resolução das equações da mecânica quântica para sistemas eletrônicos levam à proposição do Modelo das Partículas Independentes: nesse modelo, a equação de Schrödinger para um sistema contendo  $n$  elétrons é substituída por  $n$  equações acopladas, mas de uma única partícula. Para manter a integridade das interações que ocorrem no sistema, no modelo das partículas independentes cada partícula movimenta-se no campo médio gerado pela presença dos  $n-1$  corpos restantes. Para exemplificar, vamos supor que o sistema investigado seja a molécula de água, que contém três núcleos e dez elétrons. Fixando-se a atenção no comportamento dos elétrons, obtêm-se então dez equações, uma para cada elétron, sendo que cada uma dessas equações contém a interação média do elétron correspondente com os outros nove elétrons e três núcleos do sistema. O termo orbital (atômico ou molecular) é criado para designar essa função de um elétron. A formulação matemática desse modelo é desenvolvida por D. Hartree e V. Fock no início da década de 30, sendo conhecida como método de Hartree-Fock, HF. Com o método HF obtém-se uma solução aproximada para a equação de Schrödinger, uma função de onda escrita como um produto anti-simétrico de funções de um elétron, ou orbitais. Para resolver esse sistema de equações, propõe-se uma metodologia autoconsistente: inicia-se o processo com uma solução aproximada, conhecida como de ordem zero, que então gera uma segunda solução,

- C.C. Roothaan sugere que a função de uma partícula, o orbital, seja expandida como uma combinação linear de funções-base (Roothaan, 1951). Para moléculas, essa proposta é o embrião da combinação linear de orbitais atômicos para formar o orbital molecular.

- Boys mostra que funções como a gaussiana possuem o comportamento matemático adequado para expandir as funções de uma partícula (Boys, 1950).

Com essas duas sugestões, a resolução do conjunto de  $n$  equações de um elétron obtidas com o método HF é transformada em álgebra de matrizes. Essa contribuição é muito importante, pois produz uma nova versão do problema, adequada para ser resolvida utilizando computadores.

Utilizando esse elenco de propostas e os recursos computacionais nascentes, grupos de pesquisa iniciam na década de 60 o desenvolvimento de programas computacionais para aplicar o método de Hartree-Fock no estudo de propriedades moleculares. Essa fase inicial é muito difícil, e os primeiros resultados são, em termos práticos, inadequados para proporcionar avanços significativos. A pesquisa em química quântica, em círculos acadêmicos mais conservadores, é então tratada como uma atividade fútil, incapaz de produzir resultados expressivos para a química. Nessa atmosfera sombria para a química quântica tem início a contribuição de John A. Pople: esse pesquisador vislumbra que a sinergia entre facilidades computacionais e programas eficientes desempenharia um papel importante no desenvolvimento da pesquisa química. Inicia então um trabalho meticuloso e consistente para construir o suporte necessário para que a química quântica produza resultados. Na década de 60, Pople e colaboradores distribuem o programa computacional CNDO (Complete Neglect of Differential Overlap), um método semi-empírico no qual parte das operações matriciais são substituídas por informações calibradas para a reprodução de dados experimentais. Esse método é mundialmente utilizado, potencializando a importância da química quântica. As falhas detectadas nas informações obtidas com o programa CNDO são analisadas e mostram que, para obter qualidade química nos resultados, é necessário o desenvolvimento de metodologias *ab initio*, ou seja, nas quais o problema seja tratado sem recorrência a dados experimentais prévios. John A. Pople percebe que a utilidade de métodos computacionais para a pesquisa química está também condicionada à capacidade desses de produzir um grande elenco de informações. Gradativamente, são desenvolvidos algoritmos para extrair da função de onda dados úteis para a compreensão do comportamento de átomos e moléculas. A partir do reconhecimento de que uma geometria de equilíbrio corresponde a um ponto de mínimo na superfície de energia do sistema, métodos sofisticados são desenvolvidos para a determinação precisa desses pontos de mínimo. Assim, a química quântica torna-se capaz de fornecer informações confiáveis sobre



John A. Pople nasceu em Burnham-on-Sea, Reino Unido, em 1925. Tornou-se PhD em matemática pela Universidade de Cambridge, Inglaterra, em 1951. Em 1964 ocupou a posição de professor de físico-química na Universidade Carnegie-Mellon, Pittsburgh, EUA. Desde 1986 ocupa a cadeira de professor de química na Northwestern University, em Evanston, Illinois, EUA.

---

**A pesquisa em química quântica, em círculos acadêmicos mais conservadores, é então tratada como uma atividade fútil, incapaz de produzir resultados expressivos para a química**

---

geometria molecular. Em seguida, desenvolvem-se também algoritmos que permitem localizar e caracterizar estados de transição em transformações químicas.

Para efetuar cálculos a partir de primeiros princípios, os desafios técnicos são muitos: para resolver as equações para uma molécula, as matrizes resultantes possuem, em geral, de  $10^5$  a  $10^9$  elementos, sendo que parte desses elementos de matriz são o resultado numérico para uma integral em um espaço de seis dimensões. Trabalhando intensamente para atingir os objetivos, Pople e colaboradores desenvolvem algoritmos engenhosos que permitem simplificar várias etapas do problema. Na década de 70, Pople e colaboradores distribuem à comunidade interessada um programa computacional com várias facilidades. Essa versão do programa, conhecida como Gaussian-70, é amplamente utilizada para calcular propriedades moleculares. Capaz de produzir resultados em boa concordância qualitativa e quantitativa com dados

experimentais, o programa conquista assim a confiança dos usuários.

---

**Com o desenvolvimento vertiginoso na arquitetura dos computadores a partir do final da década de 80, os métodos de química quântica são gradativamente popularizados. Inicia-se também o desenvolvimento de interfaces gráficas que permitem a visualização eficiente e confortável dos resultados numéricos obtidos**

---

Com a aplicação dessa metodologia, compreende-se também que, além da confiabilidade do programa computacional, é necessário estudar detalhadamente a relação de dependência existente entre as funções gaussianas utilizadas para expandir a função de onda e os resultados obtidos. Pople e colaboradores produzem um grande elenco de funções-base cuidadosamente preparadas, abrangendo praticamente todos os elementos da tabela periódica. A influência dos diferentes tipos de conjunto de base no resultado final é exaustivamente estudada, produzindo-se uma 'cultura em química quântica' adequada à transformação do formalismo teórico em uma ferramenta útil e confiável para a pesquisa química. Procurando melhorar a qualidade dos resultados obtidos, Pople e colaboradores incluem nos programas computacionais facilidades para a correção de erros intrínsecos ao método de Hartree-Fock. Este método, ao considerar a interação entre

as partículas através de um campo médio, negligencia a correlação instantânea existente em um sistema de muitos corpos, introduzindo um erro da ordem de 1 a 2 por cento na energia total obtida. Essa diferença é conhecida como energia de correlação. Para obter superfícies de energia potencial com qualidade para a análise do mecanismo de reações químicas, métodos conhecidos como pós-Hartree-Fock devem ser introduzidos para obter a energia de correlação. Pople e colaboradores desenvolvem programas computacionais com essas facilidades, notadamente com a introdução de correções para o efeito de muitos corpos, utilizando a teoria de Møller-Plesset (Hehre *et al.* 1986). Esse desenvolvimento permite que superfícies de potencial sejam calculadas com erros inferiores a 2,0 kcal/mol: obtém-se assim uma resolução que possibilita a utilização da química quântica para estudar reações químicas! Em conjunto com o formalismo da mecânica estatística, os resultados obtidos com programas de química quântica podem fornecer dados confiáveis para a termoquímica, inclusive em situações não-acessíveis ao trabalho experimental. A Figura 1 apresenta uma superfície de potencial para uma reação química: a metodologia permite a localização de pontos de mínimo na superfície de potencial e mostra o caminho de reação entre duas estruturas estáveis. A química quântica inicia a conquista definitiva de seu espaço entre as metodologias que investigam os fenômenos químicos.

Com o desenvolvimento vertiginoso na arquitetura dos computadores a partir do final da década de 80, os métodos de química quântica são gradativamente popularizados. Inicia-se também o desenvolvimento de interfaces gráficas que permitem a visualização eficiente e confortável dos resultados numéricos obtidos. As interfaces gráficas suavizam também a utilização dos programas computacionais,



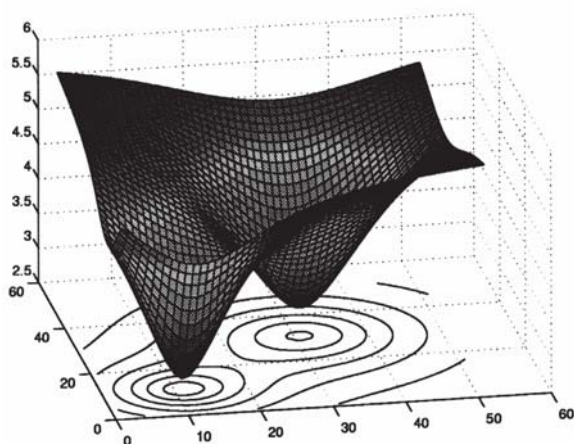


Figura 1 – Superfície de potencial para uma reação química hipotética: a figura ilustra dois pontos de mínimo separados por uma barreira de energia, no topo da qual se encontra o estado de transição para o processo (Nobel Foundation, online).

por H.L. Thomas e Enrico Fermi em 1927, conhecida como aproximação de Thomas-Fermi. Nessa aproximação, em vez da função de onda do sistema, considera-se a densidade eletrônica  $\rho(\mathbf{r})$ . Uma simplificação drástica e admirável: a equação para um sistema de  $n$  corpos, e portanto com  $3n$  coordenadas independentes, é reduzida pela aproximação de Thomas-Fermi a um problema em apenas três dimensões. A energia total  $E$  do sistema é escrita com um funcional de  $\rho(\mathbf{r})$ , ou seja,  $E[\rho(\mathbf{r})]$ . No princípio, essa aproximação não é muito bem-sucedida, produzindo muito pouco impacto no desenvolvimento da química quântica. Metodologias originadas dessa aproximação, entre as quais cita-se o método  $X\alpha$  desenvolvido por Slater e colaboradores (1963), não produzem impactos que justifiquem mudanças no caminho trilhado para a resolução da equação de Schrödinger diretamente. Esse panorama começou a mudar a partir da contribuição de Walter Kohn. Em 1964, Hohenberg e Kohn demonstram um teorema importante: a densidade eletrônica exata do estado fundamental de uma molécula determina, de maneira unívoca, todas as propriedades do estado fundamental dessa molécula. Ou seja, esses autores provam a existência de uma teoria de Thomas-Fermi exata. Em um trabalho posterior, Kohn e Sham deduzem as equações necessárias para que a densidade eletrônica  $\rho(\mathbf{r})$  seja calculada utilizando procedimentos baseados no método variacional (Kohn & Sham, 1965). Essa metodologia recebe a denominação de Teoria do Funcional de Densidade (TFD). Porém, a viabilidade da TFD depende do conhecimento do funcional que expressa a energia total  $E$  do sistema, ou seja,  $E[\rho(\mathbf{r})]$ . Essa tarefa não é simples, mas avanços consideráveis foram obtidos e a TFD tem sido utilizada com sucesso no cálculo de propriedades moleculares (Labanowski & Andzelm, 1961; Morgon & Custódio, 1995). O grande impacto da TFD na química quântica está relacionado com o fato de essa teoria produzir resultados superiores aos obtidos com o método de Hartree-Fock, a um custo computacional muito menor. Desde o início de sua proposição, a TFD tem sido aplicada para estudar sistemas multieletrônicos, com ênfase na estrutura eletrônica de sólidos. Recentemente, a TFD foi implementada em vários programas computacionais de química quântica, entre esses a versão 94 do programa Gaussian produzida pelo grupo do prof. Pople. Essas novas facilidades computacionais, apoiadas por uma fundamentação teórica consistente, têm incentivado a utilização da TFD na investigação de proprieda-

permitindo que o usuário obtenha resultados precisos mediante um elenco reduzido de operações no computador. A Figura 2 mostra a distribuição de densidade eletrônica nas moléculas de  $\text{CF}_2\text{Cl}_2$  (freon) e  $\text{O}_3$  (ozônio). A figura ilustra que a capacidade de previsão da química quântica pode ser utilizada para estudar o mecanismo de reações que ocorrem na atmosfera, propiciando a análise de intermediários de reação que nem sempre podem ser detectados por métodos experimentais. Assim, esses desenvolvimentos modificam a rotina da pesquisa química: cálculos de química quântica são hoje essenciais em laboratórios acadêmicos e industriais.

Um caminho diferente foi trilhado por Walter Kohn. Para situar as diferenças é necessário também uma regressão aos primórdios da mecânica quântica. Uma alternativa simples para a equação de Schrödinger é proposta

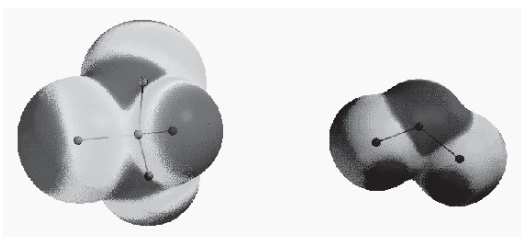


Figura 2 – Densidade eletrônica para as moléculas de  $\text{CF}_2\text{Cl}_2$  (direita) e  $\text{O}_3$  (esquerda) calculada com programas de química quântica. A molécula de  $\text{CF}_2\text{Cl}_2$ , sob a ação de raios ultravioleta, libera átomos de Cl que podem reagir com a molécula de  $\text{O}_3$ . O mecanismo dessa reação pode ser investigado com métodos de química quântica (Nobel Foundation, online).

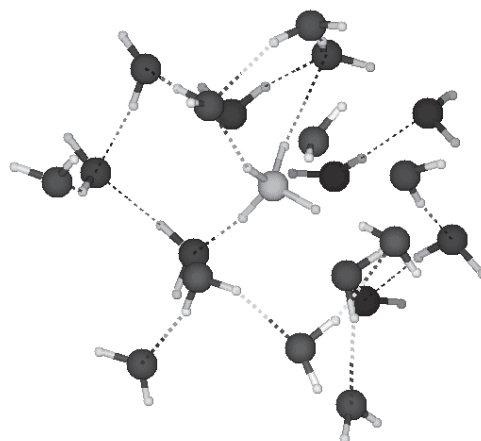


Figura 3 – Hidratação do íon  $\text{NH}_4^+$  por 20 moléculas de água, calculada com a Teoria do Funcional de Densidade. A teoria fornece informações sobre a estrutura e a energia de interação na camada de solvatação. Linhas tracejadas indicam a formação de ligações de hidrogênio (Silva & Gomide Freitas).

des eletrônicas de sistemas químicos poliatômicos, incluindo o estudo do sítio ativo de enzimas, reações em superfície, propriedades eletrônicas de sólidos, polímeros, etc. (Labanowski & Andzelm, 1991; Morgon & Custódio, 1995). A Figura 3 ilustra a hidratação do íon  $\text{NH}_4^+$  obtida com a TFD: a teoria fornece detalhes para processos químicos em fase condensada. Essa extensão da química quântica a sistemas poliatômicos certamente pode ser considerada uma segunda revolução na química teórica.

Com esses desenvolvimentos para a química quântica, a química reafirma-se como uma ciência exata, mas não pode mais ser considerada uma ciência de natureza unicamente experimental. Para a realização dessas transformações, as contribuições de John A. Pople e Walter Kohn foram fundamentais e reconhecidas com a outorga deste Prêmio Nobel de Química.

### Referências bibliográficas

- BOYS, S.F. *Proc. Roy. Soc. Londres*: A200, 542, 1950.  
 HEHRE, Warren J., RADON, Leo, SCHLEYER, Paul v.R., POPLE, John A. *Ab initio molecular orbital theory*. Nova York: John Wiley & Sons, 1986.  
 HEITLER, W., LONDON, F. *Z. f. Phys.* v. 44, p. 455, 1927.  
 HOHENBERG, P., KOHN, W. *Phys. Rev. B* 136, 864, 1964.  
 HYLLERAS, E.A. *Z. f. Phys.* v. 48, p. 469, 1928; v. 54, p. 347, 1929; v. 65, p. 209, 1930.  
 KOHN, W., SHAM, L.J. *Phys. Rev. A* 140, 1133, 1965.  
 LABANOWSKI, J.K., ANDZELM, J.W. *Density functional methods in chemistry*. Nova York: Springer Verlag, 1991.  
 MORGON, Nelson H., CUSTÓDIO, Rogério. *Química Nova*, v. 18, n. 1, p. 44, 1995.  
 NOBEL FOUNDATION [online]. Disponível na Internet nos endereços: [www.nobel.se](http://www.nobel.se); [www.kva.se](http://www.kva.se)  
 PAULING, Linus. *The chemical bond*. Cornell University Press, 1939.  
 ROOTHAAN, C.C. *Rev. Mod. Phys.*, 23, 69, 1951.  
 SILVA, Paula A. da, GOMIDE FREITAS, Luiz C. Trabalho de iniciação científica, em andamento, Departamento de Química, UFSCar.  
 SLATER, J. C. *Quantum theory of molecules and solids*. Nova York: McGraw-Hill, v. 4, 1963.

# Avaliação:

## Uma Perspectiva Emancipatória



*Devemos lutar pela igualdade sempre que a diferença nos inferioriza, mas devemos lutar pela diferença sempre que a igualdade nos descaracteriza.*

Boaventura de Souza Santos

**A** avaliação, em seu sentido amplo, apresenta-se como atividade essencialmente humana associada à experiência cotidiana de homens e mulheres. Ela faz parte do nosso dia-a-dia e muitas vezes determina o nosso modo de ser ou de agir.

Podemos dizer que somos hoje o que somos porque nos constituímos a partir das ações que empreendemos, fruto de nossas reflexões, questionamentos e desafios sobre nós mesmos e das incorporações que fazemos a partir das interações que estabelecemos com os outros e com o mundo, em um processo permanente de avaliação. Quanto mais dialógico for esse processo, mais consciência temos dele, provocando, portanto, mudanças, transformações em nossas vidas, nos constituindo como sujeitos individual e social.

Como se dá esse processo? O que isso tem a ver com a nossa prática pedagógica?

É importante retomarmos essa discussão a partir da compreensão de diferentes pressupostos trazidos por importantes teóricos tais como Wallon, Piaget, Freire e Vygotsky:

- cada pessoa é um ser único e original, com experiências, histórias, conhecimentos, possibilidades e limitações diferentes, que a constituíram como é; a sala de aula é o espaço da diferença, da heterogeneidade. Assumir a diferença, a heterogeneidade como valor, como riqueza, tem um novo sentido ético, pois ela nos potencializa para agir socialmente. A qualidade da avaliação passa a estar em sua capacidade de diálogo ao indagar, investigar, refletir sobre os percursos, processos, procedimentos na produção de conhecimento, contribuindo na criação

**Jussara Margareth de Paula Loch**

Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Porto Alegre - RS

---

A seção "Espaço aberto" visa a abordar questões sobre Educação, de um modo geral, que sejam de interesse dos professores de Química.

Neste primeiro artigo apresenta-se uma proposta de avaliação em uma perspectiva emancipatória. Nos tempos em que vivemos, nos quais a avaliação vem assumindo uma perspectiva cada vez mais classificatória e hierarquizadora dos conhecimentos e das pessoas, é fundamental estarmos atentos para outras perspectivas da avaliação. Sem esquecer que precisamos reivindicar, em cada uma das escolas, condições de trabalho que garantam as possibilidades de realização de outras formas de avaliar comprometidas com os processos de emancipação dos sujeitos sociais.

---

*avaliação emancipatória, avaliação, exclusão*

Este artigo foi publicado originalmente na revista *Química Nova na Escola* n. 12, 2000.

de meios que auxiliem na superação de limites encontrados nessa produção, e não como algo a ser medido na busca do que todos devem alcançar. Trata-se da busca da superação da homogeneidade, do aluno ideal;

- o desenvolvimento e sua formação se dão em estágios, em ciclos de vida; que têm características específicas, atividades de dominância, que precisam ser plenamente vividas e desenvolvidas, e não são cronologicamente pré-estabelecidas como iguais para todos. A qualidade da avaliação está em refletir, também, sobre a organização do tempo escolar e suas implicações na produção do conhecimento, providenciando o tempo adequado para todos, não significando com isso apenas dar mais tempo aos mais fracos. O que sabemos hoje nos revela que aquilo que se considerava como deficiência ou incapacidade para aprender pode ser processo específico de desenvolvimento ainda desconhecidos;
- as relações e interações entre as pessoas é que permitem a apropriação do mundo e sua tecnologia; nós, seres humanos, diferentes dos outros seres da natureza, não nascemos programados para agir, precisamos de outros seres humanos para sobreviver. Temos um nascimento não só biológico e genético, mas também social e cultural. É no grupo que nascemos, que vivemos e convivemos, que aprendemos a falar, que damos significado ao que falamos e fazemos. Ao nascer, começa um trabalho ativo de comunicação, de participação, demonstrando que esse processo de participação é constitutivo da espécie humana. Portanto, ao entrarmos na escola, já temos conhecimento, e um conhecimento que nos constitui, entranhado em nós mesmos, muitas vezes desprezado ou desconhecido pela escola. A qualidade da avaliação está no diálogo que estabelecemos com esse conhecimento prévio, cotidiano, e a partir dele constituímos novos saberes. Está em atuar sobre a zona de desenvolvimento proximal, sobre suas possibilidades, sobre seu conhecimento potencial. Vygotsky sugere que a reserva das forças compensatórias deverá ser encontrada na vida social e coletiva da criança. O coletivo torna-se fonte de desenvolvimento das funções psicológicas superiores. Seu desenvolvimento está ligado às condições de sua inserção cultural. A criança ou jovem, quando excluído de um contexto de relações sociais que propiciem a sua formação e desenvolvimento, tem seus aspectos limitadores aumentados.

Uma escola que pretenda o desenvolvimento e a formação do sujeito, atenta a esses pressupostos, vê-se constantemente na busca de superar a coisificação da avaliação historicamente implantada na nossa educação, seja copiando modelos importados, principalmente dos Estados Unidos, ou praticando, burocratizadamente, notas ou médias, em períodos estanques e pré-determinados, classificando e selecionando os alunos.

No nosso país já existem projetos político-pedagógicos que têm propostas, na prática, com o caráter ético da avaliação. Porto Alegre é um exemplo disso. Os educadores vêm demonstrando, por meio da sua prática cotidiana, que avaliar não é dar notas, fazer médias, reprovar ou aprovar os alunos. Avaliar, numa nova ética, é sim avaliar participativamente no sentido da construção, da

---

---

**Cada pessoa é um ser único e original, com experiências, histórias, conhecimentos, possibilidades e limitações diferentes, que a constituíram como é; a sala de aula é o espaço da diferença, da heterogeneidade**

---

---

---

---

**Temos um nascimento não só biológico e genético, mas também social e cultural. É no grupo que nascemos, que vivemos e convivemos, que aprendemos a falar, que damos significado ao que falamos e fazemos**

---

---

conscientização, busca da autocrítica, auto-conhecimento de todos os envolvidos no ato educativo, investindo na autonomia, envolvimento, compromisso e emancipação dos sujeitos. Para concretizar essa proposta de avaliação se exige um rigor metodológico muito maior que simplesmente dar notas, conceitos em uma visão de aprendizagem de resultados, sentenciosa e classificatória, promovendo a exclusão dos alunos.

A investigação contínua sobre os percursos e os processos vividos durante a aprendizagem nos exige esse rigor metodológico por intermédio da elaboração de registros significativos, capazes de apontar todas as possibilidades de intervenção, de provocação e de desafio intelectual necessários ao avanço e à construção do conhecimento. Temos de qualificar os meios, instrumentos, técnicas, metodologias ou processos, recriando-os ou reinventando-os, pois a garantia de aprendizagem requer a qualidade da avaliação e dos seus processos formais - registros - ainda mais precisos.

Madalena Freire (1989) nos faz refletir sobre a importância do ato de registrar, sobre historicizar:

*Por que é importante registrar? O ato de conhecer é permanente? Então está implícito o conhecimento como ato social e que esse educador faz história. Não existe sujeito do conhecimento sem apropriação de história. É o registro que historiciza o processo para a conquista do produto histórico. Possibilita também a apropriação e a socialização do conhecimento e a construção da memória, como história desse processo.*

Para potencializarmos nossos registros, fruto da reflexão conjunta, precisamos entender, primeiramente, que a avaliação emancipatória não se restringe à análise do processo de construção do conhecimento do aluno sob a responsabilidade dos educadores, mas que, a partir dela, envolve a totalidade da escola e sua relação com essa construção.

Pensar, propor e fazer avaliação dentro dessa perspectiva é retomar, desvelando, todo o currículo. Desde como planejamos, com quem, o quê - conteúdo/procedimentos. Isto é, a avaliação se dá no processo desde sua origem, seu desenvolvimento, desde a avaliação escolar da aprendizagem, da construção do conhecimento pelo educando/educador até o processo por que passam os diferentes coletivos da escola e a própria escola. Nesse sentido, assim como os sujeitos estão em permanente construção, a escola também se faz e refaz frente aos desafios que se impõem pelos sujeitos que fazem parte dela. Mas também pela relação que estabelece com a comunidade e na sua relação com a cidade enquanto espaço essencialmente educativo.

Assim, a avaliação colabora ao propor soluções que atingem o âmago da competência histórica da instituição escolar em termos de construção do conhecimento e realização da cidadania.

Nesse sentido gostaríamos de analisar o conselho de classe enquanto uma instância do processo de gestão democrática, como o espaço coletivo privilegiado de discussão, de diálogo entre todos os envolvidos no ato educativo, de permanente construção dos processos de conscientização, democratização e emancipação dos mesmos. Para viabilizar essas intenções, importantes e diferentes movimentos são necessários, tais como descritos a seguir.

### ***Movimento 1 - A sala de aula como espaço coletivo, de permanente conselho de classe***

É neste espaço, de encontro, constituído pelos educandos e educadores, seres humanos densos, complexos, em permanente diálogo na criação de si mesmos e do outro, que se avança na construção de conhecimentos; portanto, é carregado de questionamentos, de problematizações, de investigações, de intervenções e mediações, caracterizando-se como avaliação formativa.

É preciso, às vezes, realizar rupturas importantes na progressão dos conhecimentos e para que isso ocorra é necessário que se desestabilizem os conhecimentos cotidianos prévios dos alunos. Os professores

têm necessidade de buscar meios para propor desafios adequados e pertinentes atuando na zona de desenvolvimento proximal (ZDP). São muitas vezes os “erros” e as soluções diferentes que nos dão os elementos para novas abordagens e intervenções didáticas, possivelmente levando-os a avançar na construção de novos conhecimentos. Vygotsky conceitua a ZDP como um nível de desenvolvimento que consiste de funções emergentes, que são criadas no plano interpessoal. Para salientar a gênese social, ele dizia que, com a ajuda dos outros - adultos ou seus pares -, as crianças podem realizar mais que quando deixadas apenas com suas capacidades consolidadas.

Os alunos, mediatizados, descobrem uma coincidência entre o que desejam, pressentem e tentam criar, e o resultado que alcançam; por outro lado, o professor introduz o que é novo, fazendo com que os alunos se reconheçam nele, que graças a esse conhecimento novo compreendem melhor e com mais lucidez a sua própria prática.

É “no que existe” que se encontram os elementos da sua superação: essa situação que existe é acolhida para ser modificada, cabendo a ambos essa investigação para, conscientes dela, empreenderem ações para transformá-la. A emancipação pressupõe o processo de conscientização e, como nos ensina Paulo Freire, a tomada de consciência de si mesmo e da sua tarefa histórica é infinitamente dramática. Minha personalidade é, ao mesmo tempo, minha história, isto é, a história das situações e o conjunto das vivências que tive até hoje, numa lenta ascensão para uma compreensão capaz de me constituir no que sou, em um esforço constante para unificar o vivido, que se dá nas relações que eu mantive ou mantenho com os outros e com o mundo: uma pessoa que não era assim e agora é. Entregue a si mesmo, o aluno corre o risco de se abandonar a longos períodos de inércia, em que as suas próprias esperanças e ações são entrecortadas de passividade, de abatimento.

O que falta a cada educando - educador, nesses momentos - é o sentimento contínuo, ininterrupto, do seu valor; e é precisamente essa firmeza, essa persistência, essa fidelidade aos melhores momentos de si mesmo que poderão ser buscadas, encontradas na sala de aula, na sua relação com os outros. Esse lugar de encontros e também de desencontros, de diálogo, é o espaço cotidiano, rico de possibilidades de ação-reflexão-ação, em constante interação, que poderá ser potencializado, permanentemente, na busca do auto-conhecimento, em um contínuo processo de criação e recriação de si mesmo.

Podemos realizar esse processo de observação continuada, feita por nós educadores e alunos, nas investigações das produções, na escolha conjunta, em diálogo, de exemplares que demonstrem a construção dos conceitos trabalhados para incluir em dossiê (pasta com amostra significativa de produções, auto-avaliações, fichas, relatórios...).

Esse dossiê, ao final de cada ano, fica com uma amostra dessas produções, de tal forma que ao final do curso os educandos/as possam levar consigo a sua história, vivida nessa escola, podendo em qualquer fase de sua vida retomar o caminho percorrido.

### ***Movimento 2 - Reuniões por segmento que possibilitem o diálogo entre os seus pares***

Isto é, que haja espaço para que os educadores, educandos, pais e funcionários possam discutir, refletindo e propondo ações desde o seu particular olhar, preparando elementos para a discussão conjunta, pois como diz Ana Maria Saul (1995) o compromisso principal dessa avaliação é o de fazer com que as pessoas direta ou indiretamente envolvidas em uma ação educacional escrevam a sua história e gerem as suas próprias alternativas de ação.

---

---

**São muitas vezes os “erros” e as soluções diferentes que nos dão os elementos para novas abordagens e intervenções didáticas, possivelmente levando-os a avançar na construção de novos conhecimentos**

---

---

É importante destacar, nesse movimento, o papel dos sujeitos envolvidos:

a) Aluno/a - é o sujeito responsável pelo ato de aprender. A aprendizagem é de sua responsabilidade na sua relação com o professor, com seus colegas e com o conhecimento, esse é o seu compromisso. Ninguém aprende pelo outro, ninguém dá do seu conhecimento a outro, aprende-se por intermédio da

---

**Ninguém aprende pelo outro, ninguém dá do seu conhecimento a outro, aprende-se por intermédio da ação, da atividade. O conhecimento é construído pelo sujeito e, portanto, a sua avaliação também. Ninguém melhor do que o próprio aluno para dizer o que está aprendendo ou não**

---

ação, da atividade. O conhecimento é construído pelo sujeito e, portanto, a sua avaliação também. Ninguém melhor do que o próprio aluno para dizer o que está aprendendo ou não. A reunião desse segmento permite a reflexão sobre sua caminhada, é o aluno deixando-se dizer, falando sobre o percurso que está percorrendo, as possibilidades, os entraves, o levantamento de alternativas que o comprometam ou o levantamento de indicações e sugestões para os outros segmentos no sentido de contribuir para a sua formação e desenvolvimento (auto-avaliação individual, dos pequenos grupos e da turma).

b) Pais e mães - compromisso com o vir a ser de seus filhos. É o pai e a mãe que escutam, vêem, sabem no que o seu filho avança ou não, percebem e acompanham a sua caminhada. É do diálogo entre eles que poderá se abrir a possibilidade de se esclarecerem, de se comunicarem, para conhecendo melhor a realidade educacional vivida pelos seus filhos, poderem efetivamente participar se envolvendo, não se omitindo, buscando espaços na escola para pensar junto aos professores, levantando alternativas que venham a contribuir na formação e desenvolvimento dos seus filhos (o olhar da família sobre as aprendizagens de seus filhos e sobre a escola - fichas, questionários, depoimentos).

c) Funcionários/as - como educadores, também são parceiros, ouvintes dos alunos na hora do recreio, nos corredores, quando “cuidam” deles para que o educador possa sair da aula por alguns momentos e portanto “os conhecem” e têm muito a dizer e contribuir nesse processo. Se forem poucos, poderão se reunir diretamente com os professores e participar da elaboração dos relatórios.

d) Professores/as - podem refletir, analisando os avanços conceituais ou ainda não conseguidos pelos seus alunos, tendo eles próprios como parâmetro de si mesmos.

---

**É o pai e a mãe que escutam, vêem, sabem no que o seu filho avança ou não, percebem e acompanham a sua caminhada. É do diálogo entre eles que poderá se abrir a possibilidade de se esclarecerem, de se comunicarem**

---

É importante essa análise individual, a discussão e a elaboração dos relatórios individuais, a partir dos instrumentos de registros presentes no dossiê do aluno que são testemunhos do desenvolvimento do planejado, do trabalho realizado, bem como dos avanços perseguidos e conseguidos pelos alunos. A análise mais aprofundada do percurso de alguns alunos nos permite replanejar, reorientando para atividades mais individualizadas em outros espaços, tempos e atores.

Nesse movimento são avaliados o desenvolvimento do planejamento, a sua programação, as estratégias ou atividades previstas e a sua reorientação tanto para o coletivo, como para cada sujeito-educador.

É o momento da reflexão sobre a nossa prática pedagógica coletiva; da rearticulação dos tempos e espaços distribuídos entre nós no trabalho com os alunos, seja na sala de aula, como em outros espaços, ou com outros parceiros.

### **Movimento 3 - Assembléias de turmas com a participação dos/as educadores/as, dos/as alunos/as e pais/mães**

Espaço de diálogo conjunto em que se possam analisar de forma global os diferentes registros do dossiê do/a aluno/a sob diferentes olhares. É interessante que pais/mães possam analisá-lo e comentá-lo fazendo observações e perguntas sobre o processo de aprendizagem, o percurso desenvolvido. Em que cada dupla - pai/mãe e aluno/a - possa questionar os/as professores/as sobre suas anotações, descrições ou relatórios, ou sobre a prática pedagógica dos/as educadores/as.

Esse é um espaço do coletivo de alunos/as, pais/mães e educadores/as, de crescimento conjunto e, portanto, próprio para a reflexão do desenvolvimento do planejado, da discussão sobre os parâmetros previstos para o ciclo pelo coletivo dos educadores/as e desencadeados por esses; das responsabilidades de cada um nessa caminhada; de estabelecer novos contratos a partir dos já conseguidos; de elaboração de novas propostas de trabalho; de encaminhamentos de novas ações de competência de outras instâncias, tais como o conselho de ciclo, assembléias gerais de cada segmento, de todos os segmentos juntos, dos serviços da escola, de reuniões pedagógicas, do conselho escolar.

Esses são alguns exemplos de movimentos ricos que poderão acontecer na escola. Outros poderão ser criados a fim de que possamos construir uma nova ética na avaliação. O importante a salientar é a dinamicidade, a flexibilidade que esse processo confere à escola, não permitindo que nem ela nem o currículo se coisifiquem, trabalhando para superação dos processos classificatórios e excludentes.

---

---

**Diferentes movimentos poderão ser criados a fim de se construir uma nova ética na avaliação. Tal processo conferirá à escola dinamicidade e flexibilidade, não permitindo que nem ela nem o currículo se coisifiquem, trabalhando para superação dos processos classificatórios e excludentes**

---

---

#### **Referências bibliográficas**

FREIRE, M. *A paixão de conhecer o mundo*. 7ª ed. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1989. p. 5.  
SAUL, A.M. *Avaliação emancipatória: desafio à teoria e a prática de avaliação e reformulação de currículo*. São Paulo: Cortez, 1995.

#### **Para saber mais**

ALBRECHT, R. *A avaliação formativa*. Rio Tinto/Portugal: Ed. Asa (Col. Práticas Pedagógicas), 1995.  
AZEVEDO, J.C. de. Escola cidadã: construção coletiva e participação popular. IN: SILVA, L.H. da. *A escola cidadã no contexto da globalização*. Petrópolis: Vozes, 1998. p. 308-319.  
BAQUERO, R. *Vygotsky e a aprendizagem escolar*. Porto Alegre: Artes Médicas, 1998.  
ESTEBAN, M.T. (Org.). *Avaliação: uma prática em busca de novos sentidos*. Rio de Janeiro: DP&A, 1999.  
FREIRE, P. *Educação e mudança*. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1988.  
FREIRE, P. *Pedagogia da autonomia: saberes necessários à prática educativa*. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1997.  
FREIRE, P. *Pedagogia do oprimido*. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1988.  
FREITAS, M.T.A. *Vygotsky e Bakhtin - Psicologia e educação: um intertexto*. São Paulo: Ática, 1996.  
LUCKESI, C. *Avaliação da aprendizagem escolar*. São Paulo: Cortez, 1996.  
REGO, T.C. *Vygotsky: uma perspectiva histórico-cultural da educação*. Petrópolis: Vozes, 1995.



# O ENEM no Contexto \* das Políticas para o Ensino Médio

**A** década de 90 foi marcada pela emergência de sistemas de avaliação na América Latina. No Brasil, em particular, houve iniciativas voltadas para a consolidação do Sistema de Avaliação da Educação Básica (SAEB), a criação do Prova e do ENEM. O significado geral dessas iniciativas é polêmico e a literatura educacional tem refletido os diferentes pontos de vista acerca desse tema (Bomeny, 1997; Castro e Carnoy, 1997; Franco e Frigotto, 1997; Lauglo, 1997; Moreira, 1995; Torres, 1996). Em outro artigo, desenvolvemos o ponto de vista de que o aprofundamento das discussões gerais sobre o papel da avaliação nas políticas educacionais deveria incluir a produção de pesquisas que examinassem detidamente experiências de avaliação. No mesmo artigo, fizemos uma análise do processo de institucionalização do SAEB (Bonamino e Franco, 1999).

O ENEM foi realizado pela primeira vez em 1998. Muito embora ainda não haja condições de apresentar um estudo sistemático acerca do significado desse exame, já é possível identificar certas tendências, visualizar trajetórias e explorar possíveis implicações dessa iniciativa para a educação brasileira — dimensões que este artigo pretende desenvolver. Apresentamos inicialmente uma visão geral das políticas oficiais voltadas para a reforma do Ensino Médio. Em seguida, apresentamos nossa análise do ENEM. Concluimos discutindo possíveis implicações do ENEM para a educação básica.

## **Políticas para o Ensino Médio**

Um dos aspectos mais destacados pela literatura educacional atual diz respeito aos requisitos de escolaridade derivados da revolução tecnológica, que estaria a exigir uma população com, pelo menos, educação básica completa. Nesse contexto, o Ensino Médio, incluindo o ensino técnico, ganha destaque nas reformas educacionais. No caso brasileiro, o Ensino Médio encontra-se ao

**Creso Franco e Alícia Bonamino**

Departamento de Educação da Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro - RJ

---

Neste artigo os autores analisam o Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM) e sua inserção no contexto maior das atuais políticas para o ensino médio. Embora argumentem que o tema ainda exige muitos estudos sistemáticos, os autores procuram identificar certas tendências e explorar possíveis implicações dessa iniciativa para a educação brasileira.

*avaliação, currículo, ensino médio, exame nacional*

---

\* Este artigo foi publicado originalmente na revista *Química Nova na Escola* n. 10, 1999.

mesmo tempo limitado pelo desempenho do Ensino Fundamental e pressionado pelos requisitos para o ingresso no ensino superior.

Além dessas dificuldades, o Ensino Médio defronta com duas expectativas: de um lado, deve completar a educação básica, preparando os jovens para a continuidade dos estudos em nível superior; de outro, deve preparar esses jovens para o ingresso no mundo do trabalho. Nesse contexto, o MEC destaca como justificativa principal para a reforma do Ensino Médio a necessidade de construção de um sistema educacional flexível, que evite exigir dos jovens opções precoces de profissionalização, mantendo para os trabalhadores adultos portas abertas para o prosseguimento da educação ao longo da vida.

São esses os princípios básicos que orientam as reformas curriculares e organizacionais do Ensino Médio, especialmente a polêmica proposta de organização dos conteúdos técnico-profissionalizantes das escolas técnicas federais numa forma modular — e a exigência de que os candidatos a essas escolas optem pelo curso técnico (núcleo comum + formação específica) ou pelo nível médio de educação geral (Salm e Fogaça, 1999).

Afora a reforma do ensino técnico, entre as atuais políticas dirigidas ao Ensino Médio destacam-se: os marcos legais estabelecidos pela nova Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDB), lei nº 9.394 de 20/12/96, a reorganização curricular introduzida pelas Diretrizes Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (DCNEM — 1998) e, mais recentemente, pelos Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (PCNEM — 1999).

Pela nova LDB, o Ensino Médio passa a ser concebido como etapa final da educação básica (art. 35), a ser efetivado mediante o dever do Estado de garantir a progressiva obrigatoriedade e gratuidade desse nível de educação (inciso II do art. 4º), com a finalidade de consolidar e aprofundar no educando os conhecimentos adquiridos no Ensino Fundamental e de fornecer-lhe preparação básica para o trabalho e a cidadania (art. 35).

Essas regulamentações introduzem alterações que precisam ser comentadas. Por um lado, a concepção do Ensino Médio como etapa final da educação básica avança positivamente na direção de um sistema nacional de educação estabelecido sobre diretrizes e bases comuns, numa perspectiva abrangente e universalizada.

A idéia de progressiva obrigatoriedade e gratuidade, assim como a de formação básica para a cidadania e o trabalho, articula-se com essa direção na medida em que propõe uma formação geral comum, cuja consistência envolve uma escolaridade mais prolongada. Em conjunto, essas concepções articulam-se em torno da idéia de terminalidade do Ensino Médio, concorrendo para a busca de sua identidade, para a ruptura da organização dualista de escolas profissionais, de um lado, e das escolas de ciências e humanidades, de outro, e ainda para a desconstrução da amesquinhada e consagrada visão de que o papel do Ensino Médio é garantir o acesso ao ensino superior.

É importante mencionar, entretanto, que a dupla obrigatoriedade (do Estado e do educando) de escolaridade de nível médio, consagrada originariamente na Constituição de 1988, foi alterada pela Emenda Constitucional nº 14/96, mediante o entendimento de que o Ensino Médio deixa de ser obrigatório para as pessoas, enquanto é dever do Estado oferecê-lo para todos aqueles que o desejarem. Essa reformulação relativiza a obrigatoriedade e o compromisso do Estado com a universalização desse nível de ensino.

---

**Um dos aspectos mais destacados pela literatura educacional atual diz respeito aos requisitos de escolaridade derivados da revolução tecnológica, que estaria a exigir uma população com, pelo menos, educação básica completa**

---

Do ponto de vista curricular, a LDB propõe uma educação comum de base científico-tecnológica e humanista. (art. 36). Apesar dos diferentes entendimentos do texto legal, não há nele prevalência da dimensão científico-tecnológica sobre a humanista, já que se trata de preparar o educando não apenas para o trabalho, mas também para a cidadania e para seu desenvolvimento como pessoa humana (art. 35).

É no artigo 26 que a nova LDB determina que o currículo do Ensino Médio seja construído sobre uma base nacional comum a ser complementada, no âmbito de cada sistema de ensino e de cada escola, por uma parte diversificada — como, de resto, já vem ocorrendo desde a legislação anterior, substituída pela nova LDB.

O estabelecimento dessa base curricular nacional comum coube, em primeira instância, ao Conselho Nacional de Educação (CNE) e, posteriormente, ao MEC. Com efeito, o Parecer CEB nº 15/98, de 01/06/98, apresentou, inicialmente, a proposta de regulamentação da base curricular nacional e de organização do Ensino Médio e teve como relatora a conselheira Guiomar Namó de Mello. Posteriormente, a Resolução nº 03/98, de 26/06/98, da Câmara de Educação Básica do Conselho Nacional de Educação, instituiu as Diretrizes Curriculares Nacionais do Ensino Médio (DCNEM), consubstanciadas num conjunto de definições doutrinárias sobre princípios, fundamentos e procedimentos a serem observados na organização pedagógica e curricular das escolas integrantes dos sistemas de Ensino Médio.

Num texto de alto teor literário e de difícil tradução legal e operacionalização material, as DCNEM postularam três tipos de princípios — estéticos, políticos e éticos — que, associados respectivamente à sensibilidade, à igualdade e à identidade, deverão nortear a prática administrativa, pedagógica e financeira das escolas e dos sistemas de ensino.

Assim, a estética da sensibilidade, a política de igualdade e a ética da identidade deverão fundamentar um novo conceito de Ensino Médio. A estética da sensibilidade pretende funcionar como uma alternativa à repetição e à padronização do ensino, um alternativa que dê lugar à criatividade, ao espírito inventivo, à curiosidade pelo inusitado e à afetividade. Essas dimensões, por sua vez, precisam estar apoiadas por “identidades capazes de suportar a inquietação, conviver com o incerto e o imprevisível, acolher e conviver com a diversidade, valorizar a qualidade, a delicadeza, a sutileza. A

política da igualdade no acesso aos bens sociais e culturais, o reconhecimento e o exercício dos direitos humanos e dos deveres e direitos da cidadania, o respeito ao bem comum, o protagonismo e a responsabilidade no âmbito político e privado; o reconhecimento, respeito e acolhimento da identidade do outro; a solidariedade, a responsabilidade e a reciprocidade como orientadora dos atos da vida devem ser princípios que informem todo o ato de ensinar e de aprender.”<sup>11</sup>

As propostas incluídas nas DCNEM abrangem a interdisciplinaridade, concebida como relações entre as disciplinas, de modo a integrar as competências que cada disciplina desenvolve, a contextualização do conhecimento, concebida tanto como concretização dos conteúdos em situações próximas e vivenciais quanto como articulação entre teoria e prática e, ainda, como instrumento pedagógico capaz de atribuir significado ao conhecimento escolar.

No plano cognitivo, as DCNEM limitam-se a propor três grandes áreas de conhecimento — “Linguagens e Códigos”; “Ciências da Natureza e Matemática” e “Ciências Humanas” — que incluem as tecnologias correlatas.

---

**Um novo conceito de Ensino Médio deverá ser fundamentado na estética da sensibilidade (dando lugar à criatividade, ao espírito inventivo, à curiosidade pelo inusitado e à afetividade), na política de igualdade e na ética da identidade**

---

Essas limitações das DCNEM talvez ajudem a entender o fato de o MEC ter tomado para si a tarefa de definir, para o currículo do Ensino Médio, um novo perfil que parte dos princípios definidos na LDB e propõe uma organização apoiada em competências básicas. Talvez o baixo perfil operacional das DCNEM explique também o fato de que a primeira versão dos PCNEM tenha sido elaborada sob a coordenação do então diretor do Departamento de Desenvolvimento de Educação Média e Tecnológica, prof. Ruy Berger.

Os PCNEM, na linha das diretrizes curriculares, afirmam buscar se contrapor ao ensino descontextualizado, compartimentado e baseado no acúmulo de informações, propondo um conhecimento escolar significativo, contextualizado e interdisciplinar. Esses parâmetros seguem uma orientação mais operacional e próxima a seus equivalentes para o currículo da escola fundamental, já que, além de difundir os princípios da reforma curricular, visam a orientar o professor na busca de novas abordagens e metodologias de ensino.

Os PCNEM partem do pressuposto de que a reforma curricular deve contemplar conteúdos e estratégias de aprendizagem que capacitem o aluno para a realização de atividades “nos três domínios da ação humana: *a vida em sociedade, a atividade produtiva e a experiência subjetiva*, visando à integração de homens e mulheres no triplice universo das relações políticas, do trabalho e da simbolização subjetiva” (p. 16).

Nessa perspectiva, os PCNEM incorporam, como diretrizes gerais e orientadoras da proposta curricular, as quatro premissas da Unesco para a educação na sociedade contemporânea: aprender a conhecer, na perspectiva da educação geral e da educação permanente; aprender a fazer, entendida como aplicação prática da teoria; aprender a viver, no sentido do reconhecimento da interdependência humana, e aprender a ser, como compromisso com o desenvolvimento integral da pessoa, o que supõe autonomia intelectual e capacidade crítica.

Os PCNEM mantêm a organização curricular em três áreas, como previsto nas DCNEM, e em todas elas é proposto ou um tratamento interdisciplinar e contextualizado do conhecimento, ou o desenvolvimento de competências e habilidades, ou ainda a apropriação das tecnologias produzidas ou utilizadas pelos conhecimentos da área.

Na área de “Linguagem, Códigos e suas Tecnologias”, a prioridade é dada à língua portuguesa, embora destaque também a importância do domínio de línguas estrangeiras e estejam presentes a informática e as artes. Incluem-se também as atividades físicas e desportivas como formas de comunicação e expressão (CEB/CNE, 1998, p. 21).

A aprendizagem da área de “Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias” inclui a compreensão e a utilização dos conhecimentos científicos, para explicar o funcionamento do mundo e para planejar, executar e avaliar as ações de intervenção na realidade (CEB/CNE, 1998).

Por último, a área de “Ciências Humanas e suas Tecnologias”, que engloba também a filosofia, visa a desenvolver no aluno competências e habilidades para a compreensão da sociedade como uma construção humana e dotada de historicidade; para que compreenda o espaço ocupado pelo homem, enquanto espaço construído e consumido, e os espaços de socia-

---

---

**Os PCNEM, na linha das diretrizes curriculares, afirmam buscar se contrapor ao ensino descontextualizado, compartimentado e baseado no acúmulo de informações, propondo um conhecimento escolar significativo, contextualizado e interdisciplinar**

---

---

---

---

**Os PCNEM incorporam, como diretrizes gerais e orientadoras da proposta curricular, as quatro premissas da Unesco para a educação na sociedade contemporânea: aprender a conhecer, aprender a fazer, aprender a viver e aprender a ser**

---

---

bilidade humana em âmbito coletivo, e para que construa a si próprio como agente social que intervém na sociedade, entre outras propostas da área (CEB/CNE, 1998: 22).

## O ENEM

O Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM) é um exame anual, aplicado pela primeira vez em 1998, destinado aos alunos em vias de concluir ou que já tenham concluído o Ensino Médio. Trata-se de um exame opcional para os alunos, cuja inscrição custa 20 reais (cerca de 11 dólares). Seus objetivos são (INEP/MEC 1999a):

*O objetivo fundamental de avaliar o desempenho do aluno ao término da escolaridade básica, para aferir o desenvolvimento das competências fundamentais ao exercício pleno da cidadania. Pretende, ainda, alcançar os seguintes objetivos específicos:*

*a. oferecer uma referência para que cada cidadão possa proceder à sua auto-avaliação com vista às escolhas futuras, tanto em relação ao mercado de trabalho quanto em relação à continuidade de estudos;*

*b. estruturar uma avaliação da educação básica que sirva como modalidade alternativa ou complementar aos processos de seleção nos diferentes setores do mundo do trabalho;*

*c. estruturar uma avaliação da educação básica que sirva como modalidade alternativa ou complementar aos exames de acesso aos cursos profissionalizantes pós-médios e ao ensino superior.*

Já em seu segundo ano de operacionalização, o ENEM passou a ser utilizado como modalidade alternativa, de modo integral ou parcial, para seleção a vagas disponibilizadas por 61 instituições de ensino superior, incluindo algumas universidades de elevado prestígio acadêmico. Muito embora a utilização do ENEM no processo seletivo de algumas instituições tenha implicado polêmicas no seio de campi universitários (Krasilchik, 1999), prevaleceu a adesão e, com isso, o número de inscritos efetivamente realizando o exame subiu de cerca de 110 mil em 1998 para mais de 320 mil em 1999.

O ENEM tem buscado estreitar relações com as iniciativas voltadas para a reforma do Ensino Médio no Brasil. Por ser uma iniciativa extremamente recente, é difícil apresentar uma avaliação precisa do significado do ENEM no âmbito da educação brasileira. No entanto, essa iniciativa parece estar associada à perspectiva de “reforma fomentada pela avaliação” (Linn, 1995). A mencionada utilização de resultados do ENEM em processos seletivos para o ensino superior é um dado relevante na medida em que avaliações que pretendam catalisar reformas precisam ter presença expressiva no cotidiano do nível de ensino alvo de propostas de reforma.

O exame consiste de uma prova de múltipla escolha, contendo 63 questões, e de uma redação. A preparação da prova baseia-se em uma matriz de competências elaborada para o ENEM. A confecção dessa matriz objetivava romper com o isolamento das disciplinas do Ensino Médio e promover a “colaboração, complementaridade e integração entre os conteúdos das diversas áreas do conhecimento presentes nas propostas curriculares das escolas brasileiras de Ensino Fundamental e Médio” (MEC/SEMTEC, 1999). A matriz estrutura-se a partir dos conceitos de *competência* e de *habilidades associadas aos conteúdos do Ensino Fundamental e Médio*. Esses conceitos são apresentados no Documento Básico do ENEM (INEP/MEC 1999a):

---

**O ENEM, que tem buscado estreitar relações com as iniciativas voltadas para a reforma do Ensino Médio no Brasil, parece estar associado à perspectiva de ‘reforma fomentada pela avaliação’**

---

**Competências** são as modalidades estruturais da inteligência, ou melhor, ações e operações que utilizamos para estabelecer relações com e entre objetos, situações, fenômenos e pessoas que desejamos conhecer. As **habilidades** decorrem das competências adquiridas e referem-se ao plano imediato do 'saber fazer'. Através das ações e operações, as habilidades aperfeiçoam-se e articulam-se, possibilitando nova reorganização das competências.

Insiste-se que a competência de leitura, escrita, interpretação e expressão não se desenvolve exclusivamente no âmbito do ensino e da aprendizagem da língua portuguesa, estando presente no conjunto das atividades pedagógicas. A operacionalização do ideal de rompimento do isolamento das áreas e disciplinas é desenvolvida precisamente pelo papel que pode ser desempenhado pela linguagem, incluindo a linguagem matemática, no cotidiano da escola. Por essa via, estimulam-se integrações entre as disciplinas que estão aquém dos padrões de interação capazes de efetivamente romper o insulamento das disciplinas escolares (Young, 1998). Em outras palavras, oferecem-se como passaporte à modernidade interações que, embora necessárias, são básicas e só deixam de estar presentes desde longa data no cotidiano de todas as escolas por carências estruturais do sistema educacional brasileiro<sup>2</sup>. O Documento Básico do ENEM apresenta cinco competências globais, que orientam a confecção dos instrumentos do exame. São elas (INEP/MEC 1999a):

---

**A confecção do ENEM é orientada por cinco competências globais, as quais são desdobradas em 21 habilidades, que, por sua vez, fornecem as bases para as 63 questões do exame, de modo que cada habilidade seja testada por três questões**

---

*I. Demonstrar domínio básico da norma culta da língua portuguesa e do uso das diferentes linguagens: matemática, artística, científica etc.*

*II. Construir e aplicar conceitos das várias áreas do conhecimento para a compreensão de fenômenos naturais, de processos histórico-geográficos, da produção tecnológica e das manifestações artísticas.*

*III. Selecionar, organizar, relacionar e interpretar dados e informações representados de diferentes formas, para enfrentar situações-problema, segundo uma visão crítica com vista à tomada de decisões.*

*IV. Organizar informações e conhecimentos disponíveis em situações concretas, para a construção de argumentações consistentes.*

*V. Recorrer aos conhecimentos desenvolvidos na escola para elaboração de propostas de intervenção solidária na realidade, considerando a diversidade sociocultural como inerente à condição humana no tempo e no espaço.*

Essas competências globais são desdobradas em 21 habilidades, formuladas de modo articulado com os conteúdos curriculares do Ensino Fundamental e Médio. As habilidades fornecem as bases para a preparação das 63 questões, de modo que cada habilidade seja testada por três questões. Deve ser enfatizado que da articulação entre competências e conteúdos curriculares emergem habilidades que, em sua grande maioria, privilegiam o ensino de ciências, em detrimento dos temas sociais. Ainda com relação à análise das habilidades, deve ser destacado que há tanto orientações sintonizadas com posições desenvolvidas por pesquisadores ligados às didáticas específicas, em especial na área de ciências, quanto tendências claramente regressivas, como a que articula o papel da literatura na educação com a identificação de movimentos literários.

Esses fatores relativizam a noção de que o ENEM estaria sintonizado com um movimento de renovação e modernização progressista da educação básica. Além disso, a consolidação do ENEM como uma referência nacional para acesso ao ensino superior e ao ensino pós-médio concentraria, de maneira inusitada no país, a influência da avaliação no Ensino Médio. Isso parece problemático, a julgar pela influência negativa de avaliações centralizadas de acesso ao ensino superior, em âmbito regional, na década de 70 e em parte da década de 80. Contrastando com nossa cautela na avaliação inicial do ENEM, houve recepção positiva desse exame por parte de alguns atores formadores de opinião, em especial os vinculados à imprensa. Esses atores vislumbram no ENEM uma alternativa ao caráter formalista e ultrapassado do Ensino Médio e do vestibular.

A mencionada divergência de posicionamento reflete, ao menos em parte, o caráter ainda bastante inicial da análise do significado do ENEM no contexto das políticas públicas de educação. A respeito especificamente do aproveitamento do ENEM como parte do processo seletivo para entrada no ensino superior, é importante considerar as reflexões de Krasilchik (1999) sobre o vestibular da USP. Essa autora questionou a forma de tomada de decisão por parte da universidade, enfatizou as limitações de reformas baseadas em avaliações como estratégia para a melhoria do ensino e concluiu perguntando se não seria mais adequado que a universidade fizesse “ampla e profunda discussão sobre o assunto, antes de entrar, apressadamente, em uma empreitada em que há tantos aspectos controversos”.

## **Conclusões**

Em diversas passagens deste artigo enfatizamos que o ENEM é uma iniciativa recente, o que tem dificultado a análise de seu significado. Foi ainda destacado que o ENEM parece ter a função de fomentar a reforma do Ensino Médio. A evolução do ENEM, bem como a análise de suas características constitutivas, indicam a plausibilidade desse tipo de análise. No entanto, faz-se necessário levar em consideração que as políticas públicas de avaliação da educação tiveram grande desenvolvimento nos últimos anos. Já no que se refere às iniciativas de reforma educacional, as atenções do MEC concentraram-se inicialmente no Ensino Fundamental, só se voltando para as questões do Ensino Médio mais recentemente. Muito embora haja evidências de que o componente de avaliação da política educacional tenha mantido interações e articulações com os demais aspectos da política educacional, é inegável que no caso do Ensino Médio a avaliação deslanchou à frente dos demais aspectos da política. Por isso, é provável que haja ajustes importantes a fazer entre a avaliação e a reforma do Ensino Médio, com implicações que podem repercutir no próprio desenvolvimento do ENEM.

Finalmente, deve ser destacado que a implementação de medidas de política educacional para o Ensino Médio tem sido feita de modo tal que os instrumentos normativos mais específicos reorientam os mais gerais, característica já observada por Cunha (1997) em sua análise da reforma do ensino superior. No caso do Ensino Médio, o exemplo mais gritante desse tipo de reorientação refere-se à ênfase da matriz de competências do ENEM em habilidades relacionadas com a área de ciências, a despeito de os textos da LDB e das DCEM equacionarem de forma balanceada o papel das linguagens das ciências e das humanidades no Ensino Médio.

---

---

**A implementação de medidas de política educacional para o ensino médio tem sido feita de modo tal que os instrumentos normativos mais específicos reorientam os mais gerais. No ENEM, enfatiza-se habilidades relacionadas com a área de ciências, a despeito da LDB e das DCEM equacionarem ciências e humanidades de forma balanceada**

---

---

## Notas

1. CEB/CNE. Diretrizes Curriculares Nacionais para o Ensino Médio, Brasília, 1998.
2. A discussão sobre as características das interações capazes de romper o insulamento disciplinar e sintonizadas com as exigências contemporâneas estão além dos objetivos do presente artigo, mas são desenvolvidas em Franco (submetido).

## Referências bibliográficas

- BOMENY, H., org. *Avaliação e determinação de padrões na educação latino-americana: realidades e desafios*. Rio de Janeiro: Fundação Getúlio Vargas, 1997.
- BONAMINO, A. e FRANCO, C. Avaliação e política educacionais: o processo de institucionalização do SAEB. *Cadernos de Pesquisa*, 1999, no prelo.
- CASTRO, C.M. e CARNOY, M., orgs. *Como anda a reforma da educação na América Latina?* Rio de Janeiro: Fundação Getúlio Vargas, 1997.
- CONSELHO NACIONAL DE EDUCAÇÃO. *Diretrizes Curriculares Nacionais para o Ensino Médio*. Resolução CBE nº 3, de 26 de Junho de 1998.
- CUNHA, L.A. Nova reforma do ensino superior: a lógica reconstruída. *Cadernos de Pesquisa*, n. 101, p. 20-49, 1997.
- FRANCO, C. Sociedade de risco, incerteza e educação. (Submetido)
- FRANCO, M. A. C. e FRIGOTTO, G. Provão: formalismo, autoritarismo e anti-autonomia universitária. *Universidade e Sociedade*, v. 7, n. 12, p. 24-27, 1997.
- INEP/MEC. *Avaliação de concluintes do ensino médio em nove estados – 1997*. Brasília: INEP, 1998.
- INEP/MEC. *ENEM – Documento básico*. Brasília, 1999a, mimeografado.
- INEP/MEC. *Exame Nacional do Ensino Médio 1998: relatório final*. INEP, Brasília, 1999b.
- KRASILSHIK, M. Vestibular 2000: onde estão as lentilhas? *Jornal da USP*, 17 a 23 de Maio de 1999, p. 2.
- LAUGLO, J. Crítica às prioridades e estratégias do Banco Mundial para a educação. *Cadernos de Pesquisa*, n. 100, p. 11-36, 1997.
- LINN, R. *Assessment-based reform: challenges to educational measurement*. Princeton, NJ: Educational Testing Service (William H. Angoff Memorial Lecture Series), 1995.
- MEC/SEMTEC. *Parâmetros Curriculares Nacionais - Ensino Médio*. Parte I - Bases Legais. Brasília, 1999.
- MENEZES, L.C.; KAWAMURA, M.R. e HOSOUME, Y. A física na reforma do ensino médio. In: *Atas do VI Encontro de Pesquisadores em Ensino de Física*. Florianópolis: Sociedade Brasileira de Física, 1998.
- MOREIRA, A.F.B. Neoliberalismo, currículo nacional e avaliação. In: SILVA, L.H. e AZEVEDO, J.C., orgs. *Reestruturação curricular: teoria e prática no cotidiano da escola*. Petrópolis/RJ: Vozes, 1995.
- ROCHA BORBA, M. Z. *Reforma do Estado - reformas educacionais: uma perspectiva macro das políticas públicas educacionais do governo Fernando Henrique Cardoso*. XXII REUNIÃO ANUAL DA ANPOCS, Caxambu, out. 1998, mimeografado.
- SALM, C. e FOGAÇA, A. A propósito do seminário sobre educação, força de trabalho e competitividade. In: VELLOSO, J.P.R. e ALBUQUERQUE, R. C. de (orgs.). *Um modelo de educação para o século XXI*. Rio de Janeiro: José Olympio, 1999.
- TORRES, R.M. Melhorar a qualidade da educação básica? As estratégias do Banco Mundial. In: TOMMASI, L. de; WARDE, M.J. e HADDAD, S., orgs. *O Banco Mundial e as políticas educacionais*. São Paulo: Cortez, 1996.
- YOUNG, M. Towards a curriculum for the 21st century. *Studies in Science Education*, v. 32, p. 1-20, 1998.
- Para saber mais
- LOPES, A.R.C. O ensino médio em questão. *Química Nova na Escola*. n. 7, p. 11-14, maio 1998,.
- TORRES, R.M. Melhorar a qualidade da educação básica? As estratégias do Banco Mundial. Em TOMMASI, L. de; WARDE, M.J. e HADDAD, S., org. *O Banco Mundial e as políticas educacionais*. São Paulo: Cortez, 1996.



## O Ensino Médio em Questão \*

**M**uito provavelmente, os leitores e leitoras de *Química Nova na Escola* têm acompanhado na mídia as constantes notícias sobre as mudanças curriculares em curso no Brasil, bem como as propostas de mudança ainda em fase de elaboração: municipalização das escolas de nível fundamental; definição dos parâmetros curriculares nacionais (PCN) de 1ª a 4ª séries (já concluída) e dos PCN de 5ª a 8ª séries (em fase de avaliação por diferentes instituições); empreendimento de projetos de educação a distância; regulamentação da educação profissional através do Decreto 2208 de 17 de abril de 1997; organização de políticas de avaliação das escolas, dentre as quais se inclui o Exame Nacional de Ensino Médio ('Provão' do Ensino Médio).

O Ministério da Educação (MEC) afirma a necessidade dessa reformulação em virtude de, nos últimos anos, o número de matrículas na primeira série do Ensino Médio ser maior que o número de formados na oitava série do Ensino Fundamental. Ou seja, está havendo um retorno de alunos à escola, muito provavelmente em função do desemprego crescente que tem tornado o mercado de trabalho cada vez mais seletivo e competitivo: frequentemente, exige-se formação de nível médio não apenas para funções mais complexas, mas sobretudo para funções que poderiam ser exercidas por pessoas apenas com nível fundamental. Trata-se de utilizar o certificado de nível médio como fator de pré-seleção dos inúmeros desempregados candidatos ao cargo. Tal contexto acarreta, segundo o MEC, uma necessidade de expandir a rede, devido a sua incapacidade de absorver a demanda crescente pelo Ensino Médio, bem como acarreta a necessidade de melhoria da qualidade do Ensino Médio e sua adequação às novas conquistas tecnológicas.

Visando a atender a esses objetivos, o MEC encaminhou ao Conselho Nacional de Educação a

**Alice Ribeiro Casimiro Lopes**

Faculdade de Educação da Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro - RJ

---

O editorial do número 6 de *Química Nova na Escola* apontava para a necessidade de reflexão sobre as atuais políticas curriculares, em especial sobre a proposta de mudança das políticas curriculares para o Ensino Médio. Este artigo tem por objetivo contribuir para essa reflexão, através da análise crítica do texto da proposta de resolução que estabelece a organização curricular e a base nacional comum do Ensino Médio, em fase de debates e, portanto, sujeita a modificações, no Conselho Nacional de Educação.

---

*ensino médio, currículo, disciplina*

\* Este artigo foi publicado originalmente na revista *Química Nova na Escola* n. 7, 1998.

proposta de resolução que estabelece a organização curricular e a base nacional comum do Ensino Médio. Neste artigo, procurarei efetuar uma análise crítica dessa proposta, tendo em vista suas possíveis conseqüências para o ensino de química e para o currículo escolar como um todo. Argumento que a atual proposta de mudança da organização curricular do Ensino Médio não atende aos objetivos que pretende alcançar — flexibilização e modernização curricular —, bem como abre caminho para possíveis ações excludentes.

## **Análise preliminar da proposta de organização curricular para o Ensino Médio**

No artigo primeiro da proposta de resolução, estabelece-se que a base nacional comum (mencionada no art. 26 da nova LDB) corresponderá a pelo menos 75% da carga horária mínima de 2 400 horas prevista na LDB para o Ensino Médio (três séries com no mínimo 800 horas cada), organizadas nas áreas de conhecimento *Códigos e Linguagens, Ciência e Tecnologia e Sociedade e Cultura*. Segundo a exposição de motivos da resolução, a base nacional comum deve *garantir o desenvolvimento de competências e habilidades básicas comuns que cada brasileiro deverá possuir e servirá de parâmetro para a avaliação desse ensino em nível nacional* (p. 2). Por outro lado, a proposta de resolução afirma que a base nacional comum não deve constituir uma camisa de força que restrinja a capacidade dos sistemas e dos estabelecimentos de ensino, pois a flexibilidade será assegurada tanto na organização dos conteúdos, na metodologia e na avaliação.

O ponto central desse primeiro artigo situa-se na idéia mesma de um currículo nacional, idéia essa que vem sendo contestada por um número significativo de membros da comunidade de pesquisadores e pesquisadoras em currículo e em educação. Trata-se do estabelecimento de uma política do conhecimento oficial, que objetiva definir uma cultura comum em uma sociedade eminentemente dividida em classes e interesses, uma sociedade essencialmente plural e multicultural. A partir de uma política centralizadora, iguala-se qualidade a um padrão previamente estabelecido oficialmente, segundo o qual todos serão avaliados. Com isso, são negadas as mais diferentes propostas alternativas ao modelo oficial, contrárias ao padrão hegemônico. Ainda que defendêssemos a idéia de um currículo comum, como base para uma educação democrática e igualitária, este deveria ser decidido através de debates com diferentes segmentos da sociedade civil organizada.

Podemos igualmente questionar a colocação da competência *aprender a aprender* como *fundamental para inserção numa dinâmica social que se reestrutura continuamente*, feita na exposição de motivos da resolução (p. 4). Esse destaque é associado a quatro alicerces também citados na exposição de motivos: *aprender a conhecer, aprender a fazer, aprender a ser e aprender a viver* (p. 4). A reflexão básica sobre esses alicerces situa-se no fato de que, dessa maneira, constitui-se um conjunto de competências que coloca a educação, e especialmente a educação formal, como determinante de uma amplitude de aprendizados muito além de seus domínios. É bastante questionável a idéia de que se aprenda *a viver e a ser* na escola. Dessa forma, como serão compreendidos os que não freqüentam a

---

**A proposta de resolução afirma que a base nacional comum não deve constituir uma camisa de força que restrinja a capacidade dos sistemas e dos estabelecimentos de ensino**

---

---

**É bastante questionável a idéia de que se aprenda a viver e a ser na escola. Dessa forma, como serão compreendidos os que não freqüentam a escola: não conhecem, não fazem, não são, não vivem?**

---

escola: não conhecem, não fazem, não são, não vivem? A escola, sem dúvida, é uma instituição primordial na produção e reprodução de saberes, porém não é o único local da sociedade onde aprendemos e produzimos conhecimento. Conferir esse papel à escola é negar tantas outras formas de aprendizado e conhecimento extra-escolares que existem na sociedade.

Por sua vez, no parágrafo primeiro do artigo primeiro da referida proposta de resolução, estabelece-se que as áreas de conhecimento *deverão ter tratamento metodológico que evidencie a inter e a transdisciplinaridade desses conhecimentos, os quais deverão ter revisões periódicas*. Nesse ponto, é preciso salientar que é consenso educacional a defesa de maior diálogo entre as disciplinas, de trabalhos integrados, voltados para temas e projetos que inter-relacionem conceitos de diferentes campos de conhecimento, capazes de minimizar a fragmentação do conhecimento e seu entendimento como um conjunto de idéias dissociadas e sem relação com a vida social concreta.

Contudo, a proposta de resolução carece de clareza e de definição de alternativas. Seu texto parece não se decidir quanto à integração ou não das áreas previstas, pois justifica a necessidade da estruturação por áreas *por assegurar uma educação científica e tecnológica, onde conceito, aplicação e solução de problemas concretos são combinados com uma revisão dos componentes socioculturais, os quais devem ser infiltrados por uma visão epistemológica que concilie humanismo e tecnologia ou humanismo numa sociedade de tecnologia* (p. 5). Essa justificativa parece se deter em dicotomias que se quer superadas: humanismo e tecnologia, ciência e cultura, sociedade e ciência, sociedade e cultura. Além de ser muito mais enfática quanto a uma formação em ciência e tecnologia, como se esse fosse o objetivo maior a ser alcançado que exige, suplementarmente, o apoio dos componentes socioculturais.

A própria definição das áreas de conhecimento, constante do parágrafo primeiro, não as integra, não estabelece relações, ficando as áreas de *Códigos e Linguagens, Ciência e Tecnologia e Sociedade e Cultura* expressas como compartimentos estanques. Inclusive, as possíveis associações entre disciplinas, citadas na exposição de motivos, são aquelas já realizadas em muitas de nossas escolas: história, sociologia e geografia, química e física. Não são feitas referências às possíveis relações entre disciplinas da área de *Sociedade e Cultura* e disciplinas da área de *Ciência e Tecnologia*, exceto no caso da geografia, que já se situa em um campo interdisciplinar dessas duas áreas. Por que não se propor a romper efetivamente com compartimentos estanques de conhecimento, identificando possíveis relações entre literatura e química ou história e física?

Por outro lado, na forma como a proposta de legislação se apresenta, o tratamento trans ou interdisciplinar pode ser utilizado facilmente como 'solução' para a constante carência de professores em áreas diversas. Por exemplo, se não há professores de química, deixa-se a cargo do professor de física o ensino da área *Ciência e Tecnologia*. Essa é uma questão especialmente delicada, pois o trabalho integrado pode se tornar apenas uma forma de mascarar as constantes deficiências educacionais de nosso país, o que pode acarretar uma fragilização ainda maior dos conceitos ensinados nas escolas.

Como mais uma demonstração de que a proposta de organização curricular para o Ensino Médio concentra-se em uma perspectiva muito pouco inovadora, os parágrafos segundo e quarto do artigo

---

---

**A escola, sem dúvida, é uma instituição primordial na produção e reprodução de saberes, porém não é o único local da sociedade onde aprendemos e produzimos conhecimento. Conferir esse papel à escola é negar tantas outras formas de aprendizado e conhecimento extra-escolares que existem na sociedade**

---

---

primeiro da resolução estabelecem que artes e educação física serão componentes curriculares obrigatórios (como prevê o artigo 26 parágrafos segundo e terceiro da LDB), desenvolvidos sob a forma de atividades, enquanto sociologia e filosofia serão trabalhados interdisciplinarmente.

Nesse momento, cabe a pergunta: no que isso difere do tratamento secundário que essas disciplinas historicamente têm sofrido na hierarquia das disciplinas escolares? Se o tratamento metodológico de todo currículo deve ser inter ou transdisciplinar, por que estabelecer que algumas disciplinas especificamente merecem na legislação esse tratamento e outras não? Ou seja, são propostas novas formas de trabalho para além das disciplinas, mas no caso de algumas disciplinas essa nova forma é facultativa, enquanto para outras é obrigatória.

No artigo segundo, a proposta de resolução estabelece que os sistemas de ensino emitirão normas complementares que assegurem a integração das áreas de conhecimento na organização das matrizes curriculares, do conjunto de competências e habilidades, bases para a construção do padrão nacional para o Ensino Médio. Segundo a exposição de motivos (p. 12), a concepção curricular desenvolvida no documento sustenta-se em uma visão de educação por competências. Ou, como mais explicitamente uma versão primeira do documento da Secretaria de Educação Média e Tecnológica (SEMTEC) declara: a pedagogia do currículo cederá lugar a uma pedagogia das competências.

As perguntas que mais freqüentemente vêm a nós educadores a respeito de questões como essa são: a quem interessa a definição de competências? A quem compete definir as competências? Para que e para quem servem os perfis de competência? Afinal, não existem critérios absolutos, ou mesmo consensuais, em qualquer área do conhecimento, quanto ao que significa ser competente, ou que explicitem as habilidades, conhecimentos e atitudes efetivamente necessárias, ou mesmo quanto aos problemas para os quais temos de propor soluções. Caso cada leitor e cada leitora procurar responder a essas questões, especificamente para a formação em química, concluirá facilmente como são múltiplas as respostas, atendendo a interesses sociais diversos, nas mais diversas regiões do país e nas mais diversas classes e grupos sociais. Por outro lado, o que será feito daqueles que, segundo os padrões oficiais de competência, forem avaliados como incompetentes? Estarão relegados à exclusão?

Nos artigos terceiro e quarto, a proposta de resolução estabelece os princípios de organização da parte diversificada. A parte diversificada do Ensino Médio corresponderá a 25% da carga horária mínima de 2 400 horas e poderá desenvolver o aprofundamento de *um ou mais* conteúdos das áreas da base comum nacional e/ou conteúdo específicos de preparação para o trabalho. Esses conteúdos específicos para o trabalho poderão ser aproveitados em eventual habilitação profissional, como prevê o artigo quinto do Decreto 2 208/97. Os conteúdos da parte diversificada poderão ser desenvolvidos no próprio estabelecimento de ensino ou em cooperação com instituições especializadas, o que também nos remete ao Decreto 2 208/97, que prevê a possibilidade de o aluno do Ensino Médio de uma escola propedêutica cursar a parte diversificada, base de uma habilitação específica, em uma escola técnica.

---

---

**Se o tratamento metodológico de todo currículo deve ser inter ou transdisciplinar, por que estabelecer que algumas disciplinas especificamente merecem na legislação esse tratamento e outras não?**

---

---

---

---

**O que será feito daqueles que, segundo os padrões oficiais de competência, forem avaliados como incompetentes? Estarão relegados à exclusão?**

---

---

Segundo o MEC, a articulação entre as duas modalidades de ensino — Ensino Médio e ensino técnico — será assegurada pela base comum nacional de conhecimentos e habilidades, que terá como eixo o enfoque na educação para uma sociedade tecnológica (Brasil, p. 2). Mas, ao contrário, podemos constatar que essa articulação, quando houver, será realizada através da parte diversificada.

No entanto, no texto da proposta de resolução há uma clara indefinição do que vem a ser essa parte diversificada. A exposição de motivos da resolução tampouco a define melhor: seria a carga horária do currículo destinada a atender às demandas regionais, à formação para o trabalho, às prioridades da unidade escolar e à inserção do educando na construção do currículo e/ou aprofundamento em uma disciplina ou área. Essa indefinição estende-se à organização curricular: a parte diversificada pode ser realizada sob a forma de disciplinas, módulos ou projetos.

Tal nível de indefinição — freqüentemente traduzido como maior flexibilização — pode levar a que nada se altere na prática pedagógica concreta das escolas. Afinal, se as escolas de nível médio permanecerem com as grades curriculares atuais, não estarão descumprindo essencialmente as exigências legais. Trata-se de uma possibilidade negativa, porque efetivamente existem problemas no Ensino Médio que estão a exigir reformulações efetivas. Mas é negativa sobretudo porque contribuirá, certamente, para a consolidação da idéia de que as políticas públicas fornecem os meios e as possibilidades: se as mudanças não acontecem, isso é responsabilidade de professores e professoras mal-preparados.

## Conclusões

A melhoria da qualidade, segundo o MEC, será alcançada através da avaliação quanto ao cumprimento ou não das matrizes curriculares, competências e habilidades definidas como base comum nacional. Dessa forma, o Ministério objetiva produzir uma referência nacional e uniforme aos indivíduos com escolaridade de nível médio. Em outras palavras, desse modo políticas neoliberais organizam formas de fazer explicitamente com que a escola cumpra a função social de seleção, classificação e hierarquização de todos aqueles que irão competir no mercado de trabalho cada vez mais restrito e seletivo. Um exemplo de como esse processo se efetiva na prática é o fato de algumas empresas estarem exigindo o resultado do Exame Nacional de Cursos Superiores (o 'Provão' do Ensino Superior) aos recém-formados candidatos a empregos. Futuramente, o mesmo poderá acontecer com os recém-formados de nível médio.

A questão central a ser colocada refere-se aos princípios curriculares em jogo. Constatamos que, em vez de serem estabelecidos princípios gerais de seleção e organização curriculares, capazes de servir como orientação para as escolas e os sistemas de ensino no sentido de um trabalho curricular de qualidade, voltado para a construção de relações não-excludentes, são estabelecidos padrões de competência com o objetivo de avaliar professores, alunos e sistemas de ensino. Assim, constrói-se uma política de conhecimento oficial que pode, mais uma vez, responsabilizar professoras e professores pelos problemas educacionais.

---

**Segundo o MEC, a articulação entre as duas modalidades de ensino – Ensino Médio e ensino técnico – será assegurada pela base comum nacional de conhecimentos e habilidades, que terá como eixo o enfoque na educação para uma sociedade tecnológica**

---

---

**Em vez de serem estabelecidos princípios gerais de seleção e organização curriculares, (...) constrói-se uma política de conhecimento oficial que pode, mais uma vez, responsabilizar professoras e professores pelos problemas educacionais**

---

Ao contrário, podemos constatar que anos de descompromisso com a educação pública neste país é que são responsáveis pela atual situação de nossas escolas. Uma situação que, para mudar, exige muito mais do que novas propostas de organização curricular.

Cabe, então, a todos nós, como coletivo de educadores e educadoras, nos posicionar sobre a questão, intelectual e politicamente. Para tanto, devemos questionar coletivamente as políticas implementadas e as que ainda estão em fase de deliberação, como a reforma do Ensino Médio. Questionamento esse que tanto deve ser feito no nível macro, pelo trabalho político para modificação das determinações legais e das políticas públicas para a educação, como no nível micro, em nossas práticas pedagógicas cotidianas. Nessas práticas, cabe-nos ocupar todo espaço possível de contraposição a essa lógica dominante.

### **Referências bibliográficas**

BRASIL. Ministério da Educação e do Desporto, Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais, Diretoria de Avaliação e Acesso ao Ensino Superior, Diretoria de Avaliação da Educação Básica. *Exame Nacional de Ensino Médio*. Brasília, 14 de abril de 1997.

### **Para saber mais**

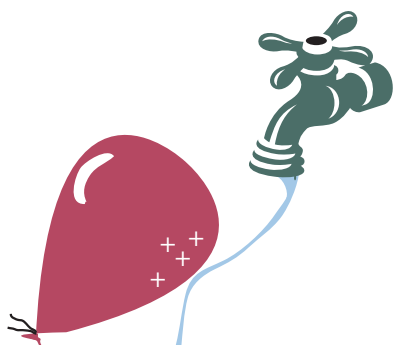
Ao contrário do que se pode pensar inicialmente, as atuais mudanças curriculares em pauta no Brasil não são um fenômeno educacional isolado. Em países como Espanha, Chile, Argentina, Inglaterra e Estados Unidos, propostas similares são implementadas, no contexto do processo de restauração política conservadora que acontece no mundo globalizado, fruto das políticas neoliberais. Se você tem interesse em conhecer mais profundamente as críticas feitas à idéia de um currículo nacional, recomendo a leitura dos textos abaixo.

APPLE, Michael. A política do conhecimento oficial: faz sentido a idéia de um currículo nacional? MOREIRA, Antonio Flavio B. e SILVA, Tomaz Tadeu da (orgs.). *Currículo, cultura e sociedade*. São Paulo: Cortez, 1994. p. 59-92.

\_\_\_\_\_. *Conhecimento Oficial – a educação democrática numa era conservadora*. Petrópolis: Vozes, 1997. Se você tem interesse em conhecer mais profundamente as críticas feitas às atuais propostas educacionais no Brasil, recomendo a leitura de:

MOREIRA, Antonio Flavio Barbosa. Neoliberalismo, currículo nacional e avaliação. In: SILVA, Luiz Heron da e AZEVEDO, José Clóvis de (org.). *Reestruturação curricular*. Petrópolis: Vozes, 1995. P. 94-107.

SILVA, Tomaz Tadeu da & GENTILI, Pablo (orgs.). *Escola S. A. — quem ganha e quem perde no mercado educacional do neoliberalismo*. Brasília: CNTE, 1996.



# Propostas de Experimentos de Baixo Custo Centradas no Aluno e na Comunidade

**U**m dos grandes desafios atuais do ensino de ciências nas escolas de nível Fundamental e Médio é construir uma ponte entre o conhecimento ensinado e o mundo cotidiano dos alunos. Não raro, a ausência deste vínculo gera apatia e distanciamento entre os alunos e atinge também os próprios professores. Ao se restringirem a uma abordagem estritamente formal, eles acabam não contemplando as várias possibilidades que existem para tornar a ciência mais “palpável” e associá-la com os avanços científicos e tecnológicos atuais que afetam diretamente a nossa sociedade.

Embora a falta de recursos financeiros e o pouco tempo de que os educadores dispõem para conceber aulas mais atraentes e motivadoras sejam fatores que contribuam para o cenário dominante nas escolas, talvez o obstáculo mais decisivo seja de natureza cultural. Nesse contexto, propomos uma metodologia de ensino de ciências simples, factível e de baixo custo e, mais importante ainda, que leve em conta a participação dos alunos no processo de aprendizado. Essa proposta tem sido testada com sucesso em cursos de física básica voltados para as licenciaturas em ciências da UFMG e em oficinas de criatividade oferecidas a professores do ensino Médio e Fundamental e ao público em geral, incluindo crianças e adolescentes. Nessa perspectiva, uma maior aproximação da escola com a comunidade é também contemplada.

## Por um ensino mais participativo

O nosso ponto de partida é a construção do conhecimento *pelos* alunos e *para* os alunos, no qual o papel do professor seja essencialmente o de um facilitador do processo pedagógico. Para tanto ele deve ser capaz de gerar um ambiente favorável ao trabalho em equipe e à manifestação da criatividade dos seus alunos por intermédio de pequenos desafios

## Eduardo de Campos Valadares

Departamento de Física da Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte - MG

---

Neste artigo é apresentada uma proposta de inserção de experimentos de baixo custo no ensino de ciências centrado no aluno e na comunidade. São salientados o seu potencial de ampliar a motivação, o entusiasmo e o interesse pela ciência e suas aplicações práticas.

*experimentos de baixo custo, criatividade, comunidade*

---

Este artigo foi publicado originalmente na revista *Química Nova na Escola* n. 13, 2001.

que permitam avanços graduais. É de se esperar que tais mudanças levem algum tempo. A inclusão de protótipos e experimentos simples em nossas aulas tem sido um fator decisivo para estimular os alunos a adotar uma atitude mais empreendedora e a romper com a passividade que, em geral, lhes é subliminarmente imposta nos esquemas tradicionais de ensino. Os projetos que temos priorizado utilizam basicamente materiais reciclados e de baixo custo. Isto torna os projetos acessíveis a *todas* as escolas, especialmente aquelas carentes de recursos financeiros.

Uma idéia dominante em nossa proposta é o uso de protótipos e experimentos como instrumentos de descoberta, que permitem a alunos e professores desenvolver atitudes científicas em contextos relevantes ao nosso dia-a-dia. Temos observado que quanto mais simples e conceitual é o experimento ou protótipo, tanto mais instrutivo e atraente ele se torna. Nessa linha de atuação, o professor pode e deve instigar seus alunos a simplificar os experimentos e protótipos até reduzi-los a um mínimo em termos de materiais empregados, minimizando custos e maximizando o valor pedagógico de cada projeto específico. Essa estratégia permite aos alunos desenvolver novas habilidades e a capacidade de buscar soluções alternativas e mais baratas, que é a base de grande parte da pesquisa e desenvolvimento realizados nos laboratórios tecnológicos. Desse modo, a escola dá uma oportunidade única a seus alunos de vivenciar concretamente o conhecimento “construído” por eles próprios e de internalizar o significado dos conceitos científicos aplicados a contextos bem-definidos. Tudo isso em um ambiente favorável ao desenvolvimento social, científico, tecnológico e pessoal dos alunos.

Uma etapa fundamental de nossa proposta é a apresentação em sala de aula dos trabalhos desenvolvidos pelas equipes de alunos. Com isso eles podem aperfeiçoar a sua capacidade de se expressar de forma clara, sucinta e objetiva, ressaltando o que é essencial, tendo à mão dispositivos que lhes permitem visualizar as idéias e os conceitos subjacentes.

Um passo posterior é a organização de exposições interativas do acervo desenvolvido no âmbito da escola, voltadas para o grande público.

### **Da sala de aula para a comunidade**

As feiras de ciências constituem um bom exemplo de atividades voltadas para aumentar a motivação dos alunos. Entretanto, além de esporádicas, elas são, quase sempre, desvinculadas das práticas pedagógicas adotadas em sala de aula e vice-versa. Exposições interativas realizadas em locais públicos, como praças, centros comerciais, parques e eventos socioculturais, proporcionam aos alunos e à comunidade uma oportunidade única de popularizar a ciência e suas aplicações de forma lúdica. Nossa experiência tem demonstrado que tais exposições encontram grande receptividade junto ao grande público, além de contribuir para o crescimento pessoal da equipe de alunos e professores envolvida na sua organização.

Em nosso meio escolar, é muito comum haver uma super-valorização do conhecimento, como um fim em si mesmo, desvinculado de sua dimensão social. A proposta de disponibilizar para a

---

---

**A inclusão de protótipos e experimentos simples em nossas aulas tem sido um fator decisivo para estimular os alunos a adotar uma atitude mais empreendedora e a romper com a passividade que, em geral, lhes é subliminarmente imposta nos esquemas tradicionais de ensino**

---

---

---

---

**As feiras de ciências constituem um bom exemplo de atividades voltadas para aumentar a motivação dos alunos. Entretanto, além de esporádicas, elas são, quase sempre, desvinculadas das práticas pedagógicas adotadas em sala de aula e vice-versa**

---

---



comunidade experiências pedagógicas inovadoras, desenvolvidas no âmbito da escola, visa a justamente aproximar a escola das necessidades do público leigo, extremamente curioso e ávido por conhecimentos científicos e tecnológicos, desde que traduzidos de forma lúdica e divertida (Valadares, 1999). Além disso, o contato com o grande público contribui de forma muito positiva para a auto-estima dos alunos e para o crescimento cultural da comunidade como um todo, contribuindo também para a valorização social da escola.

### Exemplos de experimentos de baixo custo

Abaixo apresentamos três exemplos de experimentos de baixo custo envolvendo materiais reciclados que ilustram o espírito de nossa proposta. Vários outros experimentos, incluindo protótipos de robôs, aquecimento solar, foguetes e “discos voadores” (*hovercrafts*) podem ser encontrados em Valadares (2000).

#### Redemoinhos de água (vórtices): explorando os redemoinhos das pias

##### Material

Duas garrafas PET (Poli Tereftalato de Etileno) de 2 L com tampa, 1 caixinha plástica de filme fotográfico (encontrada aos montes nas lojas que revelam fotos; converse com o gerente de uma loja e peça algumas caixas) e canudinhos de refrigerantes.

##### Passo a passo

Faça um furo no centro das duas tampas, de 1,5 cm a 1,8 cm de diâmetro. Pique uns dois ou três canudinhos, coloque os pedaços dentro de uma das garrafas e encha-a de água. Rosqueie bem as tampas nas duas garrafas. Serre o fundo da caixa de filme e encaixe-a até a metade na tampa da garrafa com água. Encaixe a tampa da garrafa vazia na caixa de filme, até que as duas tampas se encostem. Inverta a posição das garrafas.

Esse experimento permite visualizar a ocupação do espaço por gases. Ao se criar o redemoinho a vazão da garrafa superior para a inferior aumenta, pois o ar pode agora passar de uma garrafa para a outra, cedendo espaço para a água.

#### Átomos em movimento

Uma analogia macroscópica que permite visualizar o comportamento de um gás “ideal”, no qual as interações entre moléculas são desprezíveis (distância média entre as moléculas muito grande, ou seja, gases com baixas concentrações) e as colisões são frontais, com conservação de energia e momento linear.

##### Material

Cinquenta bolinhas de isopor de 2,5 cm de diâmetro, lixeira de plástico com furos na parede lateral (de 1,5 cm a 2 cm), através dos quais é possível acompanhar as bolinhas de isopor (“moléculas”) em movimento, papelão, secador de cabelo.

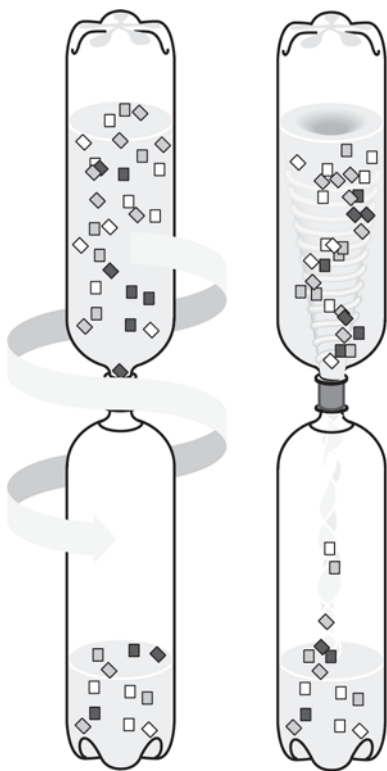


Figura 1 – Redemoinhos de água.

#### Passo-a-passo

Recorte um disco de papelão um pouco menor que a lixeira (cerca de 2 cm de diferença). Faça uma alça de papelão e fixe-a no disco (êmbolo). Coloque as bolinhas de isopor dentro da lixeira e tampe-a com o disco. Direcione o jato de ar do secador de cabelo como indicado e veja o que acontece com as bolinhas. Diminua o volume disponível para elas empurrando o êmbolo para dentro.

Esse “experimento” permite visualizar a pressão como resultado dos vários choques das bolinhas com as “paredes” do recipiente. Com o “êmbolo” fixo em diferentes posições e aumentando-se a intensidade do jato de ar, é possível verificar o que acontece com o “gás” quando a sua temperatura é aumentada.

#### Desviando filetes d'água: explorando o caráter polar das moléculas de água

##### Material

Balão de festas e filete d'água (torneira).

##### Passo a passo

Esfregue o balão nos cabelos (secos). Aproxime o balão do filete. to.

As moléculas da água, devido ao seu caráter polar, serão atraídas pelo balão eletrizado. Além do balão pode-se usar uma régua esfregada em uma flanela, ou ainda um canudinho de refresco atritado.

#### Um passo além: o princípio das fibras ópticas - controle da luz com eletricidade

##### Material

Lanterna, embalagem de papelão, de leite ou suco, pedaço de canudinho (2 cm), adesivo instantâneo universal.

##### Passo a passo

Faça um furo na caixa, a uns 2 cm do fundo, com um diâmetro um pouco menor que o do canudinho. Introduza 0,5 cm de canudinho no furo e use cola para vedação. Faça uma abertura na parte de cima da caixa, o suficiente para encaixar a lanterna. Tampe o canudinho com o dedo e encha a caixa com água. Em um ambiente escuro, encaixe a lanterna acesa na abertura superior da caixa e tire o dedo do canudinho. Deixe o filete de água bater na palma de sua mão. Você está demonstrando o princípio de uma fibra óptica (mangueira de luz), usada cada vez mais em telefonia, substituindo os fios de cobre. Repita a experiência misturando umas gotas de leite na água e veja o que acontece com a intensidade da luz (espalhamento Rayleigh de luz, produzido por partículas de dimensões bem menores que o comprimento de onda da luz incidente – no caso da atmosfera terrestre, as moléculas que a compõem são muito menores do que o comprimento de onda da luz do Sol na faixa do visível). No espalhamento

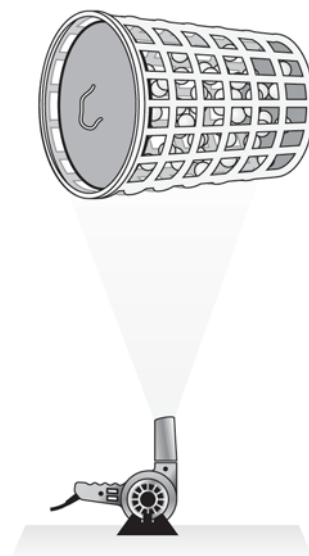


Figura 2 – Átomos em movimento.

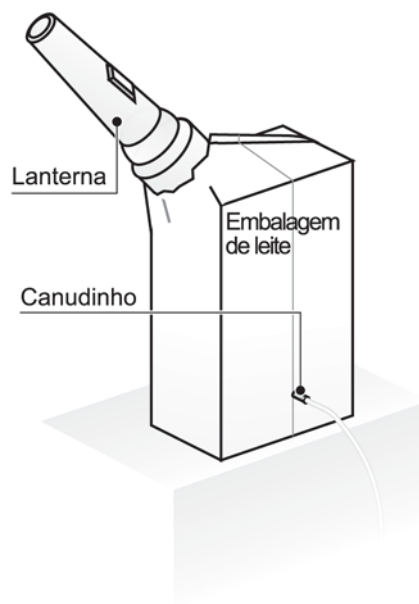


Figura 3 – Princípio das fibras ópticas.

Rayleigh, a intensidade da luz espalhada varia com o inverso da quarta potência do comprimento de onda da luz incidente (a luz espalhada tem o mesmo comprimento de onda e a mesma frequência da luz incidente). A origem do céu azul pode ser atribuída ao espalhamento Rayleigh, que é mais intenso para comprimentos de onda menores, e à sensibilidade do olho humano, maior para o azul do que para o violeta, cujo comprimento de onda é ainda menor que o do azul.

Esfregando o balão de festas nos cabelos secos (veja experimento anterior) você pode atrair o filete d'água com a luz confinada nele por reflexão total (o princípio da fibra óptica).

### **Considerações finais**

As idéias aqui expostas têm sido testadas sistematicamente com sucesso. Temos recebido um número crescente de convites para organizar oficinas de criatividade, tanto em escolas privadas, que dispõem de infra-estrutura e recursos financeiros, como em escolas públicas, com poucos recursos e alunos oriundos de famílias de baixa renda. Isso mostra que, independentemente da situação econômica e social das escolas, há um nítido interesse em valorizar o papel da criatividade na educação básica em ciências.

### **Agradecimentos**

Sinceros agradecimentos ao Prof. Luiz Otávio Fagundes Amaral pelas sugestões e leitura crítica do texto.

As ilustrações, gentilmente cedidas pela Editora UFMG, foram retiradas do livro do autor, *Física mais que divertida*.

### **Para saber mais**

VALADARES, E.C. Ciência e diversão. *Ciência Hoje das Crianças*, n. 97, p. 23, nov. 1999.

VALADARES, E.C. *Física mais que divertida. Inventos eletrizantes baseados em materiais reciclados e de baixo custo*. Belo Horizonte: Ed. da UFMG, 2000.

Na internet: [www.fisica.ufmg.br/divertida](http://www.fisica.ufmg.br/divertida)



# Sobrevivência Humana - Um Caminho para o Desenvolvimento do Conteúdo Químico no Ensino Médio

**Luiz Roberto de Moraes Pitombo**  
Instituto de Química da Universidade de  
São Paulo, São Paulo - SP

**Julio Cezar Foschini Lisbôa**  
Fundação Santo André, Santo André - SP

O ser humano, como qualquer ser vivo, sempre lutou pela sobrevivência<sup>1</sup>. Ao se comparar a espécie humana com outros mamíferos, observam-se diferenças nas formas e no desempenho dos “equipamentos” biológicos. É notório que o “filhote de homem” é dentre os mamíferos um dos que por mais tempo depende de seus semelhantes para adquirir as condições mínimas de sobrevivência. Ele leva, por exemplo, cerca de um ano para desenvolver a capacidade de andar sozinho, enquanto que no caso dos felinos, esse tempo é de alguns dias.

Porém, na luta pela sobrevivência, o ser humano pôde contar com um “equipamento” intelectual que determinou diferenças em relação a outros animais. Água, alimento, vestuário, abrigo e energia constituíram e constituem exigências mínimas para a sobrevivência biológica individual e grupal, nas condições impostas pelo ambiente.

Dentro das idéias atuais, muitos autores aceitam que o comportamento individual e grupal, ou seja, a atuação global dos organismos frente às condições do ambiente em que se encontram, é resultante de um complexo conjunto de ações e atitudes concomitantes e inter-relacionadas. Tal conjunto tende a contemplar as necessidades de sobrevivência. Simplificadamente, lembra-se que, conforme a complexidade biológica dos organismos, os comportamentos variam, dependendo da herança genética e de fatores ambientais.

O ser humano, organismo considerado de alta complexidade biológica, apresenta comportamento resultante de racionalidade e de emotividade. Sua sobrevivência está a ele relacionada. Por exemplo, a busca por materiais possivelmente fez surgir a vida grupal (socialização), o que implicou o aparecimento de líderes e grupos com poder, bem

---

Este artigo procura mostrar, de forma contextualizada e interdisciplinar, o envolvimento do conhecimento químico na vida humana, bem como sugere linhas para a abordagem de conceitos dentro dessa visão.

*ensino de química, química e sobrevivência  
humana, recursos naturais, produtos  
extraídos e sintéticos*

---

Este artigo foi publicado originalmente na revista *Química Nova na Escola* n. 14, 2001.

como na posse de territórios (territorialidade). Isso levou a conflitos intra e intergrupais: lutas e mortes. Outro exemplo, segundo alguns autores, está na necessidade de sobrepujar o medo das forças desconhecidas da natureza e de controlá-las, o que levou o ser humano a criar deuses e rituais que o auxiliassem a sobreviver melhor biológica e intelectivamente (controle da caça, da agricultura, da mineração e da metalurgia, do indivíduo e do grupo).

A indissociabilidade entre racionalidade e emotividade encontra-se na criação da comunicação oral, gráfica (desenho e escrita), escultural e corporal (danças e rituais). Dessa forma, o conhecimento pode ser transmitido e armazenado. Encontra-se também no que chamamos hoje de estética, aqui entendida como sentir, reconhecer, diferenciar e julgar manifestações artísticas dentro do critério da beleza, variável através dos tempos e das culturas. Destaca-se também que a indissociabilidade entre racionalidade e emotividade está presente na obtenção de água, alimento, abrigo, vestuário e energia, ou seja, nas próprias necessidades básicas para a sobrevivência humana. Não é intenção deste artigo detalhar o árduo e longo caminho que o *Homo sapiens* (homem pensante) ou *Homo faber* (homem artífice ou homem construtor) percorreu na história de sua sobrevivência. De um modo geral, poder-se-ia admitir que, no início da trajetória do homem sobre a Terra, grupos nômades - à semelhança de outros animais - caçavam, pescavam e colhiam produtos vegetais aleatoriamente para sua alimentação. No Paleolítico, a descoberta e o controle do fogo caracterizaram talvez a mais importante conquista do ser humano, uma vez que tornou possíveis muitas das realizações técnicas que se seguiram. Um aspecto interessante da vida humana que deve ter sido revolucionado pelo uso do fogo foi a alimentação. O *Homo faber* foi aperfeiçoando a cocção dos alimentos para satisfazer seu paladar (prazer), processo que ao longo dos séculos fez nascer a arte culinária. No período chamado Neolítico, os grupos humanos, devido à agricultura primitiva, começaram a se fixar em certas regiões, formando grupos sedentários que se transformaram em pequenas aldeias. Com o decorrer do tempo, a agricultura, a pecuária e o armazenamento de produtos agrícolas e animais tornaram-se mais organizados. As aldeias cresceram, transformando-se em cidades (novas estruturas de poder). Animais foram domesticados, surgiu a cerâmica, materiais de construção foram criados, tecidos foram fabricados. Com a metalurgia e a mineração obtiveram-se metais para utensílios e armas. Emergem novas formas de vida e novas formas de governo (cidades-estado, reinos, impérios, feudos) e, conseqüentemente, novas formas de conflitos.

Assim, as necessidades para a sobrevivência individual e grupal se ampliaram, tornando-se cada vez mais complexas no que se refere à obtenção de materiais, transporte de matérias-primas e de produtos manufaturados (produção e comércio). Importante "salto" foi dado quando o *Homo faber* mudou o sistema produtivo, passando da fase artesanal para a industrial (revolução industrial).

Um indicador de todas essas transformações vivenciadas pelo ser humano é o uso de energia *per capita*, que aumentou mais de 100 vezes do homem primitivo ao homem atual, como pode ser visto na Figura 1.

### **Papel dos materiais extraídos e sintéticos na sobrevivência humana**

A revolução industrial provocou demanda crescente de novos materiais extraídos e sintetizados, sendo que tal demanda tem se verificado até hoje.

Entre os materiais obtidos de fontes naturais e utilizados atualmente na agropecuária, na construção civil, na indústria e como combustíveis (para transporte, aquecimento, cocção de alimentos e caldeiras industriais), alguns são processados para uso imediato e outros servem como matéria-prima na produção de materiais diversos. Entre os de uso imediato, destacam-se: carvão mineral; rochas e metais como ferro, cobre e alumínio, obtidos de seus minérios; cloreto de sódio da

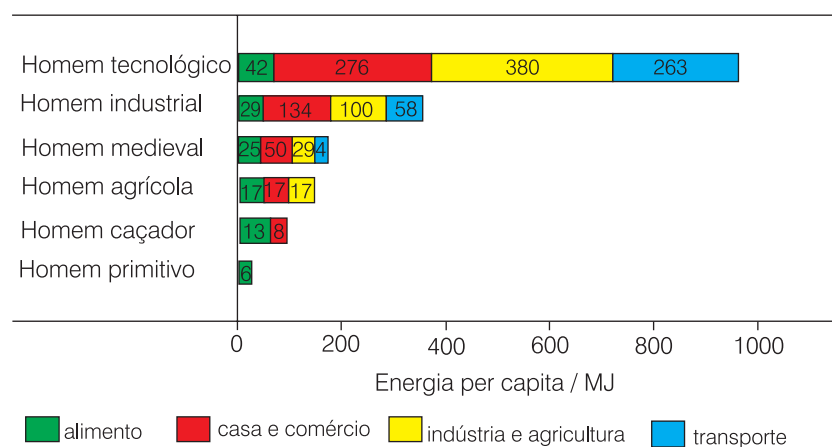


Figura 1 – Evolução do consumo médio de energia per capita. Fonte: Oliveira, A. Energia e sociedade. *Ciência Hoje*, v. 5, n. 29, p. 38, 1987.

água do mar; e álcool de vegetais. Entre os materiais utilizados na obtenção de produtos intermediários - que servem como matéria-prima para diferentes processos industriais - está, por exemplo, a amônia ( $\text{NH}_3$ ), gás nas condições do ambiente. Amônia é atualmente sintetizada a partir do nitrogênio ( $\text{N}_2$ ) presente no ar e do hidrogênio ( $\text{H}_2$ ), geralmente obtido pela interação de água com carvão ou gás natural). Ela é utilizada como matéria-prima tanto no processo Solvay de obtenção da soda ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ), como na obtenção de ácido nítrico, nitratos e sais de amônio - empregados nas indústrias de fertilizantes e explosivos. Assim, o homem retira da atmosfera, hidrosfera, litosfera e biosfera recursos materiais para sua sobrevivência. Desses recursos, alguns - como os alimentos - são renováveis, isto é, podem ser obtidos novamente. Outros - como os combustíveis fósseis (carvão mineral, petróleo) - não são renováveis: com seu consumo continuado, tendem a se esgotar.

### **Sobrevivência humana como “fio condutor” para o ensino da química no nível médio**

A seguir estão indicados alguns exemplos de materiais atualmente extraídos da natureza, seus usos mais importantes e como podem servir de ponto de partida para o desenvolvimento de conceitos químicos. É possível, dentro dessa visão, inserir todos os conceitos necessários para a compreensão da química no ensino médio. Entre esses conceitos destaca-se o de substância química, uma das bases do pensamento químico moderno. Substância química pode ser entendida como sendo um material que apresenta um conjunto de propriedades específicas, bem definidas, independentemente da origem ou da forma de obtenção, o que a diferencia da maioria dos materiais encontrados na natureza, que são misturas de substâncias químicas. Para que a partir desses materiais se obtenham substâncias químicas, são necessários processos que envolvem, muitas vezes, transformações químicas, como é o caso da obtenção do ferro. Cabe ressaltar que o estudo de estrutura atômica e ligação química pode ser inserido de forma apropriada e em nível compatível com a compreensão do aluno, conforme necessidade de cada tema. Tal concepção não é portanto condizente com o estudo de estrutura e ligação em único bloco. Além disso, aspectos como simbologia, conservação de massa, rendimento, energia, rapidez e extensão de transformações, bem como a evolução e a contextualização de idéias que fizeram parte da construção da história da química devem estar presentes em todos os temas abordados.

Notadamente, o ambiente natural (atmosfera, hidrosfera, litosfera e biosfera) e o ambiente construído são sistemas globais complexos, muito propícios para o trabalho interdisciplinar. Evidentemente, o recorte apresentado é voltado para a disciplina Química, mas o “fio condutor” deve proporcionar a interdisciplinaridade, aqui entendida dentro da visão metafórica de “rede de significações”, na qual a química é um dos “nós”, sendo fundamental a interligação com outros campos do conhecimento (outros “nós”). Assim, recortes do âmbito da geografia, da história, da astronomia, da física, da biologia, das artes, da sociologia e de tantas outras disciplinas estão relacionados intimamente com o conhecimento químico, formando a “rede”.

São altamente pertinentes planejamentos conjuntos das várias disciplinas para que tais recortes não caiam na multidisciplinaridade (justaposição esporádica de conteúdos).

## Atmosfera

**O ambiente natural (atmosfera, hidrosfera, litosfera e biosfera) e o ambiente construído são sistemas globais complexos, muito propícios para o trabalho interdisciplinar**

A Tabela 1 apresenta as principais substâncias extraídas do ar e algumas de suas utilizações. Usando-se a atmosfera atual como tema desencadeador, podem-se desenvolver diversos conceitos e idéias a ela relacionados: sua origem; estudo de gases reais e ideais; pressão de vapor de líquido; destilação fracionada; obtenção e uso de componentes do ar; derivados de nitrogênio ( $\text{NH}_3$ ,  $\text{HNO}_3$ ); e participação do oxigênio nas transformações envolvendo oxido-redução, na vida animal e vegetal, e de seus derivados no sistema produtivo. A seguir, estuda-se o que o ser humano introduz na atmosfera (perturbação e suas implicações socioeconômicas). Finaliza-se mostrando o papel da atmosfera nos ciclos do nitrogênio, oxigênio e gás carbônico.

## Hidrosfera

A Tabela 2 apresenta as principais misturas e substâncias extraídas da hidrosfera e algumas de suas utilizações. Também esse “compartimento” desencadeia a construção de inúmeros conceitos e idéias: propriedades da água e das águas naturais; solubilidade de sólidos e gases na água; concentração de soluções aquosas e suas implicações na vida humana; o que o homem obtém da água do mar ( $\text{NaCl}$ ,  $\text{Cl}_2$ ,  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ,  $\text{Mg}$ ) e o que ele sintetiza com esses materiais; como o ser humano utiliza a

Tabela 1 – Principais substâncias extraídas do ar, com algumas de suas utilizações mais comuns.

Fonte natural	Principais substâncias extraídas	Algumas utilizações
Ar	nitrogênio ( $\text{N}_2$ )	obtenção de $\text{NH}_3$ e de $\text{HNO}_3$ (para produzir fertilizantes e explosivos), criogenia (obtenção de baixas temperaturas)
	oxigênio ( $\text{O}_2$ )	soldas oxi-acetilene, siderurgia, medicina
	neônio, argônio, criptônio, xenônio	lâmpadas fluorescentes e incandescentes, raio laser, lâmpada para “flash” eletrônico

Tabela 2 – Principais misturas e substâncias extraídas da hidrosfera, com algumas de suas utilizações mais comuns.

Fonte natural	Principais misturas e/ou substâncias extraídas	Algumas utilizações
Água do mar	sal comum (NaCl)	conservas alimentícias, obtenção de $\text{Cl}_2$ e derivados, inseticidas clorados, PVC, soda cáustica (NaOH), barrilha ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ )
	sais de potássio	fertilizantes
Água doce	água potável, água de irrigação, água para indústria, água destilada	alimentação, higiene, processos industriais

água doce; e conceito de pH de soluções a partir do pH da água potável. A seguir, focaliza-se o que o ser humano introduz na hidrosfera (perturbação e suas implicações sócio-econômicas).

### Litosfera

A Tabela 3 apresenta as principais misturas e substâncias extraídas da litosfera e algumas de suas utilizações. De forma semelhante, os seguintes conceitos podem ser trabalhados: origem da litosfera e propriedades que caracterizam os sólidos quando submetidos a agentes mecânicos, térmicos, elétricos, luminosos e magnéticos.

Além disso, pode-se introduzir o conceito de litosfera como fonte de materiais importantes para a sobrevivência: materiais de construção (metais, areia, cascalho, cimento) e materiais para a obtenção de utensílios (cerâmica, vidro, metais) e de energia (carvão, petróleo).

Tabela 3 - Principais misturas e substâncias extraídas da litosfera, com algumas de suas utilizações mais comuns.

Fonte natural	Principais misturas e/ou substâncias extraídas	Algumas utilizações
Silicatos	silicatos de alumínio e de outros metais	barro, siderurgia, cimento Portland, vidro, louças, porcelanas, pedras preciosas e semipreciosas (topázio, água marinha)
	quartzo ( $\text{SiO}_2$ )	cerâmica, metalurgia, abrasivos, vidros, pedras semipreciosas
Bauxita ( $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot x\text{H}_2\text{O}$ )	alumínio (Al)	janelas, portas, fogos de artifício, foguetes, aviões
Cromita ( $\text{FeO} \cdot \text{Cr}_2\text{O}_3$ )	chromo (Cr)	cromeação, aço, ferramentas, pigmentos amarelos e verdes
Calcosita ( $\text{Cu}_2\text{S}$ )	cobre (Cu)	fios elétricos, encanamentos de água quente
Hematita ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) e magnetita ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ )	ferro (Fe)	estruturas, veículos, latas, parafusos, pigmentos vermelhos, amarelos, castanhos e pretos



Tabela 3 (continuação) – Principais misturas e substâncias extraídas da litosfera, com algumas de suas utilizações mais comuns.

Fonte natural	Principais misturas e/ou substâncias extraídas	Algumas utilizações
Galena (PbS)	chumbo (Pb)	baterias, proteção à radiação, zarcão (Pb <sub>3</sub> O <sub>4</sub> )
Pirolusita (MnO <sub>2</sub> )	manganês (Mn)	aço, trilhos, ferramentas, vidro, pigmento preto
Cassiterita (SnO <sub>2</sub> )	estanho (Sn)	latas, moedas, soldas, esmaltados
Gipsita (CaSO <sub>4</sub> ·2H <sub>2</sub> O)	sulfato de cálcio	cimento, cerâmicas, ortopedia (gesso)
Rochas fosfatadas	fosfatos	fertilizantes fosfatados (superfosfatos)
Rochas calcárias	carbonato de cálcio (CaCO <sub>3</sub> ) e de magnésio (MgCO <sub>3</sub> )	fabricação de cal viva (CaO) e hidratada (Ca(OH) <sub>2</sub> ), corretivo de solos, materiais de construção (cimento, gesso)
Enxofre elementar	enxofre (S)	obtenção de H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> para a indústria de plásticos, medicamentos, fertilizantes e detergentes
Carvão mineral	carvão	combustíveis, indústria carboquímica
Petróleo	óleo combustível, gasolina, GLP etc.	combustíveis, indústria petroquímica
Gás natural	gás natural	combustíveis

No contexto dos sistemas produtivos industrial e agrícola estuda-se o que são óxidos, fosfatos, carbonatos e silicatos. Usando os sólidos da litosfera, introduz-se a classificação dos elementos químicos (tabela periódica). Analogamente aos outros compartimentos, estudam-se as perturbações dos solos e suas implicações sócio-econômicas.

## Biosfera

A Tabela 4 apresenta as principais misturas e substâncias extraídas da biosfera e algumas de suas utilizações. A partir do estudo dos reinos vegetal e animal e dos combustíveis fósseis como fontes de materiais necessários para a sobrevivência humana, podem-se desenvolver conceitos como os que hoje fazem parte da chamada “química dos compostos do carbono”. Nesse contexto, tais conceitos passam a ter outro significado: em vez de formarem um corpo compartimentado e restrito à chamada química orgânica, eles surgem naturalmente de um fio condutor, mostrando-se integrados com os demais princípios e leis da química.

Alimentos do reino vegetal e animal – contendo açúcares, amido, proteínas, óleos e gorduras – são pontos de partida para o estudo de cadeias e ligações do carbono, funções orgânicas, isomerias, processos de preparação de compostos de carbono e propriedades (ressalte-se que para os polímeros naturais mencionados deve-se evitar os arranjos mais complexos - estruturas cíclicas do

Tabela 4 – principais misturas e substâncias extraídas da biosfera, com algumas de suas utilizações mais comuns.

Fonte natural	Principais materiais e/ou substâncias extraídos	Algumas utilizações
Eucalipto, pinus, mogno, peroba, carvalho	madeira, fibras, celulose, óleos essenciais	produção de papel, combustíveis (carvão, lenha, metanol), móveis, habitações, solventes (acetona, metanol, ácido acético), explosivos, essências usadas em perfumes, desinfetantes
Algodão, paina (fibras de sementes), sisal, babosa-brava, pita (fibras de folhas)	fibras vegetais	tecidos, explosivos, cordas, barbantes, algodão hidrófilo, óleo de algodão (da semente)
Trigo, arroz, milho, centeio, aveia, cevada (cereais)	grãos, óleos	alimentos, farinhas (preparo de pães, bolos, biscoitos, macarrão e outras massas), bebidas alcoólicas (cerveja, uísque, saquê etc.), álcool de cereais
Cana-de-açúcar, beterraba	bagaço, melação, rapadura, açúcar bruto	alimento, produção de açúcares refinados, bebidas alcoólicas (cachaça, rum), álcool etílico
Laranja, limão, maçã, pera, uva e outras frutas	sucos, açúcares, vitaminas, óleos essenciais e fibras	alimentos, bebidas alcoólicas, substâncias odoríferas, saporificantes
Oliveira, girassol, soja, amendoim, mamona, carnaúba e outras oleaginosas	óleo, ceras, farelos	obtenção de óleos comestíveis (oliva, girassol, soja, amendoim) e lubrificantes (mamona), “bifes”, “queijos” e “leites” vegetais (soja)
Seringueira, guta-percha	látex, guta-percha	borrachas, pneus, isolantes, odontologia (guta-percha)
Tabaco, quina, papoula, beladona, café, chá, guaraná, erva-mate, cânfora, hortelã, lavanda, cravo-da-índia, barbatimão, cicuta	alcalóides, óleos essenciais, tanino	medicamentos (alcalóides e óleos essenciais), substâncias sápidas e odoríferas, indústria do couro (tanino)
Aves	carne, ovos, penas	alimentação, ornamentos
Mamíferos	carne, leite, couro	alimentação, roupas, medicamentos
Répteis (cobras)	veneno	soros
Insetos (abelhas)	mel, própolis, geléia real, cera	alimento, medicamentos, ceras
Peixes	carne, ovas, óleos	alimentos, medicamentos, óleos

amido, helicoidais de proteínas, etc.). Por exemplo, o estudo da fermentação do açúcar leva às funções álcool e ácido carboxílico; o estudo dos óleos e gorduras leva aos ésteres.

Quanto ao sistema produtivo, estuda-se o envolvimento dos reinos vegetal e animal não só na indústria alimentícia, mas também na fabricação de tecidos, papel, corantes, perfumes, óleos essenciais, medicamentos etc.

Dos combustíveis fósseis (petróleo e carvão) surge naturalmente o estudo dos hidrocarbonetos, fenóis e aminas e de seu papel nas indústrias petroquímica e carboquímica.

Como finalização, estuda-se a interferência do ser humano de diferentes formas nos ecossistemas.

### **Considerações finais**

Para extrair materiais de suas fontes nativas, vários fatores devem ser levados em consideração: o custo de produção e de transporte, a localização geológica das fontes e as propriedades dos materiais a serem extraídos. Além disso, tem surgido novo modo de ver a intervenção do ser humano na natureza, pensando-se inclusive na sobrevivência do próprio globo terrestre. Assim, não se devem esquecer os impactos ambientais decorrentes da exploração indiscriminada dos recursos, bem como do seu mau uso, que poderão ser irreversíveis.

É preciso, pois, estar consciente de que a desconsideração desses impactos poderá um dia nos levar à autodestruição. A “consciência ecológica” recentemente nascida nos indica que a sobrevivência do globo e do ser humano precisa ser repensada. O grande desafio é concretizar aquilo que se convencionou chamar de “desenvolvimento sustentável”: continuar a extração de recursos da atmosfera, hidrosfera, litosfera e biosfera de tal maneira que esses não sejam exauridos, mas controlados ou renovados, respeitando o harmonioso equilíbrio da natureza, de forma a garantir e preservar a biodiversidade.

Para finalizar, percebe-se que só se alcança isso quando o conhecimento e as ações do ser humano são encaradas dentro de visão interdisciplinar, isto é: a relevância deve estar nas interações dos campos do conhecimento e não nos conhecimentos isolados.

### **Nota**

1. Texto baseado nas idéias propostas nos módulos intercambiáveis do projeto “Interações e Transformações - Química para o Ensino Médio”, do Grupo de Pesquisa em Educação Química (GEPEQ), do Instituto de Química da USP.

### **Bibliografia consultada**

Grupo de Pesquisa em Educação Química do Instituto de Química da USP (GEPEQ). *Interações e transformações III - Química e sobrevivência. Atmosfera: fonte de materiais*. São Paulo: Editora da USP, 1998.  
BARROW, G.M. *Química general*. Barcelona: Reverté, 1974.  
MACHADO, N.J. *Epistemologia e didática*. 3ª ed. São Paulo: Cortez, 1999.  
SHREVE, R e BRINK, J.N. *Indústrias de processos químicos*. 4ª ed. Rio de Janeiro: Guanabara Dois, 1977.  
FORBES, R.J. *História de la técnica*. Buenos Aires: Fondo de Cultura e Economía – México, 1951.

### **Para saber mais**

BRANCO, S.M. *Água - origem, uso e preservação*. São Paulo: Moderna, 1996.  
SCIENTIFIC AMERICAN. *A biosfera - textos do Scientific American*. São Paulo: Edusp, 1974.  
TOLENTINO, M.; ROCHA-FILHO, R.C. e SILVA, R.R. *O azul do planeta*. São Paulo: Moderna, 1995.  
McALESTER, A. *História geológica da vida*. São Paulo: Edgard Blücher, 1988.  
THE OPEN UNIVERSITY. *Os recursos físicos da Terra. Bloco 1 – recursos, economia e geologia*. Campinas: Editora da UNICAMP, 1994.

# Os Temas Transversais nos Parâmetros Curriculares Nacionais\*

**Elizabeth Fernandes de Macedo**

Universidade do Estado do Rio de Janeiro,  
Rio de Janeiro - RJ e Universidade Católica  
de Petrópolis, Petrópolis - RJ

---

Este artigo argumenta que a própria forma como foram estruturados os PCN contribui para a desarticulação do currículo, contrariando o próprio discurso de valorização dos temas transversais. No desenvolvimento de sua argumentação, a autora contribui para que possamos compreender melhor 'o que são' as disciplinas escolares, especialmente suas diferenças em relação às disciplinas científicas.

*temas transversais, disciplina escolar,  
parâmetros curriculares nacionais*

---

\* Este artigo foi publicado originalmente na revista *Química Nova na Escola* n. 8, 1998.

Com o intuito de definir a base comum nacional, prevista pela LDB 9394/96, o Ministério da Educação e do Desporto (MEC) vem elaborando Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN). Em 1997, lançou o documento referente aos dois primeiros ciclos do ensino fundamental. Encontram-se hoje em fase final de elaboração os PCN para os dois últimos ciclos — quinta a oitava séries. Apesar do parecer do Conselho Nacional de Educação (CNE), classificando os PCN como um guia curricular dentre outros que poderia ou não ser utilizado pelo sistema educacional, as comunidades escolares vêm encarando o documento como de uso obrigatório e inúmeras dúvidas sobre sua utilização têm sido pontificadas aqui e ali.

Os PCN são um guia curricular organizado por disciplinas e por ciclos. O ensino fundamental é dividido em quatro ciclos, cada um composto por dois anos letivos. Em cada ciclo, propõe-se que o aluno cumpra atividades escolares reunidas em torno de disciplinas — língua portuguesa, matemática, ciências, história, geografia, educação artística e educação física. Essas disciplinas são consideradas fundamentais para que os alunos dominem o saber socialmente acumulado pela sociedade. Por outro lado, o documento aponta para o fato de que há “questões urgentes que devem necessariamente ser tratadas, como a violência, a saúde, o uso de recursos naturais, os preconceitos, que não têm sido contempladas por essas áreas” (Brasil, 1997a, p. 23). Como fazer para abordá-las? Os PCN propõem que elas constituam temas transversais que atravessariam todas as

áreas. Essa solução vem fazendo parte, sob nomes diversos, de um grande número de currículos nacionais, como por exemplo na Inglaterra, na Espanha, no Chile. Cada um dos temas transversais seria tratado tanto em língua portuguesa quanto em matemática, ciências, história, geografia, educação artística e educação física. O documento assume que determinados temas têm mais afinidade com certas áreas e, por isso, devem ser por elas mais explorados.

---

**...a pouca relação entre conhecimento escolar e sociedade, a despeito de ter sido muito explorada na literatura pedagógica, não se efetiva no cotidiano da escola porque o conhecimento formal é um poderoso instrumento de diferenciação social**

---

O conjunto de temas transversais inclui ética, pluralidade cultural, meio ambiente, saúde e orientação sexual. Desses, pelo menos os últimos três relacionam-se mais facilmente com a área de ciências e têm sido por ela abordados ao longo dos anos, segundo organizações e ênfases diversas. O argumento central que justifica a necessidade dos temas transversais baseia-se na idéia de que a organização disciplinar é uma das principais responsáveis pela pouca relevância social dos conhecimentos tratados pela escola. Defendem que a sociedade e os modos de produção estão cada dia mais complexos e globais e que a estruturação disciplinar do conhecimento corresponde a uma etapa inicial do modo de produção capitalista baseado na divisão linear do trabalho. Neste

texto, pretendemos nos contrapor a essa argumentação defendendo que a pouca relação entre conhecimento escolar e sociedade, a despeito de ter sido muito explorada na literatura pedagógica, não se efetiva no cotidiano da escola, porque o conhecimento formal é um poderoso instrumento de diferenciação social. Argumentaremos que a concepção positivista da ciência colabora com essa separação a partir do momento em que define a ciência sem levar em conta sua relevância social.

### **Proclamando a integração entre as disciplinas**

O surgimento do currículo disciplinar remete à Antiguidade, não sendo, portanto, diretamente relacionado à divisão do trabalho no modo de produção capitalista. Não se pode negar, no entanto, que a hegemonia da disciplinarização do conhecimento, fortalecida pelo advento do capitalismo, influenciou o predomínio de currículos disciplinares ao longo do século XX. Esse predomínio conviveu com inúmeras tentativas no sentido de agrupar as disciplinas escolares, sob o argumento de garantir maior organicidade ao conhecimento apreendido na escola.

As críticas ao currículo disciplinar são variadas, indo desde a pouca flexibilidade do padrão de escolarização por ele construído às dificuldades de aprendizagem de alunos submetidos a diferentes sistemas teóricos, tendo que transitar por eles em um curto espaço de tempo. Ao longo dos anos, inúmeras tentativas de articulação do conhecimento tratado nas diferentes disciplinas escolares foram tentadas, seguindo os mais diversos referenciais e recebendo nomes variados. Essas tentativas foram desde o simples empréstimo, por uma disciplina, de instrumentos analíticos ou modelos teóricos de outro campo do saber até as experiências que buscaram superar os limites estabelecidos pela própria fronteira disciplinar. As integrações entre disciplinas fazem-se ora por um planejamento integrado das experiências de aprendizagem, em que um mesmo tema é tratado por diferentes campos do saber, ora por interseções próprias entre campos que compartilham um mesmo objeto de estudo (Piaget, 1979). Propostas mais radicais, como o método de projetos, proposto por Kilpatrick (1918), propõem a abolição da estrutura disciplinar dos currículos, substituindo as disciplinas tradicionais por projetos, definidos como atividades potentes realizadas num ambiente social. Também essas tentativas de articulação têm sido alvo de inúmeras críticas e muitos empecilhos à sua aplicação prática foram observados ao longo dos anos.

A idéia de temas transversais, proposta pelo MEC, é mais uma tentativa de articulação entre as diferentes atividades escolares e entre elas e a sociedade. Acreditamos que, por sua generalidade, a efetivação dessa proposta no currículo vivido pelas diferentes escolas ao longo do país será muito difícil. Seria, portanto, mais uma tentativa de integração, defendida mas não realizada. Argumentamos que a própria maneira como foram estruturados os PCN contribui para essa desarticulação e defendemos que é preciso entender por que, a despeito de ser proclamada, essa articulação é obstaculizada pela própria estruturação da escola.

A base de estruturação do guia curricular do MEC é a disciplina: língua portuguesa, matemática, ciências naturais, história, geografia, arte e educação física. Como vemos, trata-se de disciplinas escolares, que não são mero reflexo de áreas de saber definidas pelo conhecimento científico. Por exemplo, ciências naturais é uma disciplina escolar que reúne diferentes áreas de conhecimento: a biologia, a física e a química, além de conteúdos esparsos de outros campos, como a mineralogia. De forma análoga, educação física também não corresponde a um campo de saber socialmente estabelecido fora do espaço escolar. O que isso significa? Significa que os critérios que transformam determinados campos do saber socialmente estabelecidos em disciplinas escolares não são científicos nem naturais. São critérios históricos que se estabelecem a partir de uma seleção interessada, de um juízo de valor. O documento do MEC não apresenta os critérios de seleção das disciplinas que o compõem, ou melhor, não encontra motivos para apresentá-los, definindo apenas a importância das disciplinas na "construção de instrumentos de compreensão e intervenção na realidade em que vivem os alunos" (Brasil, 1997b, p. 41). Isso pode funcionar como indicador de que as disciplinas escolhidas são entendidas pelo documento como naturais, tradicionais, e por isso não há necessidade de que sejam explicitados seus critérios de seleção.

Se as disciplinas escolares não se reduzem aos campos de saber socialmente estabelecidos, muito menos podemos afirmar que os conteúdos por elas tratados são os conteúdos das ciências que, por vezes, lhes deram origem. O processo de construção de uma disciplina escolar envolve, ele mesmo, uma seleção de conteúdos e uma reescritura desses conteúdos que os transforma, os recria. Essa certeza nos remete a uma outra questão: como são tratadas as disciplinas tradicionais presentes nos PCN? Que reelaboração didática é realizada? Que relação essa reelaboração guarda com os temas transversais?

Em cada volume dos PCN, a "orientação técnica da prática pedagógica" (Brasil, 1997b, p. 41) nas diferentes áreas é precedida de uma introdução em que, entre outros aspectos, são descritas as problemáticas específicas dessas áreas. A disciplina escolar matemática apresenta, em sua evolução histórica, uma problemática específica, assim como língua portuguesa, ciências naturais, história, geografia, artes e educação física. A seleção de conteúdos e seu tratamento pedagógico é, portanto, realizado tendo em conta as discussões especificamente desenvolvidas em cada área de ensino. Trata-se de disciplinas isoladas com especificidades próprias que não são articuladas no documento, a não ser naquilo em que naturalmente se articulam:

"...ao trabalhar conteúdos de Ciências Naturais, os alunos buscam informações em suas pesquisas, registram observações, anotam e quantificam dados. Portanto, utilizam-se de conhecimentos relacionados à área de Língua Portuguesa, à de Matemática, além de outras, dependendo do estudo em questão." (Brasil, 1997b, p. 44)

Parece-nos incontestável que ao selecionar e pedagogizar os conteúdos em cada uma das disciplinas, os PCN não os relacionam aos temas transversais. Desse modo, não é a realidade social o eixo orientador da estruturação de cada uma das disciplinas, mas uma suposta lógica interna de cada um desses campos de saber. A realidade social seria inserida nas disciplinas por

meio de uma estratégia curricular denominada temas transversais. Esses temas não são disciplinas, mas devem perpassar todas as disciplinas em função de sua importância social. Apesar dessa importância, os temas transversais serão introduzidos sempre que a lógica disciplinar permitir.

Estamos defendendo que para que os temas transversais funcionassem como eixo integrador das diferentes áreas do currículo e deste com a realidade social seria necessária uma articulação entre as áreas e os temas transversais. Ou seja, a seleção e organização do conhecimento em cada área deveria ter por fundamento os temas transversais, defendidos pelo próprio documento como tendo uma importância inegável na formação dos jovens. O que parece transparecer dessas observações é que os PCN não embutem, em sua lógica, a centralidade que se afirma terem os temas transversais.

Se os temas transversais expressam as temáticas relevantes para a formação do aluno, por que não são eles os princípios estruturadores do currículo? Por que não fazer deles o núcleo central da estruturação curricular e inserir 'transversalmente' as diferentes áreas do conhecimento?

### **Desconstruindo a resposta dos PCN**

No documento do MEC, encontramos uma possível resposta a essas questões. Primeiramente, conforme já discutimos, o guia curricular aponta a importância das disciplinas como campos organizados do conhecimento socialmente acumulado, o que justificaria a necessidade de sua manutenção. Paralelamente a isso, justifica a necessidade da abordagem transversal de algumas temáticas, de modo a "contemplar as temáticas sociais em sua complexidade, sem restringi-las à abordagem de uma única área" (Brasil, 1997b, p. 42). Essa afirmação envolve a compreensão de que abordar uma temática social em uma área específica de conhecimento funciona, por si só, como uma restrição. Ou seja, a ideia de que a abordagem disciplinar é a responsável pela incapacidade do conhecimento de dar conta de uma realidade complexa. Essa ideia não é específica da discussão curricular. Defendo que as críticas postas à matriz disciplinar deveriam ser direcionadas ao conceito de ciência defendido pelo positivismo.

O fortalecimento da matriz disciplinar do conhecimento deu-se em consonância com a hegemonia do positivismo nas sociedades ocidentais. Com isso, os critérios utilizados na definição do escopo das diferentes disciplinas estabeleceram-se tendo por base um conceito restritivo de ciência. Assim, o conhecimento em cada campo do saber só poderia ser tomado como científico se respeitasse um conjunto de critérios metodológicos formais. A importância da cientificidade acabava por obnubilar a relevância social do conhecimento.

---

**Se a disciplinarização científica não pode ser entendida como a grande responsável pela desarticulação entre conhecimento e realidade social, no âmbito do currículo, essa linearidade é ainda mais questionável**

---

Em outra perspectiva, por exemplo na pragmática defendida por Santos (1989), o conhecimento científico é parte integrante de uma prática intersubjetiva que "tem a eficácia específica de se ajustar teoricamente e sociologicamente pelas conseqüências que produz na comunidade científica e na sociedade em geral" (p.148). Portanto, ainda que no enfoque disciplinar, o compromisso da ciência recortada em cada disciplina deve ser com a prática social concreta

que estabelece o sentido da atividade científica. A própria disciplina científica abarcaria, nessa perspectiva pragmática, o compromisso com a realidade social.

Se a disciplinarização científica não pode ser entendida como a grande responsável pela desarticulação entre conhecimento e realidade social, no âmbito do currículo, essa linearidade é ainda mais questionável. As disciplinas curriculares, como vimos, não representam necessaria-

mente campos de saber cientificamente estabelecidos. São espaços curriculares criados com critérios específicos, alguns deles reproduzindo esses campos de saber cientificamente estabelecidos, outros buscando tematizar questões julgadas relevantes em dado momento histórico. Nesse sentido, temas transversais como meio ambiente, saúde e orientação sexual, embora não correspondam a disciplinas formalmente estabelecidas pela comunidade científica, poderiam se constituir em disciplinas escolares nas quais se garantiria o enfoque científico multidisciplinar.

Parece-nos possível defender que a relevância social não funciona como estruturadora do currículo porque não foi essa a decisão política dos PCN. Ou seja, fazer das disciplinas escolares tradicionais o centro do currículo não é uma exigência do desenvolvimento científico, mas uma opção por um determinado desenho curricular.

---

---

**Parece-nos possível  
defender que a  
relevância social não  
funciona como  
estruturadora do  
currículo porque não  
foi essa a decisão  
política dos PCN**

---

---

### **Entendendo a opção dos PCN**

Vimos defendendo que os critérios de relevância social do conhecimento estão, na realidade, ausentes da estruturação disciplinar dos PCN. Os temas transversais, apresentados como fundamentais para a atuação crítica do aluno na sociedade, são, na realidade, postos em um patamar de importância inferior ao das disciplinas na organização do guia curricular. Os estudos de Goodson sobre a história das disciplinas escolares ajudam-nos a entender por que o conhecimento formalmente estabelecido é privilegiado em detrimento daquele aplicado ao entendimento imediato de uma questão prática.

Goodson (1993) vem se dedicando a sistematizar o conhecimento obtido em estudos que identificam a gênese das disciplinas escolares e sua entrada e legitimação nos currículos. O autor argumenta que a gênese e a permanência de uma disciplina no currículo é um processo de seleção e de organização do conhecimento escolar para o qual convergem fatores lógicos, epistemológicos, intelectuais, rituais, interesses de hegemonia e de controle, conflitos culturais, questões pessoais.

Estudando disciplinas como a geografia, a biologia e os estudos rurais, Goodson observou a existência de uma nova regularidade na criação e consolidação das disciplinas no currículo escolar. Para se firmar no currículo, uma disciplina tende a envolver a passagem de uma orientação inicial mais pedagógica e utilitária para uma tradição mais acadêmica. Ou seja, ao ser criada, uma disciplina escolar busca resolver um problema imediato relacionado ao mundo cotidiano dos alunos. No entanto, para conseguir se manter no currículo, precisa se legitimar como área de saber científico, transformando-se em uma disciplina formal e distante da vida prática.

Essa conclusão é extremamente útil para a argumentação central deste artigo, uma vez que aponta para a relação entre a utilidade prática do conhecimento escolar, com sua capacidade de resolver problemas do dia-a-dia dos alunos, e a organização do currículo. Segundo os estudos históricos sistematizados por Goodson, a maioria das disciplinas escolares se estabelece no currículo não por constituírem áreas científicas importantes na sociedade, mas por se mostrarem capazes de lidar com os problemas cotidianos da vida em sociedade. Na Alemanha do pós-guerra era fundamental a noção dos limites geográficos da nação, justificando-se a criação de um espaço curricular destinado ao seu estudo: a disciplina geografia. Da mesma forma, hoje justificariamos o surgimento de espaços para o estudo do meio ambiente, das doenças sexualmente transmissíveis, das regras de trânsito. Ao mesmo tempo em que a entrada de uma disciplina no currículo se associa à utilidade prática imediata, sua manutenção depende da formalização do campo de estudos. Goodson mostra



que algumas disciplinas escolares que não se relacionam a áreas academicamente estabelecidas passam a ser as responsáveis pela criação dessas áreas e, portanto, pela formalização do conhecimento no campo. Foi esse o caso da geografia, que, uma vez introduzida como disciplina escolar, fez surgir uma especialidade acadêmica. Nos casos em que não ocorre a formalização da disciplina criada com finalidades utilitárias, ela acaba por deixar de existir no currículo ou passa a ser relegada ao currículo dos cursos de menor status social.

As conclusões de Goodson mostram que tanto a criação de disciplinas escolares como sua manutenção no currículo repousa em tradições de valorização de determinados campos de conhecimento escolar relacionados à origem social e ao destino ocupacional da clientela: as classes média e alta são preparadas academicamente para a vida profissional, enquanto a escola destinada às classes baixas ministra um ensino vocacional ou ocupacional, frequentemente mais utilitário. Essa separação cria um movimento de valorização social dos conhecimentos necessários à preparação para a vida acadêmica ou profissional, em detrimento do saber utilitário, mais relacionado a ocupações não-profissionais nas quais trabalha a grande maioria das pessoas.

A tradição acadêmica conta com dois mecanismos de manutenção: de um lado, o componente ideológico presente no senso comum; de outro, os exames nacionais, que desprestigiam o conhecimento utilitário. Esse movimento rumo a um conhecimento menos relacionado ao mundo prático é, no entanto, contraditório. Em face das influências econômicas e industriais, a pressão por currículos utilitários permanece, historicamente, muito forte, a despeito de seu menor status social. Esse movimento faz com que o caráter utilitário dos currículos seja fortemente preconizado; no entanto, sua

aplicação acaba sendo restrita às classes sociais menos favorecidas. No Brasil, a profissionalização proposta pela lei nº 5692/71 é um exemplo flagrante dessa realidade. Nela, a idéia de utilidade foi apresentada como ponto fundamental da política educacional do Estado, mas não chegou a presidir a formação das elites.

Os estudos históricos de Goodson nos indicam alguns pontos de reflexão. Primeiramente, chamam a atenção para o fato de que as disciplinas escolares não são mero reflexo das disciplinas científicas. Se algumas disciplinas escolares têm uma relação direta com campos de saber historicamente estabelecidos, outras são criadas em função de fatores diversos. Essa constatação estabelece um conceito de disciplina escolar que não tem contrapartida necessária no conceito de disciplina científica. Assim, os mais diversos

temas podem se agrupar como disciplinas escolares, sem que precisem partilhar dos critérios definidores de uma disciplina científica. Esse procedimento efetivamente tem sido realizado em inúmeros currículos de cursos superiores, especialmente na área de humanas e nos núcleos profissionais dos diferentes cursos em que conteúdos são reunidos sob a rubrica de uma disciplina, sem que haja relação direta com disciplinas científicas estabelecidas.

Da constatação de que não existe correspondência imediata entre disciplinas científicas e escolares deriva um segundo argumento fundamental: o critério utilidade é um dos mais potentes na criação de disciplinas escolares, embora não tenha a mesma força quando se trata de manter a disciplina dentro do currículo. O processo de expulsão de disciplinas não-formalizadas do currículo tende a transferi-las para currículos aplicados apenas a grupos socioeconomicamente menos favorecidos.

Observamos que a idéia de utilidade do conhecimento, embora proclamada como fundamental nos discursos sobre a escolarização, tende a não se transformar em realidade. Defendemos que isso

---

**A tradição acadêmica conta com dois mecanismos de manutenção: de um lado, o componente ideológico presente no senso comum; de outro, os exames nacionais, que desprestigiam o conhecimento utilitário**

---

não ocorre por acaso, por incompetência ou pelas amarras das disciplinas, mas porque o conhecimento formal dissociado da prática constitui um poderoso elemento de diferenciação social. Faz parte de um processo de divisão social do conhecimento, no qual a ênfase no conhecimento formalmente organizado funciona como um poderoso instrumento de diferenciação social. Nesse sentido, a inserção dos temas transversais nos PCN não altera a natureza seletiva da escola.

### Referências bibliográficas

- BRASIL. SECRETARIA DA EDUCAÇÃO FUNDAMENTAL. Parâmetros Curriculares Nacionais: apresentação dos temas transversais, ética. Brasília: MEC/ SEF, 1997a.
- BRASIL. SECRETARIA DA EDUCAÇÃO FUNDAMENTAL. Parâmetros Curriculares Nacionais: introdução aos Parâmetros Curriculares Nacionais. Brasília: MEC/ SEF, 1997b.
- GOODSON, I. *School subjects and the curriculum change*. Londres: Falmer, 1993.
- KILPATRICK, W.H. *The project method*. New York: Teachers College, 1918.
- PIAGET, J. La epistemología de las relaciones interdisciplinarias. In: L. Apostel, G. Berger, A. Briggs e G. Michaud (Org.). *Interdisciplinaridad: problemas de la enseñanza y de la investigación en las universidades*. México: Asociación Nacional de Universidades e Institutos de Enseñanza Superior, 1979.
- SANTOS, B.S. *Introdução a uma ciência pós-moderna*. Rio de Janeiro: Graal, 1989.

### Para saber mais

Para aprofundar a discussão sobre os temas transversais, recomendo:

MACEDO, Elizabeth Fernandes de. Parâmetros curriculares nacionais: a falácia dos temas transversais. *Revista de Educação AEC* - Um balanço educacional brasileiro. Brasília, AEC, v. 27, n. 108, jul/set 1998.

Para conhecer análises referentes às atuais políticas de currículo nacional, sugiro consultar o "Para saber mais" da seção "Espaço Aberto" do número 7 de QNE, além de conhecer o artigo:

LOPES, Alice R. Casimiro. Currículo, conhecimento e cultura: construindo tessituras plurais. In: CHASSOT, Attico & OLIVEIRA, Renato José. (Orgs.) *Ciência, ética e cultura na educação*. São Leopoldo: Editora Unisinos, 1998. p. 27-48.

Para conhecer um pouco mais o trabalho de Ivor Goodson e a história das disciplinas escolares, inclusive na área de ciências, recomendo a leitura de:

GOODSON, Ivor. *Currículo: teoria e história*. Petrópolis: Vozes, 1995.

\_\_\_\_\_. *A construção social do currículo*. Lisboa: Educa, 1997.

# À Procura da VITAMINA C



**A** vitamina C, também conhecida como ácido L-ascórbico, foi isolada pela primeira vez sob forma de pó cristalino branco, em 1922, pelo pesquisador húngaro Szent-Györgi.

Por apresentar comportamento químico fortemente redutor, atua, numa função protetora, como antioxidante; na acumulação de ferro na medula óssea, baço e fígado; na produção de colágeno (proteína do tecido conjuntivo); na manutenção da resistência a doenças bacterianas e virais; na formação de ossos e dentes; na manutenção dos capilares sanguíneos, entre outras.

A deficiência de vitamina C no organismo humano causa o escorbuto, uma doença caracterizada por mudanças patológicas nos dentes e gengivas. Uma característica primária do escorbuto é uma mudança no tecido conjuntivo. Com a deficiência de ácido ascórbico, os mucopolissacarídeos responsáveis pela formação do colágeno são produzidos de forma irregular ou insatisfatória, provocando mudanças significativas na natureza das fibras de colágeno produzidas.

Segundo a literatura, estão no reino vegetal as fontes importantes do ácido ascórbico, representadas por vegetais folhosos (bertha, brócolis, couve, nabo, folhas de mandioca e inhame), legumes (pimentões amarelos e vermelhos) e frutas (cereja-do-pará, caju, goiaba, manga, laranja, acerola etc.).

Dentre os exemplos citados acima, quais contêm maior quantidade de vitamina C? Ao se cozinhar um alimento há perda de vitamina C? Existe diferença na quantidade da vitamina quando uma fruta está verde ou madura?

Estas e outras perguntas do tipo poderão ser facilmente respondidas realizando-se a experiência

**Sidnei Luis A. da Silva**

Fundação Educacional do DF, Brasília - DF

**Geraldo Alberto L. Ferreira e  
Roberto Ribeiro da Silva**

Departamento de Química da Universidade de Brasília, Brasília - DF

---

A seção "Experimentação no Ensino de Química" descreve experimentos cuja implementação e interpretação contribuem para a construção de conceitos químicos por parte dos alunos. Os materiais e reagentes utilizados são facilmente encontráveis, permitindo a realização dos experimentos em qualquer escola.

Este primeiro artigo descreve um procedimento bastante simples para identificação da presença de vitamina C em diversos sucos de frutas. O segundo apresenta um método prático para diferenciar água dura e água mole e analisar seus efeitos sobre sabão e detergentes sintéticos.

---

*ácido ascórbico, vitamina C, óxido-redução*

---

Este artigo foi publicado originalmente na revista *Química Nova na Escola* n. 2, 1995.

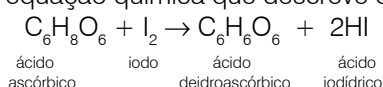
abaixo descrita. Este estudo poderá também ser objeto de pesquisa a ser realizada pelos alunos, sendo seus resultados apresentados e discutidos em sala de aula e/ou exposições de ciências.

### Conceitos envolvidos

A adição de iodo à solução amilácea (água + farinha de trigo ou amido de milho) provoca no meio uma coloração azul intensa, devido ao fato de o iodo formar um complexo com o amido.

Graças a sua bem conhecida propriedade antioxidante, a vitamina C promove a redução do iodo a iodeto, que em solução aquosa e na ausência de metais pesados é incolor. Dessa forma, quanto mais ácido ascórbico um determinado alimento contiver, mais rapidamente a coloração azul inicial da mistura amilácea desaparecerá e maior será a quantidade de gotas da solução de iodo necessária para restabelecer a coloração azul.

A equação química que descreve o fenômeno é:



### Materiais e reagentes:

- 1 comprimido efervescente de 1 g de vitamina C
- Tintura de iodo a 2% (comercial)
- Sucos de frutas variados (limão, laranja, maracujá e caju)
- 5 pipetas de 10 mL (ou seringas de plástico descartáveis)
- 1 fonte de calor (aquecedor elétrico, bico de Bunsen ou lamparina a álcool)
- 6 copos de vidro (do tipo de acondicionar geléia ou alimentação neonatal)
- 1 colher de chá; farinha de trigo ou amido de milho
- 1 béquer de 500 mL
- Água filtrada
- 1 conta-gotas
- 1 garrafa de refrigerante de 1 L

### Procedimento

Colocar em um béquer de 500 mL 200 mL de água filtrada. Em seguida, aquecer o líquido até uma temperatura próxima a 50 °C, cujo acompanhamento poderá ser realizado através de um termômetro ou através da imersão de um dos dedos da mão (nessa temperatura é difícil a imersão do dedo por mais de 3 s). A seguir, colocar uma colher de chá cheia de amido de milho (ou farinha de trigo) na água aquecida, agitando sempre a mistura até que alcance a temperatura ambiente.

Em uma garrafa de refrigerante de 1 L contendo aproximadamente 500 mL de água filtrada, dissolver um comprimido efervescente de vitamina C e completar o volume até um litro.

Colocar 20 mL da mistura (amido de milho + água) em cada um dos seis copos de vidro, numerando-os de 1 a 6. Ao copo 2 adicionar 5 mL da solução de vitamina C; a cada um dos copos 3, 4, 5 e 6 adicionar 5 mL de um dos sucos a serem testados.

A seguir, pingar, gota a gota, a solução de iodo no copo 1, agitando constantemente, até que apareça coloração azul. Anote o número de gotas adicionadas (neste caso, uma gota em geral é suficiente).

Repita o procedimento para o copo 2. Anote o número de gotas necessárias para o aparecimento da cor azul. Caso a cor desapareça, continue a adição de gotas de iodo até que ela persista.

Repita o procedimento para os copos que contêm as diferentes amostras de suco, anotando para cada um deles o número de gotas gasto.

### Informações para o professor

Teores de vitamina C em alguns alimentos/frutas (mg de vitamina C por 100 g de material): limão verde, 63,2 mg; limão maduro, 30,2 mg; laranja-pêra fresca, 40,9 mg; suco concentrado e congelado de laranja, 76,5 mg; caju amarelo maduro, 219,7 mg; goiaba branca, 80,1 mg; goiaba vermelha, 45,6 mg; flores de brócolis cruas, 82,7 mg; flores de brócolis cozidas, 24,6 mg; flores de brócolis desidratadas, 629,0 mg; fruto maduro de cereja-do-Pará, 1790 mg; couve manteiga crua, 108 mg; couve manteiga cozida, 71,4 mg; manga-rosa verde, 146 mg; manga-rosa madura, 71,4 mg; salsa (cheiro verde), 183,4 mg. Uma tabela completa dos teores de vitamina C em alimentos pode ser encontrada em Franco (1992).

### Questões propostas

- Em qual dos sucos houve maior consumo de gotas de iodo?
- Através do ensaio com a solução do comprimido efervescente é possível determinar a quantidade de vitamina C nos diferentes sucos de frutas?
- Procure aferir o teor de vitamina C em alguns sucos industrializados, comparando-os com o teor informado no rótulo de suas embalagens.
- Procure verificar, ao longo de dias, a variação de propriedades de alguns sucos, em termos de manutenção de vitamina C, quando guardados em geladeira e em ambiente natural e fresco.

### Para saber mais

CONN, Eric E. e STUMPFT, P.K. *Introdução à bioquímica*. Tradução por Lélia Mennucci, M. Julia M. Alves, Luiz J. Neto et al. São Paulo: Edgard Blücher, 1975. p. 184-185.

MERVYN, L. *Dicionário de vitaminas*. Tradução por Silvia B. Sarzana. S. Paulo: Ground, 1984. 214 p.

FRANCO, Guilherme. *Tabela de composição química dos alimentos*. 9. ed. Rio de Janeiro: Livraria Atheneu Editora, 1992. 307 p.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ (Brasil). *Livro de normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz*. 3. ed. São Paulo: Imprensa Oficial do Estado de São Paulo (IMESP), 1985. 560p.

# Destazendo o Mito da Combustão da Vela para Medir o Teor de Oxigênio no Ar

**Per Christian Braathen**

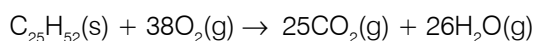
Departamento de Química, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa - MG

## Introdução

**D**urante décadas, professores de ciências e de química, incluindo o autor deste trabalho, acreditaram que se poderia determinar o teor de oxigênio no ar através da combustão de uma vela, afixada no fundo de uma bacia com água, e sobre a qual se invertia um cilindro graduado, como indicado na Figura 1.

A explicação desta metodologia é que a combustão da vela consome **todo** o oxigênio contido no ar.

Supondo que a vela seja constituída apenas por pentacosano (na verdade, a vela é uma mistura de vários hidrocarbonetos sólidos), a reação de combustão poderia ser representado pela equação:



Como podemos ver pela equação sugerida, os produtos da combustão são gás carbônico e vapor d'água. A

pressuposição fundamental do método é de que o vapor d'água se condensa e o gás carbônico, por ser muito solúvel em água, dissolve-se rapidamente.

Como consequência da remoção do gás oxigênio, a pressão dentro do cilindro diminui e a água da bacia sobe pelo cilindro até uma altura que corresponde ao volume ocupado pelo gás oxigênio. Comparando-se esse volume com o volume total do cilindro, calcula-se



Figura 1.

---

Este artigo procura desfazer o entendimento bastante difundido entre professores de ciências e química de que o teor aproximado do oxigênio no ar pode ser satisfatoriamente determinado por meio da combustão de uma vela dentro de um cilindro invertido num recipiente com água. Em seguida, resgata, com importantes adaptações, um método fácil, rápido e econômico para esta determinação.

*ar, oxigênio, teor de oxigênio*

---

Este artigo foi publicado originalmente na revista *Química Nova na Escola* n. 12, 2000.

o teor de oxigênio no ar em porcentagem v/v.

Esse assunto foi debatido repetidamente no *Journal of Chemical Education* nos últimos anos, inclusive com um suposto refinamento do método de combustão descrito por Fang (1998), em janeiro de 1998. O editorial de John Moore (1999), editor chefe daquele periódico, e o artigo de Birk e Lawson (1999), no número de julho de 1999, finalmente colocam uma “pá de cal” nesse método.

Como a composição do ar que respiramos e, principalmente o teor de oxigênio, é de interesse evidente no ensino de Ciências e de Química, faremos neste trabalho algumas considerações sobre as falácias desse método e resgataremos, com uma importante modificação, um método simples e reproduzível descrito por Birk, McGrath e Gunter em 1981 (Birk *et al.*, 1981).

### As falácias do método

Muitas são as falácias desse decantado método de determinação do teor de oxigênio no ar. Entre estas, as principais são: (a) o gás carbônico formado se dissolve rapidamente, devido à sua “grande” solubilidade em água e (b) a combustão é completa. Na verdade o processo de dissolução é bem lento (Birk e Lawson, 1999) e a combustão não é completa.

A prova mais contundente de que o oxigênio não é totalmente (nem aproximadamente) removido do ar contido no cilindro pela combustão da vela é uma experiência, realizada por Birk & Lawson (1999), em que se queima uma vela sob uma campânula na presença de um rato, conforme ilustrado pela Figura 2.

Nessa simples experiência verifica-se que o rato continua bastante ativo, e sem sinal de falta de oxigênio, muito depois de a vela se apagar. Ou seja, a vela se apaga bem antes de consumido todo o oxigênio contido na campânula. Além disto, é notório que, na presença de “pouco” oxigênio (no final da combustão da vela), a combustão será incompleta, com formação de monóxido de carbono, que é muito pouco solúvel em água.

Uma pergunta importante: por que o método da combustão da vela continuou sendo usado por tanto tempo? A resposta é simples: os resultados obtidos freqüentemente são bastante coerentes com o porcentual de 21% v/v de  $O_2$  no ar. Como diz John Moore no editorial do *Journal of Chemical Education* de julho de 1999: “Mais importante do que obter a resposta certa é obter certo a resposta”. O método da combustão da vela é um excelente exemplo de como se pode obter a resposta “certa” pelas razões erradas. Em outras palavras, o mito da combustão da vela para a determinação do teor de oxigênio no ar sobreviveu durante décadas porque uma série de fatores aparentemente “conspiram” para a obtenção de resultados coerentes com o teor esperado. Durante a combustão ocorre aumento de temperatura, que ocasiona expansão e possível escape de gases. Depois, ocorre resfriamento e contração do volume. Uma parte do oxigênio é de fato consumida. Uma parte do  $CO_2$  de fato dissolve-se e, assim, o resultado obtido regularmente parece revelar a “verdade”.



Figura 2.

### Resgatando e adaptando um método simples de se determinar o teor de oxigênio no ar

Determinar o teor de oxigênio é importante no ensino de Ciências e de Química (tendo em vista a importância dessa substância para a vida na terra) e para caracterizar que o ar é uma mistura em que o oxigênio é apenas um dos componentes. Muitos métodos existem para essa determinação descritos na literatura (método do pirogalol, método do fósforo branco, método do cobre em meio amoniacal etc.<sup>1</sup>), mas a maioria não atende aos critérios fundamentais para o ensino experimen-

tal de Ciências e Química em nível Fundamental e Médio, ou seja, segurança, rapidez, exatidão, reprodutibilidade e, principalmente, equipamentos e reagentes simples, acessíveis, de fácil e segura manipulação.

Maldaner em seu livro *Construção de Conceitos Fundamentais* (Maldaner, 1992) descreve um método muito simples, recomendado também pelo GEPEQ do Instituto de Química da USP em livro de laboratório (GEPEQ, 1999), que consiste na oxidação de palha de aço no fundo de uma proveta emborcada num recipiente com água, que atende a todos os quesitos citados acima, exceto rapidez. Os autores sugerem de dois a três dias.

Entretanto, Birk *et al.* (1981) descreveram um método, baseado na mesma reação, reprodutível e razoavelmente exato para a determinação do teor de oxigênio no ar, mas que leva apenas de 20 min a 30 min. Consiste na oxidação rápida de ferro contido em palha de aço, previamente tratado com ácido acético em variadas concentrações, desde o glacial (17,5 mol/L) até soluções diluídas como, por exemplo, 0,25 mol/L.

Como o ácido acético não é um reagente de fácil acesso aos professores do Ensino Fundamental e Médio, o autor deste trabalho testou e modificou o procedimento descrito pelos autores acima substituindo-o por vinagre (aproximadamente 0,8 mol/L em ácido acético) e por vinagre diluído com água na proporção 1:1, obtendo os melhores resultados com o vinagre diluído. Além disso sugere-se o uso de uma proveta de 100 mL, em vez de 25 mL, e aproximadamente 4 g de palha de aço, em vez de aproximadamente 1 g, para tornar o experimento mais visível e convincente.

O experimento é executado como segue. A metade de uma bucha de palha de aço (aproximadamente 4 g) é embebida em vinagre (puro ou diluído com água) num copo e revolvida rapidamente nesse vinagre por aproximadamente 1 min. Em seguida, a bucha é sacudida vigorosamente numa pia para eliminar a maior parte do vinagre e rapidamente introduzida no fundo de uma proveta de 100 mL, que, logo em seguida, é emborcada em um béquer de 500 mL contendo água. Nessas condições, todo o oxigênio contido na proveta é consumido na oxidação da palha de aço em aproximadamente 20 min, e a água sobe para dentro da proveta até um nível correspondente ao volume de oxigênio removido. Na hora de medir esse volume, deve-se tomar o cuidado de ajustar a proveta (elevá-la) de modo que os níveis de água dentro da proveta e dentro do béquer coincidam (para igualar a pressão interna e externa). O teor de oxigênio é então calculado, comparando-se o volume ocupado pela água dentro da proveta com o volume total da mesma. Todo o procedimento é ilustrado pela Figura 3.

À primeira vista, poder-se-ia ter a impressão de que o volume ocupado pela bucha de palha de aço levaria a um grande erro. Esse não é o caso. A densidade do ferro é de aproximadamente 8 g/cm<sup>3</sup> e, assim, 4 g de palha de aço ocupariam aproximadamente 0,5 cm<sup>3</sup> ou 0,5 mL, o que levaria então a um

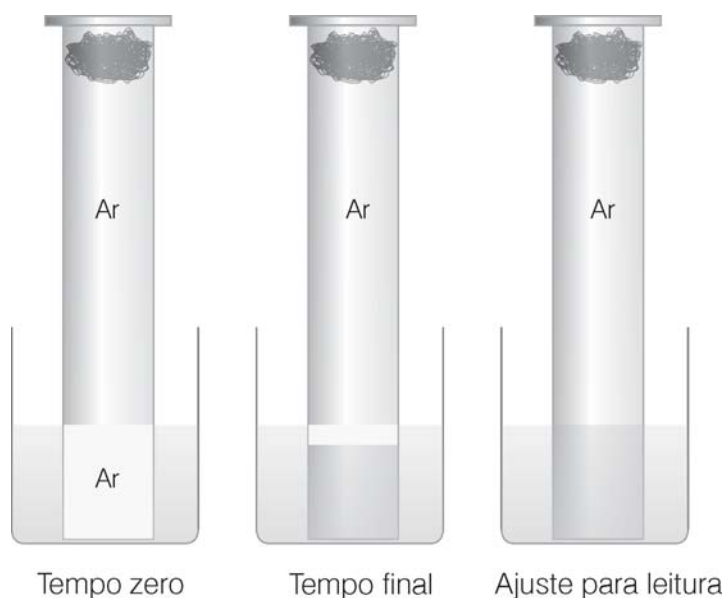


Figura 3.



erro de aproximadamente 0,5%. Obviamente, há outras fontes de erro, tais como a umidade do ar (vapor d'água), precisão nas medidas de volumes e assim por diante. Entretanto, o autor e equipes de estudantes encontraram, consistentemente, resultados entre 20% e 21%, que são perfeitamente aceitáveis à finalidade que se destina o experimento.

Na falta de uma proveta, esta pode ser substituída por um recipiente cilíndrico de plástico, preparado a partir de um frasco de xampu ou similar.

### Considerações sobre o papel do ácido acético

Vale a pena fazer algumas considerações sobre o papel do ácido acético nesse experimento. Não temos dúvida de que o principal papel do ácido acético é o de "limpar" a superfície da palha de ácido (removendo óxido etc.). Sem a limpeza com ácido acético, o experimento é muito lento (muitas horas e até dias, dependendo do tamanho da amostra de ar). Birk *et al.* (1981) relatam de que ao usar ácido acético glacial é necessário lavar a palha de aço em água destilada antes de introduzi-la na proveta, para evitar a formação de hidrogênio gasoso. Entretanto, enfatizam que a remoção completa do ácido é prejudicial à velocidade do experimento, o que sugere que o ácido acético desempenha um possível papel catalisador. Essa noção é reforçada pelo fato que Birk *et al.* (1981) relatam que ao substituírem ácido acético por HCl 6 mol/L, o experimento leva duas vezes mais tempo (40 min) e com  $H_3PO_4$  6 mol/L leva mais de 2 h, não esclarecendo se neste caso a palha de aço é lavada com água após o tratamento. Em seu trabalho, originalmente apresentado no 179º Encontro Nacional da Sociedade Americana de Química, em 1980, os autores não oferecem nenhuma especulação sobre por que o ácido acético acelera a reação mais que os outros ácidos experimentados pelos autores. O fato de que todos esses ácidos liberam íons  $H^+$  (aq) e que a concentração desses íons não parece ser muito crítica, já que vinagre diluído dá resultados praticamente tão bons quanto o ácido acético glacial, sugere que os íons acetato desempenham um papel na aceleração do processo de oxidação da palha de aço. É um assunto que, sem dúvida, vale a pena ser mais explorado, em termos de possíveis mecanismos da reação. O autor pretende examinar mais a fundo esse aspecto do método e conta com sugestões de colegas na elucidação desse aparente "mistério".

### Considerações finais

Embora não tenha havido neste artigo a intenção de abordar a combustão *per se*, é pertinente ressaltar que experimentos relacionados à combustão (não apenas o da combustão da vela, mas também aquele do ovo que entra na garrafa, geralmente explicado de forma equivocada) devem ser tratados com muita cautela e reflexão, principalmente no Ensino Fundamental, no qual são introduzidos pela primeira vez. Pesquisas realizadas, por exemplo por Johnson (1997), mostram que o fenômeno da combustão é de difícil compreensão por parte de alunos de diferentes níveis de escolaridade. Essas dificuldades estão relacionadas a diversos aspectos, entre os quais destacamos:

- os alunos não parecem ter noção real do que seja um gás (uma amostra de gás não é vista como uma amostra de substância ou substâncias);
- a idéia de combustão requer longo tempo para ser desenvolvida;
- a idéia de interação entre os reagentes, formando novas substâncias, parece estar longe dos alunos;
- os alunos sabem que o oxigênio é necessário para a queima, mas não conseguem estabelecer qual é o seu real papel;
- alunos, de várias etapas de escolaridade, submetidos a um problema sobre queima de combustíveis em um automóvel, em sua grande maioria **não** admitem que a massa de gases produzidos na combustão de gasolina em um veículo é maior do que a massa de gasolina utilizada (esquecem o oxigênio).

Dificuldades desse tipo também têm sido observadas em alunos de graduação e professores. Talvez por isso, interpretações errôneas de experimentos sobre combustão sejam aceitas com naturalidade por todos e difundidas por décadas.

### **Nota**

<sup>1</sup> Veja, por exemplo, DAVENPORT e SABA, *J. Chem. Ed.*, v. 39, p. 617, 1962 e LINCOLN e KLUG, *J. Chem. Ed.*, v. 12, p. 375, 1935.

### **Referências bibliográficas**

BIRK, J.P. e LAWSON, E. The persistence of the candle-and-cylinder misconception. *Journal of Chemical Education*, v. 76, n. 7, p. 914-916, 1999.

BIRK, J.P.; MCGRATH, L e GUNTER, S.K. A general chemistry experiment for the determination of the oxygen content of air. *Journal of Chemical Education*, v. 58, n. 10, p. 804-805, 1981.

FANG, C.-H. A simplified determination of percent oxygen in air. *Journal of Chemical Education*, v. 75, n. 1, p. 50-52, 1998.

GEPEQ - GRUPO DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO QUÍMICA. *Livro de laboratório – Módulos III e IV – Interações e transformações I*. 5ª ed. São Paulo: Editora da USP, 1999.

JOHNSON, P. Why combustion is one of the last things we should expect children to understand. ECRICE, York, 1997.

MALDANER, O. A. *Construção de conceitos fundamentais*. Ijuí: Livraria UNIJUÍ, Editora, 1992.

MOORE, J. Getting an answer right. *Journal of Chemical Education*, v. 76, n. 7, p. 877, 1999.

### **Para saber mais**

Embora em inglês, recomendamos enfaticamente a leitura do artigo de Birk e Lawson (1999), que, ao nosso ver, acaba de vez com o mito da combustão da vela como método para a determinação do teor de oxigênio no ar.

Os livros de Ensino Médio dedicam muito pouco espaço ao ar e seus componentes. Livros de ciências do Ensino Fundamental apresentam um pouco mais, razão pela qual incluímos dois na relação de fontes para saber mais.

BARROS, C. e PAULINO, W.R. *Ciências – O meio ambiente, 5ª série*. São Paulo, Editora Ática, 1999.

FELTRE, R. *Fundamentos da química, volume único, 2ª ed.* São Paulo, Editora Moderna, 1998. Cap. 10.

GOWDAK, D. & MARTINS, E. *Ciências – Natureza e vida, 5ª série*. São Paulo, Editora FTD, 1998.

# Experiências Láceas

O leite recebe, no comércio, diferentes classificações baseadas em critérios que consideram desde a forma de ordenha até o transporte e o processamento. A Tabela 1 resume alguns desses critérios.

Até que ponto essa classificação resulta em produtos uniformes? Ou seja, todos os leites do mesmo tipo (A, B, C etc.) são semelhantes? Têm o mesmo teor de nutrientes?

## Primeira experiência: comparação de diferentes tipos de leite quanto à quantidade de proteínas

Nesta experiência serão separadas a caseína e a albumina, as principais proteínas do leite. É importante que cada grupo trabalhe com um tipo diferente de leite para que os resultados da classe possam ser comparados. É importante também comparar leites de mesmo tipo mas de diferentes fabricantes.

### Material por grupo

200 mL de leite de algum dos tipos indicados na Tabela 1 (o grupo que trabalhar com leite em pó deverá reconstituí-lo seguindo as instruções da embalagem)

10 mL de vinagre

2 pedaços de pano fino (20 cm x 20 cm aproximadamente)

2 béqueres de 250 mL

Sistema para aquecimento (tripé com tela refratária, bico de gás)

### Procedimento geral

Aqueça o leite em um dos béqueres até ficar bem morno, mas sem ferver. Retire do fogo e acrescente vinagre aos poucos, até que se formem grumos de um material

**Julio Cezar Foschini Lisbôa** e  
**Monique Bossolani**

Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras  
da Fundação Santo André, Santo André -  
SP

---

Neste artigo são propostas três experiências: a primeira sugere um estudo comparativo de diversos tipos de leite por meio da separação de caseína e albumina; a segunda consiste na realização de testes que possam indicar a presença de alguns materiais estranhos ao leite como amido, ácido bórico e ácido salicílico, e a terceira mostra como proceder para obter o polímero formol-caseína a partir do leite.

*características do leite, identificação de  
componentes do leite, fraudes do leite*

---

Este artigo foi publicado originalmente na revista *Química Nova na Escola* n. 6, 1997.

Tabela 1 – Alguns tipos de leite.

Classificação do leite	Características
Tipo “A”	Ordenha mecânica; pasteurização na própria granja leiteira
Tipo “B”	Ordenha mecânica; transporte sob refrigeração; pasteurização na usina
Tipo “C”	Ordenha manual ou mecânica; transporte sem refrigeração às usinas para pasteurização
Reconstituído	Leite em pó ao qual se adicionou água
Leite em pó	Leite desidratado
Leite longa vida	Esterilizado pelo processo UHT ( <i>ultra high temperature</i> ), pelo qual o leite é aquecido durante 4 a 6 s a temperaturas próximas de 140 °C.

branco. Esse material é uma das proteínas do leite: a caseína. Coe a caseína utilizando um dos pedaços de pano, recolhendo o soro no outro béquer. Lave o béquer que continha o leite para utilização na próxima etapa.

Aqueça agora o soro, deixando-o ferver. Após algum tempo de fervura, formam-se grumos que são constituídos por outra proteína do leite: a albumina. Tal como procedeu com a caseína, coe o material para reter a albumina no pano e recolha o soro em outro béquer, que já deverá estar limpo. Guarde o soro para testes que serão realizados na próxima experiência.

Compare as quantidades de caseína e de albumina que seu grupo obteve com as que outros grupos obtiveram e registre as observações anotando tipos e marcas de leite usados. Procure ordenar os tipos de leite de acordo com a quantidade de cada proteína que contêm.

### **Segunda experiência: testes para verificar a presença de substâncias estranhas ao leite**

Nesta parte da experiência são descritos testes para verificar se no leite há amido, ácido salicílico ou ácido bórico. Estes foram escolhidos por empregarem materiais e reagentes de fácil aquisição.

#### **Teste para amido**

##### **Material**

- Leite
- Solução de iodo de farmácia
- Tubo de ensaio (16 mm x 150 mm, aproximadamente)
- Cilindro graduado de 10 mL

##### **Procedimento**

Coloque 10 mL de leite em um tubo de ensaio e aqueça ligeiramente. Pingue de cinco a seis gotas de solução de iodo. Se o leite contiver amido, aparecerá uma coloração que pode ser azul, roxa ou quase preta. Essa coloração deve-se à formação de um complexo de amido e iodo.

#### **Teste para ácido salicílico e salicilatos**

##### **Material**

- Soro de leite (obtido na primeira experiência)

Solução aquosa de cloreto de ferro (III) - 2 g/100 mL ( $\text{Fe Cl}_3$  é encontrado em lojas de materiais eletrônicos com o nome de perclorato de ferro)

Cilindro graduado de 10 mL

### Procedimento

Acrescente de quatro a cinco gotas de solução de cloreto de ferro (III) em cerca de 10 mL de soro. O aparecimento de uma coloração que vai do rosa até o violeta indica a presença do ânion salicilato.

### Teste para ácido bórico

#### Material

Leite

Glicerina

Solução aquosa de NaOH 0,1 mol/L (pode ser usada soda cáustica para preparar a solução)

Solução de fenolftaleína a 0,5% (esta solução pode ser obtida acrescentando-se dois comprimidos de Lacto-purga® triturados a 50 mL de álcool. Acrescentam-se 50 mL de água, agita-se bem e filtra-se. A solução obtida conterá também lactose, que não interferirá no teste.)

Tubo de ensaio (16 mm x 150 mm, aproximadamente)

Cilindro graduado de 10 mL

### Procedimento

Acrescente cerca de três gotas de solução de fenolftaleína a 5 mL de leite. Junte gota a gota a solução de NaOH 0,1 mol/L até o aparecimento de uma leve cor rósea. Acrescente então 1 mL de

### Fraudes no leite

A qualidade do leite é controlada pelos institutos de saúde pública por meio de testes específicos que envolvem determinação de densidade, teor de gordura, rancidez e acidez, e a presença de aditivos usados para conservação ou de materiais estranhos ao leite para esconder seu 'batismo' com água. A tabela a seguir mostra alguns materiais que já foram encontrados no leite e sua função no 'processo' de fraude.

Material	Função
antibióticos	conservar o leite, evitando a ação de microorganismos
formol	conservar o leite, evitando a ação de microorganismos
urina	'disfarçar' a adição de água ao leite, mantendo a densidade inicial
amido	'disfarçar' a adição de água ao leite, mantendo a densidade inicial
ácido salicílico e salicilatos	conservar o leite, evitando a ação de microorganismos
ácido bórico e boratos	conservar o leite, evitando a ação de microorganismos
bicarbonato de sódio	'disfarçar' o aumento de acidez do leite observado quando ele está em estágio de deterioração

glicerina. Se a cor rósea desaparecer pode ser indício da presença de ácido bórico. Isso porque o  $H_3BO_3$ , que é ácido muito fraco em soluções aquosas, apresenta maior grau de ionização em glicerina, o suficiente para fazer desaparecer a coloração rósea.

### **Terceira experiência: obtenção do plástico formol-caseína (galalite)**

Este foi um dos primeiros plásticos a ser utilizado. É um polímero termofixo, isto é, não amolece com o aquecimento e portanto não pode ser moldado. Entretanto, pode ser lixado e polido. Teve amplo uso na fabricação de botões, pentes e cabos de facas.

#### **Material**

Pano contendo a caseína obtida na primeira experiência  
10 mL de formol (solução de formaldeído a 40 %)  
Tubo de ensaio

#### **Procedimento**

Lave muito bem a caseína, no próprio pano, para retirar todo o soro.

Comprima bem o material obtido e dê-lhe alguma forma, como por exemplo um dado, uma esfera etc.

Mergulhe esse material em um tubo de ensaio contendo 10 mL de formol e deixe em repouso por dois ou três dias. Após esse tempo, retire-o do formol, lave bem e deixe secar ao ar. Depois de seco o objeto poderá ser lixado e polido.

**CUIDADO:** o formol é irritante, principalmente para os olhos!

### **Questões propostas**

1. O que se observou quanto ao teor de proteínas (caseína e albumina) nos diferentes tipos de leite?
2. A classificação do leite em um determinado tipo é uniforme quanto aos teores de proteínas?
3. Que procedimento deve ser seguido para confirmar se materiais estranhos encontrados no leite constituem fraude?
4. Por que é importante a remoção do soro do leite para a formação do plástico formol-caseína?
5. Se os diferentes tipos de leite forem deixados expostos ao ar, qual deverá apresentar maior crescimento de fungos?

### **Referências bibliográficas**

BEHMER, M.L.A. *Lactícínios*. São Paulo: Melhoramentos, 3ª edição 1965.  
VILLELA, G.G; Bacila, M & Tastaldi, H. *Técnicas e experiências de bioquímica*. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1973.  
FERNANDES, J. *Química analítica qualitativa*. São Paulo: Hemus, 1982.  
AMBROGI, A.; LISBOA, J.C.F & SPARAPAM, F.R.F. *Química para o magistério*. São Paulo: Editora Harbra, 1995.

### **Para saber mais**

BENDER, A.E. *Dicionário de Nutrição e Tecnologia de Alimentos*. Trad. da 4a. ed. São Paulo: Livraria Roca.  
VANIN, J.A. *Alquimistas e químicos - o passado, o presente e o futuro*. São Paulo: Editora Moderna, 1995.

# Extraíndo



Óleos  
Essenciais

# de Plantas

**U**ma forma de tentar eternizar alguns aromas é através dos *perfumes*. Os perfumes são soluções que contêm substâncias aromáticas com um cheiro agradável e penetrante. O principal constituinte de um perfume é a *essência* (óleo essencial). As essências podem ser de origem natural ou sintética. As de origem natural são geralmente extraídas de plantas, flores, raízes ou animais, enquanto as sintéticas tentam reproduzir no laboratório os aromas naturais. A extração de uma essência natural é realizada por prensagem, maceração, extração com solventes voláteis, enfleurage ou através de destilação por arraste a vapor. Este último método se mostra como o mais eficiente e de menor custo, sendo ainda o mais adequado para a extração de determinadas substâncias de uma planta.

Este experimento propõe a extração de óleos essenciais de plantas encontradas no Brasil, utilizando a destilação por arraste a vapor, a partir da utilização de materiais alternativos, de modo a levar o aluno de Ensino Médio a relacionar uma técnica usual com os conhecimentos vistos em sala de aula.

## Materiais e reagentes

O sistema de destilação por arraste a vapor utilizado é montado com materiais alternativos, o que possibilita a sua confecção a um baixo custo. A seguir é listado todo o material utilizado na montagem da aparelhagem, bem como (entre parênteses) o seu correlato em um laboratório químico.

- Lâmpada de 25 watts sem o miolo (balão de fundo redondo)
- Y de PVC – conexão (cabeça de destilação)
- Condensador de acrílico (condensador de tubo reto)
- Lamparina (bico de Bunsen)

### Pedro Ivo Canesso Guimarães

Departamento de Química Orgânica da Universidade Estadual do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro - RJ

### Raimundo Elito Conceição Oliveira

Colégio de Aplicação da Universidade Estadual do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro - RJ

### Rozana Gomes de Abreu

Departamento de Química Fundamental da Escola Técnica Federal de Química do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro - RJ

---

Neste artigo é relatado um experimento de extração de essências de plantas através da destilação por arraste a vapor, utilizando-se materiais alternativos amplamente disponíveis.

*essências, extração, experimentação no ensino de química*

---

Este artigo foi publicado originalmente na revista *Química Nova na Escola* n. 11, 2000.

- Suporte de madeira (suporte universal)
- Pinça de gelo (garra)
- Vidro de remédio (frasco coletor - erlenmeyer)
- Rolhas de cortiça
- Termômetro
- Mangueiras de látex

O condensador de acrílico, como mostra a Figura 1, é montado utilizando-se dois copos de acrílico, incolores e transparentes, duas metades de um tubo de caneta BIC, uma mangueira de polietileno, cola Superbond<sup>®</sup> e Durepoxi<sup>®</sup>. Inicialmente, os copos são furados com uma furadeira e, nestes furos, adaptam-se as duas metades do tubo de caneta e a mangueira de polietileno, que são colados e vedados com resina epóxi. As bocas dos copos também são coladas e vedadas com Durepoxi<sup>®</sup>. Todo o material utilizado na confecção do condensador de acrílico e os outros componentes do sistema de destilação têm um custo baixo (Figura 2).

A Tabela 1 mostra as plantas utilizadas na experiência. Essas plantas foram selecionadas, pois apresentam um bom rendimento no processo de extração e são encontradas na maioria das regiões do país. Outras plantas podem ser utilizadas com a mesma eficiência, dependendo apenas da sua disponibilidade.

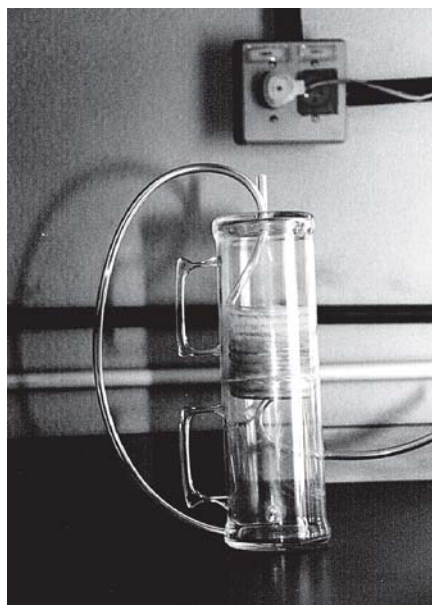


Figura 1 – Condensador acrílico.

### Procedimento

Inicialmente, a folha ou raiz da planta da qual se deseja extrair o óleo essencial deve ser triturada ou cortada em pequenos pedaços, sendo então introduzida na lâmpada. Em seguida, acrescenta-se água até aproximadamente a metade do volume da lâmpada. Após todo o sistema de destilação ter sido montado, inicia-se o seu aquecimento. Note que o conteúdo começa a destilar em alguns minutos. O extrato, arrastado pelo vapor, é recolhido em um recipiente apropriado, como mostrado na Figura 3.

### Resultados e discussão

Normalmente, são obtidos óleos emulsionados que se caracterizam por serem líquidos de cor levemente amarela a incolor e de odor correspondente ao do principal constituinte do óleo essencial. A quantidade de água colocada na lâmpada deve ser muito superior à normalmente utilizada em uma destilação simples, já que a aparelhagem não permite a introdução de água durante a realização da destilação e o vapor é gerado *in situ*. Não se optou por gerar o vapor em outro recipiente devido às dificuldades de se montar esse

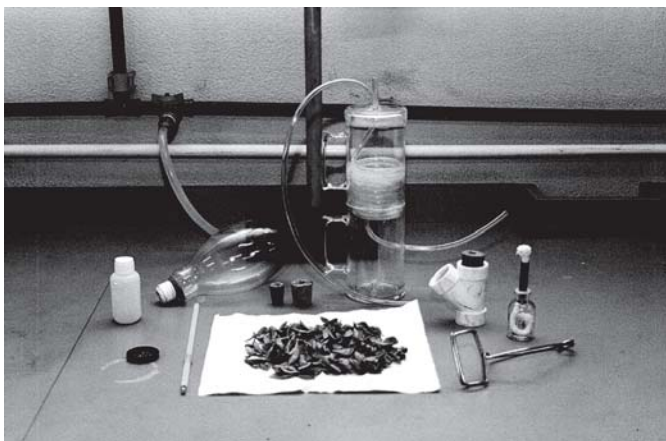


Figura 2 – Material de fácil acesso que pode ser utilizado no experimento.



Tabela 1 – Plantas selecionadas para a experiência.

Planta	Tipo de essência	Parte da planta extraída	Principais compostos extraídos	Aplicação
Manjeriçã	“basílico”	aérea	eugenol	perfumaria, anestésico odontológico e aromatizante para bebidas não alcoólicas
Capim-limã	“lemongrass”	folhas	citral	agente aromatizante da indústria de perfumaria e cosméticos
Laranja da terra	“petit grain”	folhas	acetato de lanalina e linalol	agente aromatizante da indústria de perfumaria e cosméticos

sistema, além das prováveis perdas que ocorreriam durante o processo.

Caso o principal constituinte da essência possua insaturações (ex.: eugenol), sua presença pode ser confirmada através do descolorimento de uma solução aquosa diluída de permanganato de potássio gotejada sobre o extrato.

É aconselhável que o aluno compare as essências obtidas no experimento com essências comerciais, bem como seja estimulada a associação desses aromas com os presentes em seu cotidiano.

Essa experiência propicia ao aluno de Ensino Médio conhecer uma técnica de destilação e avaliar o seu emprego, verificar a importância dos aromas no seu dia-a-dia, bem como vivenciar as etapas iniciais da produção de um perfume ou aromatizante.

### Questões propostas

1. Em que se baseia a técnica de destilação por arraste a vapor?
2. Com que outros odores conhecidos se assemelham os dos extratos obtidos?
3. Por que a solução de  $\text{KMnO}_4$  descora quando gotejada sobre certos extratos?
4. Procure verificar nos rótulos de perfumes, produtos alimentícios e de higiene os aromas e aromatizantes presentes.

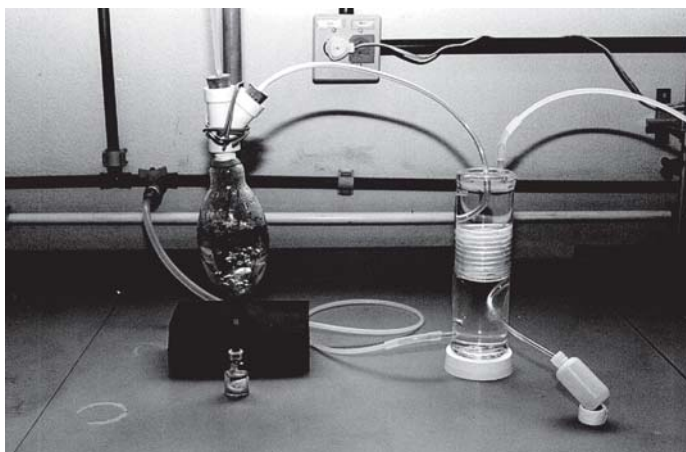


Figura 3 – Sistema de destilação por arraste a vapor.

### Para saber mais

DIAS, S.M. e SILVA, R.R. da. Perfumes: uma química inesquecível. *Química Nova na Escola*, n. 4, p. 3-6, 1996.  
 CRAVEIRO, A.A.; FERNANDES, A.G.; ANDRADE, C.H.S.; MATOS, F.J. de A.; ALENCAR, J.W. de e MACHADO, M.I.L. *Óleos essenciais de plantas do nordeste*. Fortaleza: Ed. da UFC, 1981.  
 TRINDADE, D.F e DEUS, C. de. *Como fazer perfumes*. São Paulo: Ícone, 1986.  
 VOGEL, A. *Química orgânica. Análise orgânica qualitativa*. Trad. de A. C. Costa, O.F. dos Santos e C.E.M. Neves. Rio de Janeiro: Ao Livro Técnico, 1981. v. 1.

# Determinação do



# RAIO ATÔMICO

## de alguns metais

**José de Alencar Simoni** e  
**Matthieu Tubino**

Instituto de Química da Unicamp,  
Campinas - SP

**H**á alguns anos, publicamos um artigo que descrevia um experimento para a determinação dos parâmetros de uma cela unitária (Tubino, 1983), aplicável aos cursos de química de nível superior. Percebemos que muitos professores do ensino médio gostariam de usar o experimento mas esbarravam em duas dificuldades: a balança de precisão e a compra e uso do tolueno. Assim, procuramos fazer algumas modificações, tornando o experimento de menor custo e exequível em condições simples. A idéia fundamental é que o volume de um líquido deslocado por determinada massa de um sólido pode ser utilizado para determinar a densidade desse sólido. Alguns 'tarugos' metálicos têm as características desejáveis para a realização do experimento.

Dimensões de átomos, íons e distâncias de ligação situam-se na faixa de  $10^{-10}$  metros (1 ângstrom ou 100 picômetros). Imagine uma fileira de 1 cm de átomos de sódio (raio atômico 185,8 pm): ela seria formada por quase 27 milhões de átomos de sódio:

$$1 \text{ átomo} \rightarrow 2 \times 185,8 \times 10^{-12} \text{ m}$$

$$n^\circ \text{ de átomos} \rightarrow 1 \times 10^{-2} \text{ m}$$

Pode-se perguntar: com essas reduzidas dimensões, é possível obter os valores de raios atômicos ou iônicos com razoável segurança? A resposta é *sim*. E também: para isso, sempre será necessário uma aparelhagem muito sofisticada? A resposta é *não*. O experimento aqui proposto prova essas afirmações.

O objetivo principal desse experimento é determinar os raios atômicos dos metais alumínio, ferro e cobre. Para tal, determina-se a densidade do sólido e fazem-se alguns cálculos e aplicações de regras simples de geometria e de estequiometria.

---

Este experimento que trata da determinação dos raios atômicos de alguns metais tem como aspectos marcantes a percepção do que representa o tamanho do átomo, de como um sólido cristalino se estrutura, da relação existente entre o micro e o macrocosmo e a interdisciplinaridade entre a Química, a Física e a Matemática.

*raio atômico, metais, experimentação em  
Química*

---

Este artigo foi publicado originalmente na revista *Química Nova na Escola* n. 9, 1999.

## Materiais necessários

- 2 garrafas de refrigerante tipo PET, de 2 L, com seção cilíndrica uniforme.
- régua
- barbante ou tiras de papel
- pedaços de alumínio, ferro ou cobre, com massas entre 500 e 1000 g, de formas geométricas definidas (cilíndricas, cúbicas ou mais complexas) e também de formas indefinidas
- balança comum (pode ser usada, por exemplo, a balança do açougue ou da padaria etc.)

## Procedimentos

### Sólidos metálicos de forma geométrica definida

Pegue um pedaço do metal com forma geométrica definida, determine sua massa em uma balança comum, com precisão de  $\pm 5$  g. Determine as dimensões necessárias para o cálculo de seu volume. Procure em livros de matemática a equação adequada a essa figura.

### Sólidos metálicos de forma geométrica definida ou não: determinação da densidade pelo deslocamento de uma coluna de água

Determine inicialmente a massa do metal como no item anterior. O volume do sólido será determinado pelo deslocamento de um líquido, no caso a água. Corte uma garrafa PET na sua parte superior. Cole uma fita adesiva externamente à garrafa, no sentido longitudinal. Coloque um volume de água que possa encobrir totalmente a amostra após a sua imersão. Marque o nível da água utilizando uma caneta de escrita fina. Mergulhe totalmente o metal na água, tomando o cuidado para não deixar 'espurrar' água para fora da garrafa. Não deixe bolhas de ar aderidas às paredes do metal. Anote a nova posição do nível da água. Com o auxílio de um barbante ou de uma fita de papel, determine o perímetro da circunferência da garrafa. Calcule o volume de água deslocado:

$$V = A \times (H_2 - H_1)$$

$$A = \pi \times r^2$$

$$r = P/2\pi$$

onde  $V$  é o volume de água deslocada,  $H_2 - H_1$  a diferença entre os dois níveis,  $A$  a área de seção,  $r$  o raio da circunferência e  $P$  o perímetro do cilindro. Este último pode ser obtido colocando-se um barbante ou fita em volta da garrafa, conforme mostrado na Figura 1.

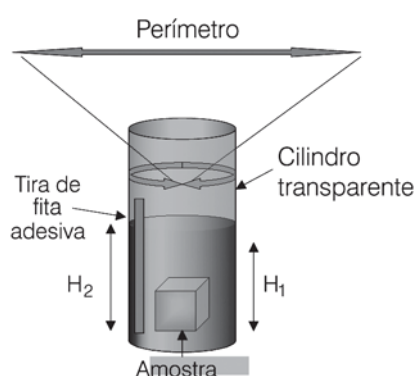


Figura 1 – Esquema da montagem experimental e medidas.

### Densidade

A densidade ( $d$ ) do metal pode ser calculada pela equação:

$$d = m / V$$

onde  $m$  é a massa e  $V$  o volume do sólido.

### Raio atômico

Todo sólido cristalino tem um arranjo ordenado das partículas que o compõem. Essas partículas repetem-se em uma determinada direção, a distâncias regulares. A essa repetição, quando considerada em três eixos, denomina-se *retículo*

*crystalino*. Na natureza existem 14 possíveis retículos cristalinos, os quais podem ser agrupados em sete sistemas. Aqui será tratado apenas o sistema cúbico, que possui três possíveis retículos, conforme mostrado na Figura 2.

### Hipótese I

*Considerando um sólido sem espaços vazios entre os átomos.*

Considere inicialmente que o sólido metálico não tem espaços vazios e que, portanto, seja formado por 'átomos cúbicos'. Para um mol de átomos há uma massa correspondente (massa molar,  $M$ ) e um volume molar ( $V_m$ ). A partir da densidade experimental pode-se calcular  $V_m$ :

$$d = M / V_m$$

Para se determinar o volume de um átomo divide-se  $V_m$  pela constante de Avogadro, no caso  $6,023 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$ .

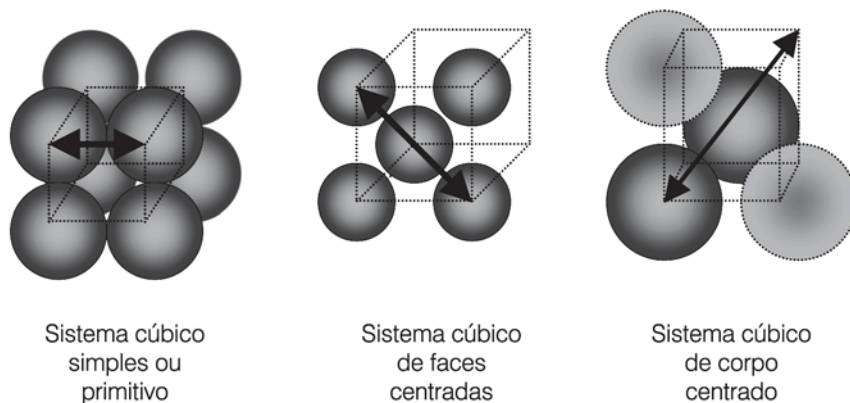


Figura 2 – Diferentes retículos pertencentes ao sistema cúbico e os parâmetros das células unitárias utilizados para os cálculos dos raios atômicos em cada caso.

Tabela 1 – Relações estequiométricas e geométricas para os diversos retículos do sistema cúbico.

Propriedade \ sistema	Sistema cúbico simples	Sistema cúbico de face centrada	Sistema cúbico de corpo centrado
Número de átomos por cela unitária	1	4	2
Base de cálculo	$r_{at} = a_u / 2$	$r_{at} = a_u / 2\sqrt{2}$	$r_{at} = a_u \sqrt{3} / 4$
Base geométrica	aresta	diagonal da face	diagonal do centro

Tabela 2 – Raios atômicos e densidades dos metais cobre, ferro e alumínio.

Átomo	Raio atômico / pm	Densidade / kg dm <sup>-3</sup>
Cobre	128	8,96
Ferro	126	7,87
Alumínio	143	2,69

Como o átomo foi considerado um cubo, compare o volume determinado dessa maneira com o calculado para uma esfera. Use os dados de raios atômicos da Tabela 2 (procure em livros de matemática como determinar o volume de uma esfera a partir de seu raio).

## Hipótese II

*Considerando o sólido como sendo do sistema cúbico simples e que o átomo seja uma esfera (repare que agora já há espaços vazios entre as esferas)*

Para a discussão seguinte, havendo dificuldade em visualizar a contribuição de cada átomo para a cela unitária, sugerimos a construção de modelos com maçãs, laranjas ou bolas de isopor e palitos de madeira. Isso deve ajudar bastante a percepção visual do aluno.

Veja a Figura 2, para a cela unitária considerada. Há 1/8 de átomo em cada vértice do cubo; assim, cada cela unitária contém a massa de um átomo. Logo, um mol de átomos corresponde a um mol de celas unitárias. Portanto, o volume molar  $V_m$  do item anterior é também o volume ocupado por um mol de celas unitárias. A aresta do cubo ( $a_u$ ) nesse retículo é do tamanho de dois raios atômicos ( $r_{at}$ ):

$$a_u = 2 r_{at}$$

Como o volume da cela unitária ( $V_u$ ) se relaciona com a aresta por:

$$V_u = (a_u)^3$$

o raio atômico pode ser calculado. A Tabela 1 resume todos as fórmulas de cálculo para os três tipos de retículos do sistema cúbico.

Para estabelecer as relações da Tabela 1, aplica-se o teorema de Pitágoras uma única vez para o sistema de faces centradas e duas vezes para o de corpo centrado. O valor de raio atômico calculado deve ser comparado com os valores da Tabela 2. O resultado que mais se aproximar do valor expresso na tabela serve para definir a qual sistema o metal em questão pertence.

## Referências bibliográficas

1. TUBINO, M. Determinação de parâmetros da cela unitária – experiência de química geral. *Química Nova*, v. 6, n. 3, p. 109-111, 1983.

## Para saber mais

CHASSOT, A.I. *Catalisando transformações na educação*. 3. ed., Ijuí: Ed. Unijuí, 1995, cap. 6.  
<http://www.chem.ox.ac.uk/course/inorganicsolids/threedim.html>  
<http://mach-pc66.mse.uiuc.edu/~tw/metals/prin.html>

# HIPERMÍDIA

no Ensino de Modelos

At  mic  s

## Alessandra Meleiro

Atua no desenvolvimento de hipermídia e vídeos, em São Paulo - SP

## Marcelo Giordan

Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo, São Paulo - SP

**E**stá se tornando lugar-comum nos meios de divulgação científica encontrar representações de segmentos de moléculas de DNA, de interações entre drogas medicinais e enzimas, de superfícies metálicas 'varridas' em nível atômico. Mesmo logomarcas de empresas estão sendo veiculadas com base em arranjo atômico ordenado a baixas temperaturas. Todas essas representações apóiam-se em imagens geradas por meio de aplicativos computacionais, que coletam dados a partir de medidas precisas (obtidas por difratômetros de raios X, espectrofotômetros ou microscópios de tunelamento) resultantes da interação entre radiação e matéria, ou a partir de cálculos, também computacionais, baseados em teorias sobre a estrutura da matéria.

Diante dessa veiculação disseminada de imagens científicas pela mídia, torna-se importante discutir a gênese dessas representações, tanto no que diz respeito aos meios empregados para realizá-las como no que se refere ao pensamento científico que as idealiza. Neste artigo, apresentamos uma proposta para aproximar o professor dessas discussões, com a utilização de um aplicativo hipermídia desenvolvido para 'narrar' as representações imagéticas de modelos de estrutura da matéria. Apresentamos também alguns conceitos em que se baseia a criação da hipermídia e relatamos uma experiência de futuros professores no seu uso em laboratório.

## Modelos mentais e modelos atômicos

A visualização, enquanto meio facilitador do entendimento e da representação de fenômenos, vem sendo utilizada desde o surgimento da ciência por meio de gravuras, gráficos e ilustrações, e mais recentemente foi incrementada com o uso de recursos eletrônicos e digitais, como a televisão e o computador. Porém, mesmo com os avan-

---

A seção "Educação em Química e Multimídia" tem o objetivo de aproximar o leitor das aplicações das tecnologias comunicacionais no contexto do ensino-aprendizagem de química.

Este artigo discute as imagens científicas veiculadas pela mídia, tanto no que diz respeito aos meios empregados para realizá-las como no que se refere ao pensamento científico, aproximando o professor dessas discussões por meio de um aplicativo hipermídia.

*arte e ciência, hipermídia, modelos científicos, modelos mentais*

---

Este artigo foi publicado originalmente na revista *Química Nova na Escola* n. 10, 1999.

ços tanto dos modelos científicos quanto dos meios que os representam, um fator é permanente e necessário ao processo de elaboração dos modelos: a modelagem mental.

Os modelos para apreensão de um fenômeno são freqüentemente elaborados na mente, antes de serem transpostos para algum meio de registro. Para o físico Arthur Miller (1987), modelo mental é a intuição através de imagens formadas nos olhos da mente a partir de uma visualização prévia de processos físicos no mundo das percepções. O conceito de modelo mental já vem sendo utilizado há muito nos meios de produção do conhecimento e mais recentemente tem sido formalizado por estudiosos da área de psicologia e ensino de ciências. Oversby (1996) discutiu as características dos modelos de ligação iônica; Justi e Gilbert (1999) abordaram a cinética química em um estudo envolvendo alunos de escolas brasileiras; Borges (1999) fez um estudo da evolução de modelos mentais de eletricidade, magnetismo e eletromagnetismo.

As propriedades e características dos modelos atômicos têm sido representadas por imagens digitais, desde o desenvolvimento de interfaces computacionais capazes de transformar uma série de informações numéricas, obtidas pelos cálculos teóricos desses modelos, em informações imagéticas, que são portanto derivadas dos modelos teóricos do átomo. Tais analogias entre os modelos teóricos e as representações imagéticas são freqüentemente utilizadas por cientistas para divulgar o conhecimento produzido em laboratório, ampliando a capacidade de significação que se pode conferir aos seus modelos. É perfeitamente razoável considerar que essas analogias vêm se constituindo em elementos preciosos para a elaboração de modelos mentais pelos cientistas. As analogias entre modelos teóricos e representações imagéticas passam a se configurar em novos elementos para a elaboração de relações apropriadas ao processo de modelização mental. Estamos portanto diante de uma metamodelagem: a primeira entre modelos teóricos e imagéticos (na dimensão computacional), que influencia e é influenciada pela modelagem mental (na dimensão cognitiva).

É exatamente na perspectiva de retratar o conhecimento científico como construção apoiada em modelos que entendemos estar a inadiável contribuição dos aplicativos hipermídia para o ensino de ciências. Ao aprender a operar com modelos, estabelecendo relações cognitivas tensionadas com o fenômeno, o aluno reconhece a provisoriedade do conhecimento por ele construído e caminha em direção a uma racionalidade aberta, livre das amarras do realismo fenomenológico. Não se pode permitir portanto que a representação imagética determine a elaboração de conceitos; deve-se, em lugar disso, adotá-la como mais um instrumento, em cooperação com a lógica, com a retórica e outros tantos, para a tessitura dessa racionalidade emergente no aluno.

## **Hipermídia e o ensino de Química**

---

**Hipermídias são novos meios informacionais e comunicacionais que articulam representações visuais animadas, representações sonoras e o próprio texto escrito, que também pode ganhar movimento**

---

No atual contexto sociocultural, influenciado pelas tecnologias de informação e comunicação, o analfabeto não é só aquele que não domina a leitura, a escrita e a oralidade (analfabetismo tradicional), mas também aquele que não detém os códigos que lhe permitam dominar a leitura da imagem e a utilização de recursos informáticos. Novos meios informacionais e comunicacionais destinados à veiculação e construção do conhecimento estão sendo desenvolvidos, tendo como característica a capacidade de integração de diversos meios em um único. Ao contrário do livro, um meio estático capaz de servir de suporte apenas a representações visuais, os novos meios articulam representações visuais animadas, representações sonoras e o próprio texto escrito, que também pode ganhar movimento. Alguns se referem a essas novos meios como

multimídia, hipertexto e hipermídia.<sup>1</sup>

O significado da palavra multimídia não é exatamente recente no ambiente educacional, embora o termo o seja. As experiências de ensino devem exigir tanto a interatividade como a pluralidade de meios, como jornal, rádio, televisão, vídeo, projetores de *slides*, retroprojetor e fitas K7, para serem caracterizadas como multimídia.

O termo multimídia, no entanto, assume hoje uma amplitude maior, já que integra em um único meio informações visuais e sonoras, dispensando uma grande quantidade de dispositivos, como projetor de *slides* e leitores de CD e de vídeo, para acioná-las. Cada um dos meios (daí o termo 'mídia') envolvidos nessa trama traz suas próprias estruturas de linguagem e, quando operados em conjunto, estabelecem novas relações de significado, cujas possibilidades ainda estão longe de ser totalmente compreendidas e exploradas.

Atualmente muito mais usuais que os sistemas multimídia, os sistemas hipermídia (junção de componentes hipertextuais e multimídia) voltados para o ensino estão sendo produzidos em larga escala e disponibilizados na Internet ou em suporte CD-ROM. Se adotarmos a idéia de hipertexto como uma estrutura semântica na qual os textos são vinculados por meio de associações e ampliarmos a noção de texto de modo a incorporar representações imagéticas e sonoras, poderemos tratar os sistemas hipermídia como plataformas de alto valor cognitivo para a construção de significados.

Uma outra vantagem da construção de imagens digitais por meio da computação gráfica é a possibilidade de simulação, isto é, de transformação da tela do computador em um 'laboratório experimental', no qual são atualizadas as estilizações de fenômenos físicos e químicos, com o intuito de representar como a natureza se comporta sob determinadas condições. Assim, ao representarmos as moléculas em perspectiva tridimensional, por exemplo, estamos superando a limitação da representação de imagens bidimensionais, que não contemplam satisfatoriamente o tema 'estrutura da matéria', uma vez que muitas propriedades de uma substância são explicadas com base na disposição espacial dos átomos nas suas moléculas. Seria oportuno, nesse sentido, considerar a possibilidade de aplicativos hipermídia serem utilizados como ambientes de experimentação por simulação (Giordan, 1999). As potencialidades de aprendizagem são evidentes, se tivermos em vista a capacidade desses ambientes de subsidiar o processo de elaboração de modelos mentais.

Muitos estudos têm relatado que os temas relacionados à geometria molecular encontram-se entre aqueles em relação aos quais estudantes de nível secundário e universitário encontram maiores dificuldades do tipo perceptivo e epistemológico (Furió e Calatayud, 1996). Trata-se portanto de temas a serem considerados no desenvolvimento de estratégias de ensino que façam uso de recursos computacionais, especialmente por sua capacidade de representação gráfica. Por outro lado, parece igualmente importante aproximar o computador — instrumento presente nos laboratórios dedicados ao estudo da estrutura da matéria — das propostas de ensino, uma vez que esse instrumento tem permitido desenvolver uma racionalidade própria dessa área do conhecimento.

### **Uma proposta para o ensino de Química**

Dentre as mais recentes produções de hipermídia, o CD-ROM Representações Imagéticas dos Modelos Teóricos para a Estrutura da Matéria pretende ser uma ferramenta útil para o ensino dos modelos teóricos propostos para a estrutura da matéria. Por meio de imagens digitais, oferece um ambiente

---

---

**Uma vantagem da construção de imagens digitais por meio da computação gráfica é a possibilidade de simulação, isto é, de transformação da tela do computador em um 'laboratório experimental'**

---

---



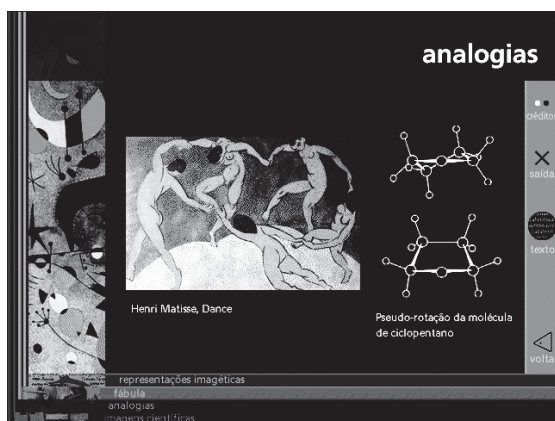
novo para a projeção do imaginário, permitindo a imersão do usuário (aluno e professor) em um espaço narrativo 'para além do real'. Elaborado a partir de um projeto interdisciplinar envolvendo as áreas de multimídia e química (Meleiro, 1998), boa parte da produção pode ser acessada no URL [http://www.iar.unicamp.br/pgmultimeios/pesquisa/a\\_meleiro/1.htm](http://www.iar.unicamp.br/pgmultimeios/pesquisa/a_meleiro/1.htm)

**O CD, assim como todo sistema hipertextual, possui uma forma de navegação caracterizada por permitir acesso não-linear às informações — o usuário define sua própria seqüência de leitura**

Seguindo o progresso da ciência ocidental, o CD-ROM concentra-se no estudo e na criação de imagens referentes aos modelos atômicos, bem como no estabelecimento de analogias entre imagens próprias do mundo das artes e modelos científicos propostos para a explicação do universo atômico-molecular e na pesquisa da iconografia científica contemporânea gerada por aplicativos de visualização. O CD, assim como todo sistema hipertextual, possui uma forma de navegação caracterizada por permitir acesso não-linear às informações — o usuário define sua própria seqüência de leitura, de acordo com seus critérios e desejos e o grau de profundidade que pretende alcançar em cada informação, marcando assim uma característica de *interatividade*.

O produto hiperídia está dividido em quatro seções principais: "Representações imagéticas", "Fábulas", "Analogias" e "Representações científicas". Em "Representações imagéticas", pode-se assistir ao vídeo *Meu amigo átomo* enquanto se navega por modelos propostos por Platão, Demócrito, Dalton, Rutherford e De Broglie, entre outros. Na fábula "O pescador e o gênio", um dos contos de *As Mil e Uma Noites*, propõe-se uma aproximação entre a relação do gênio e a lâmpada e a constituição do núcleo atômico, num jogo metafórico que procura instigar relações entre alegorias e modelos teóricos. Na seção de "Analogias", aprofundam-se as metáforas entre os modelos de representação de estruturas moleculares, discutindo temas como isomeria, quiralidade, DNA e outras representações próprias das artes plásticas, da literatura e da expressão corporal.

Abrindo a seção "Representações científicas" está um tema bastante atual da química, no qual as aplicações da química teórica computacional (como alguns cientistas da área preferem chamá-la) se aproximam do cotidiano de muitas pessoas, as drogas medicinais. O vídeo de abertura apresenta de maneira bastante ilustrativa os estágios de desenvolvimento de fármacos com o auxílio de



Exemplos de telas das seções "Analogias" e "Representações imagéticas" do hiperídia Representações Imagéticas dos Modelos Teóricos para a Estrutura da Matéria.

programas de modelagem molecular, mostrando diversas formas de representação de enzimas e substratos. Nessa seção, pode-se interagir ainda com modelos de simulação de reação química e de orbitais atômicas e com sistemas moleculares capazes de rodar e transladar mediante o comando do usuário por meio do mouse.

Em oficina recentemente realizada com futuros professores de química (alunos do curso de prática de ensino), pudemos aplicar testes de avaliação do CD, com o objetivo principal de observar o comportamento dos participantes ante o recurso de hipermídia desenvolvido. Um estudo mais detalhado sobre as possibilidades de utilização de hipermídia em cursos de formação de professores está em andamento.

A totalidade dos professores mostrou-se 'alfabetizada' na utilização das novas tecnologias de comunicação. Pudemos observar posturas bastante favoráveis em relação à navegação não-linear, aparecendo adjetivos como 'bastante interessante', 'fácil' e 'gostoso' para descrever a sensação de navegar em busca de informações. No depoimento dos alunos, o caráter afetivo das respostas é sinalizador de que a hipermídia possibilita a sensibilização ante o conhecimento, o que vem indicar a eficiência do *design* da interface desenvolvida.

Quanto às formas de utilização do CD em sala de aula, foram propostas aplicações dentro de uma unidade de ensino, para ilustrar a análise de uma situação específica ou para a fixação de um conteúdo. Um consenso percebido entre as respostas de avaliação foi que a não-linearidade do sistema de interesse, por possibilitar a interligação de diversas temáticas, permite utilizações interdisciplinares, tendo sido eleitas as disciplinas: física, química, biologia, comunicação e educação artística.

### **Considerações finais**

O diálogo instaurado entre as ciências e as novas tecnologias da informação e da comunicação está provocando verdadeiras mudanças nas produções do imaginário, como atestam as condutas científicas vigentes e as experiências de ensino em andamento. A hipermídia, quando em sintonia com um projeto pedagógico que privilegie o 'aprender a aprender', nos mobiliza a uma interação mais lúdica com os fenômenos que tentamos representar.

Sabemos que os alunos são aprendizes vorazes por descobertas (assim como os primeiros navegadores) quando a mediação passa pela informática. Porém, deixá-los 'à deriva' na navegação não significa necessariamente que ocorrerá aprendizagem. A direção do rumo da embarcação passa a ser sinalizada pelo 'professor-guia', que lhes fornecerá as orientações para que possam potencializar as informações e os recursos oferecidos pelo sistema hipermídia, propiciando-lhes maior liberdade para instaurar o processo de construção do conhecimento. Dessa maneira, o educador e a instituição educacional passam a ocupar um novo papel dentro do ensino, renunciando ao controle unilateral do fluxo de informações, o que permite fornecer os códigos para a interpretação das informações e estabelecer onde e quando se poderiam acessá-las (Meleiro, 1998).

### **Referências bibliográficas**

- BORGES, A.T. Como evoluem os modelos mentais. *Ensaio - Pesquisa em Educação em Ciências*, n. 1, p. 85-125, 1999.
- FURIÓ, C. e CALATAYUD, M.L. Difficulties with the geometry and polarity of molecules. Beyond misconceptions. *Journal of Chemical Education*, v. 73, p. 36-41, 1996.
- GIORDAN, M. O papel da experimentação no ensino de ciências. *Química Nova na Escola* n. 10, p. 43-49, 1999.
- JUSTI, R. e GILBERT, J. A cause of ahistorical science teaching: use of hybrid models. *Science Education* n. 88, p. 163-177, 1999.

LEMOS, A. *Hipertexto, hipermídia e interatividade* [online]. Faculdade de Comunicação, Universidade Federal da Bahia. Disponível na Internet via WWW. URL: <http://www.facom.ufba.br/hipertexto/indice.html>, 1998. Arquivo capturado em 16 de setembro de 1999.

MELEIRO, A. *Hipermídia e as representações imagéticas dos modelos teóricos para a estrutura da matéria*. Campinas: Unicamp, 1998. Dissertação de Mestrado.

MILLER, A. *Imagery in scientific thought*. 2ª ed. Londres: MIT, 1987.

OVERSBY, J. The ionic bond. *Education in Chemistry*, v. 32, n. 2, p. 37-38, 1996.

TOLHURST, D. Hypertext, hypermedia, multimedia defined? *Educational Technology*, p. 21, mar./abr. 1995.

### **Para saber mais**

DENTIN, S. O virtual nas ciências. In: PARENTE, A., org. *Imagem Máquina – a era das tecnologias do virtual*. 2ª ed. Rio de Janeiro: Editora 34, 1996.

HARGITTAI, I. e HARGITTAI, M. The use of artistic analogies in chemical research and education. *Leonardo*, v. 27, n. 3, p. 223-226, 1994.

PESSIS-PASTERNAK, G. *Do caos à inteligência artificial*. 2ª ed. São Paulo: Unesp, 1993.

### **Páginas quentes da Web**

<http://www.iqsc.sc.usp.br/~edsonro/index.htm>: Essa página foi especialmente desenvolvida para hospedar um curso de história da química oferecido no curso de graduação do Instituto de Química da USP de São Carlos. Os alunos matriculados preparam páginas Web sobre temas da disciplina que são disponibilizadas, juntamente com farto material de apoio preparado pelos professores responsáveis.

<http://kekule.fe.usp.br/telescola>: O Telescola é um projeto de formação continuada para professores de educação básica, cujo objetivo é introduzir a utilização da telemática na escola e estudar as transformações decorrentes desse uso. Nessa página tem-se acesso a um tutorial especialmente projetado para servir de base para estudo dirigido, em que os professores tomam contato com os principais serviços da Internet, como correio eletrônico, listas de discussão, salas virtuais, navegação, mecanismos de busca e edição de hipertexto.

<http://ead.coltec.ufmg.br/>: O Colégio Técnico da UFMG oferece cursos de formação continuada a distância para professores de ciências e matemática. Especialmente interessante para os professores de química é o curso Atividades Experimentais de Caráter Investigativo, que procura fornecer subsídios para discussão do conceito de transformação química em disciplinas introdutórias de química.

<http://www.if.ufrgs.br/public/ensino/revista.htm>: A revista *Investigação em Ensino de Ciências* é especialmente útil para aqueles que se interessam por essa área de pesquisa. Nesse sítio, você encontrará artigos completos sobre diversos temas envolvendo as áreas de ensino de Física, Química e Biologia.



**Marcelo Eichler e José Claudio Del Pino**

Instituto de Química da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre- RS

### O contexto da produção de um software educacional

**N**a década de 80, foram iniciadas experiências de informatização das escolas de ensino básico. Desde essa época, além de algumas experiências em colégios particulares, iniciativas de órgãos públicos - das esferas federal, estadual e municipal - fomentaram o desenvolvimento de políticas, diretrizes e estratégias para a formação de recursos humanos e para a aquisição de equipamentos, visando à implementação e ao uso de laboratórios de informática educativa em escolas públicas e particulares. Hoje, cada vez mais, o computador parece fazer parte do cenário escolar.

Muitos estudiosos em educação entendem que o computador deve ser visto como mais um recurso didático colocado à disposição de professores e alunos (Carragher, 1992; Coburn, 1988; La Taille, 1989; Lollini, 1991). Outros recursos seriam, por exemplo, as atividades em laboratórios de ensino, o uso de filmes ou de reportagens de jornais e revistas. Certamente, o computador pode ser uma poderosa ferramenta, principalmente em função de suas múltiplas possibilidades de uso, o que pode suscitar profundas transformações das práticas docentes e dos processos de aprendizagem (Levy, 1993). Por exemplo, em muitos textos especializados há a idéia de que o computador permitiria, entre outros, um avanço nas representações dos modelos da ciência. Nesse caso, a imagem estática e bidimensional impressa em livro ganharia movimento e uma nova dimensão nos computadores (Chassot, 1993). Assim, os processos poderiam deixar de ser descritos para serem simulados, possibilitando ao estudante o controle de parâmetros e das variáveis em estudo. Em outras palavras, o computador permitiria uma melhor representação dos conceitos científicos e, dessa forma, propiciaria melhores condições de aprendizagem.

---

O panorama tecnológico atual permite diversas leituras para a utilização de computadores em processos de aprendizagem, sendo uma delas a utilização de softwares educativos. Neste artigo é relatado o contexto da produção do software educativo *Carbópolis*.

*software educativo, tema gerador, solução de problemas*

---

Este artigo foi publicado originalmente na revista *Química Nova na Escola* n. 11, 2000.

No entanto, diversos relatos e avaliações têm revelado que o número de boas experiências com o uso do computador nos processos de ensino e de aprendizagem é menor do que aquele que a sociedade poderia esperar (Oliveira, 1997). Nesse sentido, alguns trabalhos (Behar, 1993; Guilherme, 1991) têm proposto que a produção de softwares deve:

- satisfazer as intenções do professor e as características dos estudantes;
- possibilitar vários estilos e tipos de aprendizagem;
- aproveitar as qualidades educativas que oferece o computador - em particular, a interatividade e o controle do usuário sobre o que se aprende e como se aprende.

Em um outro artigo (Eichler e Del Pino, 1999) defendemos que essa perspectiva pode ser desenvolvida em sala de aula através de estratégias de solução de problemas a partir de temas geradores. Nesse caso, temas relacionados ao meio ambiente ainda teriam a vantagem da interdisciplinariedade (Dias, 1992). Essa versatilidade temática está inclusa na própria natureza da ciência do meio ambiente que, tanto nos aspectos básicos quanto nos aplicados, requer uma sólida fundamentação nas ciências naturais (biologia, química, física etc.), em adição à antropologia, economia, história, sociologia e filosofia do meio ambiente. Por outro lado, quanto à pedagogia, o desenvolvimento do pensamento crítico se manifestaria desde a identificação dos problemas ambientais, passando pela discussão dos diversos pontos de vista envolvidos, até chegar à solução desses problemas.

O conjunto das questões e/ou postulados até aqui tratados pode servir de parâmetro para a avaliação de programas de computadores para o ensino de ciências naturais no nível médio. Dessa forma, nos últimos anos, temos realizado a coleta e a análise crítica de tais programas e de sua utilização no ensino médio.

Entre os cerca de 80 programas colecionados e analisados podemos destacar o BCTC e o Lake Study (Whisnant, 1984; Whisnant e McCormick, 1992). Em tais programas, se privilegia a construção do conhecimento, utilizam-se metodologias científicas e, através da simulação de problemas ambientais, são oportunizadas atividades interativas que visam à aprendizagem ou à aplicação de conhecimentos da química e do meio ambiente. No entanto, algumas críticas e uma ressalva ainda poderiam ser feitas. Esses programas não possuem textos estruturados de forma hipertextual, o que possibilitaria uma leitura em ordem ditada pelo leitor. Além disso, embora a solução para os problemas neles propostos seja debatida em aula, os programas não contêm algum tipo de atividade de conclusão para os dados recolhidos durante as simulações, por exemplo, um relatório. Por fim, ambos os programas estão disponíveis somente em inglês.

Dessa forma, verificou-se a possibilidade de produzir programas de computador para o ensino de ciências que contemplassem o que acabamos de dissertar. Na próxima seção, passamos a descrever o programa *Carbópolis*, que foi produzido segundo esses referenciais.

### **Descrição do software**

*Carbópolis* foi desenvolvido pela Área de Educação Química do Instituto de Química da UFRGS em parceria com o Programa Especial de Treinamento do Instituto de Informática da UFRGS. Ele funciona em plataformas compatíveis com o Microsoft Windows 95 e vídeo com 256 cores, ou superior. O programa *Carbópolis* é de livre distribuição e uso e pode ser obtido, através de download, a partir do seguinte sítio da Internet: <http://www.iq.ufrgs.br/aeq/carbop.htm>.

Nesse sítio, são encontrados assuntos relacionados ao funcionamento de *Carbópolis*, bem como relatos dos aspectos pedagógicos e da modelagem do conteúdo temático que orientaram a produção desse programa.

O principal objetivo de *Carbópolis* é propiciar um espaço para o debate de uma das questões relacionadas à poluição ambiental. Para atingir esse fim, foi utilizado o artifício da simulação. Nessa, o

usuário, por exemplo, um estudante, utiliza as atividades a ele oferecidas para propor uma solução para o problema que lhe é apresentado no início do programa. A proposição para a solução do problema é feita através de relatórios. Independentemente do conteúdo preenchido nos diversos campos dos relatórios, a mensagem que retorna ao estudante é sempre a mesma. Ela é um texto de elogio ao seu trabalho, em que se indica que o relatório está sob avaliação e no qual se propõe que o estudante continue seus estudos. Ora, ela unicamente foi feita para que o programa *Carbópolis* não avaliasse de forma automática a correção dos relatórios. Isso não seria difícil de ser feito, pelo contrário. Ocorre que, do nosso ponto de vista pedagógico, isso não pareceu ser muito correto. Dessa forma, será o professor (ou algum outro orientador) quem fará a avaliação do que foi relatado pelo estudante. Nesse processo de avaliação, provavelmente, algum conhecimento sobre os efeitos e a causa do problema será bastante útil.

O problema apresentado em *Carbópolis* consiste na diminuição da produção agropecuária em uma localidade próxima a uma usina termelétrica. Para resolvê-lo o estudante deve verificar os danos causados, a origem dos mesmos e propor uma solução que venha a diminuí-los ou eliminá-los.

*Carbópolis* utiliza uma abordagem lúdica para a criação e para a descrição do contexto do problema que é apresentado ao estudante. Por exemplo, a mensagem de abertura de *Carbópolis* informa ao estudante: "Você foi convidado pela Agência de Proteção Ambiental para estudar alguns problemas e ajudar a resolvê-los. Seja bem-vindo!!". No caso, essa agência é uma representação simplificada dos órgãos de monitoramento e de controle ambiental.

O problema é apresentado, no texto introdutório, por um dos personagens do programa. Logo em seguida, aparece na tela o mapa da região de Carbópolis, o menu (na parte superior) e as barras de ferramentas (em baixo, à esquerda) e de status (em baixo, à direita). Essa tela é mostrada na Figura 1.

Na utilização do programa, o estudante tem à sua disposição diversas ferramentas e recursos. Então, para que ele tome conhecimento da situação da região, é possível, por exemplo, consultar os depoimentos de agricultores, da relações-públicas da usina, de um guarda florestal, de um mineiro e do prefeito da cidade. Também estão disponíveis instrumentos para a amostragem e análise da qualidade do ar e da água da chuva, bem como uma biblioteca para consultas diversas, que, além de textos, possui desenhos, como os dos ciclos biogeoquímicos envolvidos.

O estudante, para resolver o que lhe é proposto, pode atribuir hipóteses para a causa do problema e propor uma solução, ou seja, instalar um dos equipamentos antipoluentes disponíveis. Nesse sentido, para que ele possa verificar se sua hipótese realmente é a causa do problema, ele poderá recorrer aos instrumentos de controle de poluição utilizados para a hipótese correspondente, voltar a coletar e analisar amostras e evidenciar se houve a melhora da qualidade do ar e da água da chuva.

Finalmente, os textos apresentados em *Carbópolis* utilizam um formato hipertextual. Ou seja, as informações relacionadas ao entendimento e solução do problema proposto estão interligadas ativamente, de forma a possibilitar consultas imediatas em ordem

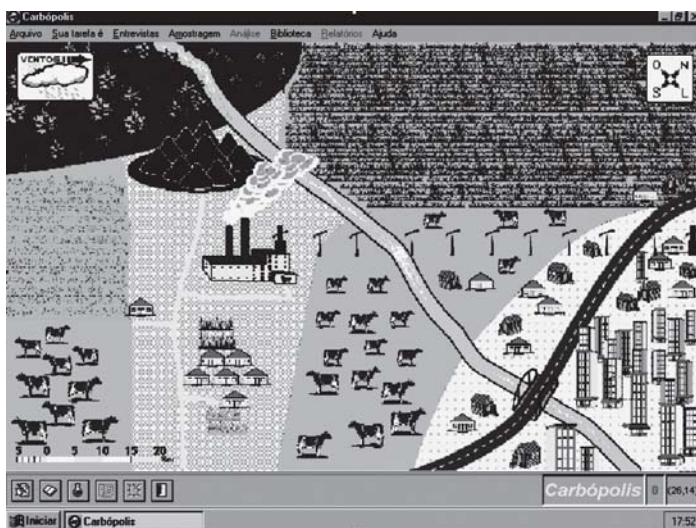


Figura 1 – Reprodução de tela do software *Carbópolis*.

ditada pelo leitor. Isso permite que a abordagem dos conceitos do meio ambiente e da química não seja linear e escalonada. Assim, a partir das ligações possíveis, é a curiosidade e a necessidade do estudante que irão determinar o caminho utilizado para a leitura e para o conhecimento do problema proposto, bem como para sua solução.

Independentemente da possibilidade de alguma correspondência com a realidade, o problema ambiental que é apresentado em *Carbópolis* é uma representação. Os personagens e os depoimentos que constam nele são fictícios. Nesse sentido, também, os textos de apoio foram adaptados em função da finalidade proposta.

## Conclusões

A partir de financiamentos de diversos órgãos públicos de fomento à pesquisa e à produção tecnológica (CNPq, CAPES e FAPERGS) estamos desenvolvendo um projeto de confecção de ambientes de aprendizagem mediados por computador. Os temas geradores que norteiam nossas atividades estão relacionados aos meios de produção de energia elétrica. *Carbópolis* é o primeiro produto desse projeto. Para a confecção desse programa foram escolhidos como temas poluição do ar e chuva ácida. Os dados que originaram o programa são baseados em questões ambientais reais como, por exemplo, as que envolvem a termoeletrônica de Candiota, no Estado do Rio Grande do Sul (Fiedler, Martins e Solari, 1990). Pretende-se com essas atividades colaborar com a produção de materiais didáticos informatizados de qualidade e de distribuição gratuita.

## Referências bibliográficas

- BEHAR, P.B. *Avaliação de softwares educacionais no processo ensino-aprendizagem computadorizado: estudo de caso*. Porto Alegre: UFRGS (dissertação de mestrado em ciência da computação), 1993.
- CARRAHER, D.W. O papel do computador na aprendizagem. *Acesso*, v. 3, n. 5, p. 19-21, 1992.
- CHASSOT, A.I. *Catalisando transformações na educação*. Ijuí: Ed. Unijuí, 1993.
- COBURN, P. *Informática na educação*. São Paulo: Livros Técnicos e Científicos, 1988.
- DIAS, G.F. *Educação ambiental: princípios e práticas*. São Paulo: Editora Gaia, 1992.
- EICHLER, M. e DEL PINO, J.C. Jornais e revistas on-line: busca por temas geradores. *Química Nova na Escola*, n. 9, p. 6-8, 1999.
- FIEDLER, H; MARTINS, A.F. e SOLARI, J.A. Meio ambiente e complexos carboelétricos: o caso Candiota. *Ciência Hoje*, v. 12, n. 68, p. 38-45, 1990.
- GUILHERME, V.M. *Produção e avaliação de softwares educacionais: relação entre teoria e prática*. Porto Alegre: UFRGS (dissertação de mestrado em educação), 1991.
- LA TAILLE, Y. *Ensaio sobre o lugar do computador na educação*. São Paulo: Iglu Editora, 1989.
- LEVY, P. *As tecnologias da inteligência: o futuro do pensamento na era da informática*. Rio de Janeiro: Ed. 34, 1993.
- LOLLINI, P. *Didática e computadores - quando e como a informática na escola*. São Paulo: Edições Loyola, 1991.
- OLIVEIRA, R. *Informática educativa: dos planos e discursos à sala de aula*. Campinas, Papyrus, 1997.
- WHISNANT, D.W. Scientific exploration with a microcomputer: simulations for nonscientists. *Journal of Chemical Education*, v. 61, n. 7, p. 627-629, 1984.
- WHISNANT, D.W. e McCORMICK, J.A. Lake study for Windows. *Journal of Chemical Education*, v. 69, n. 2, p. 129-130, 1992.

## Para saber mais

Recomendamos a leitura do artigo *Meio ambiente e complexos carboelétricos: o caso Candiota*, de Fiedler, Martins e Solari.

# Educação Aberta na **WEB:**



## Serviços de Atendimento aos Estudantes

### **Marcelo Giordan**

Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo, São Paulo - SP

### **Irene Cristina de Mello**

Doutoranda em Educação na Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo, São Paulo - SP

**S**ão dez horas da noite e Laura ainda não conseguiu terminar a lista de exercícios sobre equilíbrio químico que sua professora pediu para entregar no dia seguinte; ela não consegue calcular diversas constantes, pois não sabe operar com potências. Numa tarde de domingo, o grupo do “fundão” se reúne para fazer o trabalho de ciências que será apresentado em 15 dias na feira cultural da escola; o tema: duas descobertas que revolucionaram a química. Após horas consultando enciclopédias e livros didáticos, Denise não consegue encontrar um bom enfoque para sua pesquisa sobre química dos animais; a pesquisa foi sugerida pelos professores de química e de biologia como trabalho de recuperação.

Três diferentes situações de se deparar com a química, que podem estar tão próximas ou distantes quanto se queira. Três diferentes enfoques de conteúdo: partindo-se de um tema curricular característico, passando-se pela historicidade e chegando-se a uma possível articulação de conhecimentos químicos e biológicos. Três diferentes estratégias de ensino: exercícios de fixação, criação colaborativa, pesquisa individual; três diferentes instrumentos de avaliação: resolução individual de lista de exercícios, exposição coletiva oral, relatório de pesquisa.

O que aproxima essas situações, aparentemente tão dessemelhantes? Além do fato de terem sido desencadeadas na escola, em cada uma delas os alunos procuraram apoio de uma equipe de atendimento para resolver suas dúvidas através da Rede Mundial de Computadores. Mesmo as formas de pedirem ajuda são contrastantes: desde o “resolvam os exercícios pra mim”; “onde posso encontrar informação sobre revoluções na química?”; até a busca por um autêntico diálogo para organizar um plano de trabalho.

Essas situações têm demonstrado a já anunciada ampliação dos conceitos de educação escolar, naquilo que

---

Este artigo apresenta alguns serviços disponíveis na internet de atendimento a dúvidas de estudantes sobre química. Os serviços de atendimento são separados em três categorias e suas principais características são descritas.

*educação aberta, atendimento pela internet*

---

Este artigo foi publicado originalmente na revista *Química Nova na Escola* n. 11, 2000.



a instituição possui de mais essencial: a relação professor-aluno. Não se trata apenas de conceber a Rede como uma enorme biblioteca dinâmica. É possível adotá-la como mais um ambiente capaz de instaurar situações dialogadas de ensino-aprendizagem, nas quais orientador e aprendiz não precisam compartilhar o mesmo espaço geográfico de convivência, mas possam se aproximar pela prática de ensinar e aprender. Tais situações extrapolam as fronteiras da escola, numa primeira aproximação que é geográfica, e também permitem que ela seja influenciada por outras fontes de saberes, na medida em que outros interlocutores, que não os professores, passam a dialogar com os alunos sobre temas da química e da ciência. Quando coerentemente organizadas, essas situações podem tomar parte de uma modalidade de educação aberta, ampliando as possibilidades de aprendizagem de alunos e o espaço de atuação profissional dos professores.

### **Serviços brasileiros de atendimento ao estudante na Web**

Desde a chegada da internet ao Brasil e especialmente após a divulgação da Rede para a sociedade em geral, temos observado uma crescente demanda de alunos que procuram espontaneamente pelo atendimento de especialistas para resolver suas dúvidas sobre temas do conhecimento químico. Essa crescente demanda se materializou na organização de diversos serviços de atendimento, que vêm sendo oferecidos por equipes de professores a alunos individualmente, a escolas e grupos de escolas. Observando a forma como esses serviços são oferecidos, sugerimos sua classificação em três categorias, conforme a relação de atendimento que eles estabelecem com os estudantes.

Na categoria dos *direcionadores* foram classificados os sítios que não possuem atendimento próprio e personalizado ao estudante, limitando-se a anunciar algum serviço de atendimento e direcioná-lo para o sítio que de fato oferece o serviço, ou que disponibilize algum conteúdo. Nesses casos, a presença do professor parece preterida, pois basta que o estudante leia as instruções disponíveis nas páginas, que podem não ter sido escritas por professores. Os serviços de *tira-dúvidas* são aqueles que respondem diretamente a dúvida do estudante, eliminando-a sem se preocupar em estabelecer uma relação continuada de diálogo. Aqui o professor se limita a transmitir informação e o aluno se contenta em recebê-la. Na terceira categoria, estão os serviços de *orientação* que não se ocupam em responder diretamente a dúvida, mas sim em indicar caminhos para que o estudante consiga elaborar sua própria resposta, procurando instaurar o diálogo continuado. Nesse caso, o professor se coloca na posição de orientador e permite que o aluno se engaje ativamente na elaboração das respostas.

Em seguida apresentamos uma descrição sucinta de alguns desses serviços disponíveis na internet brasileira.

#### **Serviços direcionadores**

<http://www.netescola.com.br>



Este é um sítio de acesso quase totalmente gratuito, exceto para alguns poucos recursos, como o *Web-mail*, que é exclusivo para assinantes. Oferece muitos serviços gerais e outros serviços específicos para várias disciplinas, como por exemplo a química. O serviço de atendimento ao estudante anunciado como *Tira-Dúvidas On Line*, no caso das dúvidas em química, apenas direciona para o serviço de tira-dúvidas do professor Rossetti. Disponibiliza também muitos vínculos para

páginas com conteúdos da química. Além disso, possui também conteúdos específicos da química, como tabela periódica.

Não há informações mínimas com as quais seja possível determinar com segurança a quem são destinados os serviços desse sítio. O que se pode imaginar nesse caso é que possa ser utilizado tanto por professores como por estudantes. A página comercializa espaços destinados a anúncios e conta com muitos recursos gráficos e animações.

<http://www.eurekabr.top50.com.br>



O EurekaBR Ajuda! é um serviço disponível no sítio EurekaBR, que oferece vários serviços para professores e estudantes do ensino fundamental e médio. Tem como finalidade ajudar os estudantes nos seus trabalhos e atividades escolares. Entre outras disciplinas, a página apresenta um vínculo para conteúdos de química, direcionando para textos divididos em quatro seções: atomística, química geral e inorgânica, estequiometria e físico-química, e química orgânica. Além disso, apresenta dicas de como memorizar os elementos químicos da tabela periódica.

Há muitas informações numa mesma página, misturadas com anúncios e propagandas, o que dificulta a navegação; todavia o mecanismo de navegação funciona devidamente.

### Serviços de tira-dúvidas

<http://www.klickeducacao.com.br>



Os diversos serviços desse sítio são todos gratuitos, destacando-se o tira-dúvidas *on line*, destinado a estudantes do ensino fundamental, médio e pré-vestibular. O serviço de tira dúvidas é denominado “Pergunte ao Especialista”, de onde se atende a todas as disciplinas escolares. O atendimento é feito por uma equipe de plantão permanente que recebe e responde as dúvidas dos estudantes pelo correio-eletrônico. Antes de elaborar a dúvida o estudante precisa preencher um formulário muito simples, com alguns dados como: endereço eletrônico, idade e série que está cursando.

Os temas disponíveis no sítio são diversificados. Disponibiliza conteúdos sobre várias áreas do conhecimento, tanto de interesse de professores como de alunos do ensino fundamental e médio. Utiliza muitos recursos gráficos e animações em uma estrutura de navegação não muito organizada; todavia o usuário dispõe de um mapa de navegação para auxiliá-lo.

<http://www.rossetti.eti.br>



É um sítio específico de química destinado a estudantes do ensino fundamental e médio. Oferece vários serviços, como mini-cursos, vínculos para outras páginas sobre conteúdos de química, exames vestibulares, livrarias, dicionários e um serviço de atendimento ao estudante, na forma de tira-dúvidas. Segundo o anúncio, o serviço funciona 24 horas por dia, gratuitamente. Sugere que o estudante visite primeiro o dicionário e o local “Perguntas e Respostas”, pois poderá encontrar, nessas páginas, a

O acesso a todas as informações desse sítio não é totalmente gratuito. Alguns acessos só são permitidos mediante a aquisição de materiais e

resposta para sua dúvida. Alerta o estudante que o objetivo do serviço de tira-dúvidas é o de “responder às perguntas e dúvidas a respeito do mundo que nos cerca e que caiam no âmbito da química elementar (ensino fundamental e médio). Não se pretende resolver problemas, exercícios ou trabalhos que professores colocam a seus alunos, exceto ajudar a entender melhor a química”. Há uma observação de obrigatoriedade no preenchimento do formulário, para que haja o recebimento da resposta. Além disso, o serviço apresenta conexões para tira-dúvidas em outras disciplinas, como matemática, física, biologia, geografia, história, inglês, gramática e espanhol.

A página não exibe muitos conteúdos, mas direciona de forma organizada para outras páginas com conteúdos de química. Não utiliza muitos recursos gráficos, mas apresenta uma estrutura de navegação organizada e objetiva.

### **Serviços de orientação**

*Orientação via Telemática para Alunos de Ensinos Fundamental e Médio*

<http://www.s bq.org.br/ensino/orienta/index.html>



O serviço de orientação telemática da Divisão de Ensino de Química da Sociedade Brasileira de Química é o mais antigo dos serviços de atendimento ao estudante no Brasil. O serviço surgiu de uma demanda espontânea de estudantes do ensino fundamental e médio, em meados de 1995, quando da criação das páginas Web da SBQ. Nessa época, os estudantes enviavam perguntas sobre temas relacionados ao conhecimento químico, que eram apresentados na escola. Visando a atender essa demanda dos estudantes que navegam na Rede, o Orienta passou a ser sistematicamente oferecido em outubro de 1996, com a organização de uma equipe de professores e alunos estagiários de licenciatura em Química.

O serviço está disponível a partir das páginas da Divisão de Ensino de Química da Sociedade Brasileira de Química. Ao acessar a página, o estudante é avisado sobre a forma de funcionamento do serviço de orientação, que pretende fornecer caminhos para que o estudante resolva sua dúvida, em lugar de resolvê-la diretamente para ele. Após a leitura de instruções preliminares, apresenta-se um formulário ao estudante, contendo algumas perguntas sobre sua formação, seu relacionamento com a química e com a internet, buscando traçar seu perfil de modo a prover uma orientação mais adequada em cada situação. Ao final do formulário, há um campo onde a dúvida pode ser escrita.

<http://www.escola24h.com.br>



Este sítio utiliza as mesmas denominações dos ambientes da escola presencial para nomear seus serviços no espaço virtual. A Escola 24 horas possui sala de aula, sala de professores, pátio, recreio, plantão de dúvidas entre outros serviços. No ambiente denominado “sala de aula”, é possível encontrar vários serviços, como aulas *on line*, dicas para apresentação de trabalhos, trocas de idéias e um serviço de

tira-dúvidas chamado de “Professor Web”, que disponibiliza professores 24 horas por dia para tirar dúvidas dos estudantes por correio eletrônico. É possível visualizar, através de duas câmeras que veiculam imagens em tempo real, o ambiente de trabalho do tira-dúvidas. Este serviço só está à disposição dos alunos das escolas conveniadas com a Escola 24 horas. O serviço pede ao usuário que escreva como foi o atendimento no serviço de tira-dúvidas, sugerindo um controle da qualidade da orientação.

As páginas contêm diversos e modernos recursos de animações, muitas figuras e uma estrutura de navegação organizada.

**Professor Roberto Lima**

<http://www.samnet.com.br/quimica/index.htm>



É uma página totalmente gratuita, que oferece serviços relacionados especificamente à química, como por exemplo cursos isolados de química, histórias curiosas, conceitos, testes de conhecimentos, sugestões de livros, vínculos relacionados à química, lojinha eletrônica, mini-aula e um serviço sistematizado de atendimento a estudantes. Embora não forneça muitas informações sobre como funciona o serviço de atendimento, menciona que nem sempre as dúvidas serão respondidas diretamente, sugerindo que fornecerá meios para que a pergunta seja respondida pelo próprio estudante. A página apresenta uma navegação

simplificada e objetiva. É uma página com visual bastante agradável e utiliza figuras da química como arte gráfica.

### **Considerações finais**

A internet está colocando à disposição de alunos e professores mais um meio de comunicação e informação, que além de ser extensivo ao período escolar, pode comportar diversos interesses e objetivos, tornando os ambientes de ensino e aprendizagem plurais e abertos. O serviço de atendimento às dúvidas dos estudantes amplia a dimensão de temporalidade no seu contato com professores e outros profissionais. Conjugado à capacidade de oferecer um extenso banco de dados e informações, pode-se prever que novas relações de elaboração de conhecimentos podem ser desenvolvidas, envolvendo por exemplo estudantes e professores de diversas partes do país em torno de uma mesma temática problematizadora.

O diálogo pelo correio eletrônico é o caminho desejado, desde uma perspectiva de participação ativa do sujeito na elaboração de conhecimentos, tanto para aquele que aprende, como para aquele que ensina, pois estamos de fato diante de um inusitado meio de comunicação e informação, sobre o qual há muito o que se aprender. É importante que se perceba que a própria elaboração de uma dúvida por meio da escrita já coloca o sujeito diante do problema de transmitir ao outro aquilo que não entende, procurando se fazer entendido. A elaboração escrita de uma dúvida é portanto um processo de problematização. Esse exercício expõe os interlocutores num nível de diálogo, onde não há mais lugar para intervenções como “não entendi nada do que você explicou”. Aqui o esforço pelo entendimento mútuo é um pressuposto, que muitas vezes é ignorado na sala de aula. Aprender a perguntar é uma habilidade que ambos, professor e estudante, não devem perder de vista, especialmente quando se tem clareza de que para se aprender química é preciso aprender a interrogar a natureza e o outro.

## ≡ Correio e bate-papo: a oralidade e a escrita ontem e hoje

**Joana fala para Dinha:** Oi Dinha! Tudo bem?  
**Luana entra na sala:** Oi pessoal!!  
**Dinha fala para Joana:** Oi!!! :-) Tudo ótimo, vc viu os experimentos em química que o professor falou?  
**Joana fala para Dinha:** Claro! É fantástico não é mesmo?  
**Luana fala para Joana:** Oi, que site é esse de que



### Arautos e mensagens eletrônicas

**C**onta-se que na Grécia Antiga, um homem chamado Filípides correu de Atenas a Targeto para avisar sobre o desembarque das tropas persas em Maraton, cidade litorânea da Grécia, levando dois dias para cobrir o percurso. Alguns afirmam que após ter dado a notícia o mensageiro caiu morto, o que não é consenso. Naquela época, era muito comum que esses mensageiros, conhecidos como arautos, percorressem a pé grandes distâncias, normalmente com o objetivo de informar oralmente algum acontecimento de natureza bélica.

Nos tempos da Internet, o tempo para enviar e receber mensagens pode ser menor que o intervalo para um cafezinho, daqueles que se toma em pé na sala dos professores. Alguns minutos são suficientes para que a mensagem saia de um computador localizado na Grécia e chegue ao Brasil, a alguns milhares de quilômetros, trazendo informações na forma de texto, imagem e som. Na verdade, esse intervalo de tempo, que normalmente é da ordem de minutos, pode ser reduzido para alguns segundos, desde que o trânsito nas 'fronteiras' (os roteadores que administram o tráfego de mensagens) não esteja sobrecarregado e os aplicativos que medeiam o envio e a recepção da mensagem sejam eficientes. O correio eletrônico, que no jargão da Internet é chamado e-mail (de *electronic mail*), é uma das primeiras formas de compartilhamento de recursos computacionais, desenvolvida há cerca de 25 anos, ainda na ARPANET, a primeira rede de computadores, que deu origem à Internet (Giordan, 1998).

### Marcelo Giordan

Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo, São Paulo - SP

---

Este artigo apresenta uma reflexão sobre as modalidades comunicacionais orais e escritas em dois momentos da história, procurando-se discutir as diferenças e semelhanças entre elas.

*Comunicação, oralidade, escrita, redes de computadores*

---

Este artigo foi publicado originalmente na revista *Química Nova na Escola* n. 8, 1998.

Muitos séculos separam o correio a pé dos arautos gregos e o correio eletrônico da Internet, mas há seguramente também um encurtamento de distâncias, pois hoje o Brasil e a Grécia estão mais próximos do que estavam Atenas e Targeto. Claramente, não se trata de distância física, medida em metros, mas de uma distância conotando conhecimento, tendo como uma das formas de medida a capacidade de troca de informações. A maior velocidade de troca de informações aproxima os povos no sentido do maior conhecimento que cada um vem a ter do outro, encurtando assim as distâncias.

Apesar de os tempos e as distâncias serem outros, existem alguns pontos que aproximam e afastam essas modalidades de comunicação, e que merecem uma reflexão mais aprofundada. O fato de existir um intervalo entre enviar e receber ambas as mensagens permite classificá-las como assíncronas. Como se observou, o intervalo de tempo entre enviar e receber uma mensagem eletrônica pode ser progressivamente reduzido, mas deve-se necessariamente terminar de redigi-la para enviá-la, e só então o destinatário poderá lê-la, tomando assim contato com ela. O leitor é obrigado a esperar o escritor terminar seu texto e só após esse ter sido transportado até ele poderá tomar ciência, fazer um juízo da idéia de seu interlocutor. Da mesma forma, o povo de uma cidade grega só tomava ciência de um acontecimento depois de o arauto ter ouvido a mensagem, percorrido a distância entre as cidades e tê-la anunciado oralmente.

### **Assembléias e chats**

É sabido também que os gregos costumavam se reunir nas praças para realizar assembléias e decidir sobre questões relativas às cidades, ou mesmo 'prosear' longamente sobre temas instigantes como a origem das coisas e a formação do mundo, assuntos que interessavam àqueles que se autodenominavam 'amigos do saber'. Um dos pioneiros e mais célebres deles, Sócrates, posiciona-se decididamente contra a escrita, que considerava um entorpecente para a memória. O filósofo dizia que "confiando apenas nas escrituras (...) só se lembrarão de um assunto por força de motivos exteriores, por meio de sinais, e não dos assuntos em si mesmos". Sócrates não deixou nenhum texto escrito de seu próprio punho, tendo suas idéias chegado até nós através de seu discípulo Platão.

Está se difundindo bastante entre jovens e adultos o hábito de freqüentar salas de bate-papo (do inglês *chat*) na Internet. As salas de bate-papo são ambientes não-presenciais de conversação, nesse sentido assemelhados às conversas telefônicas, onde várias pessoas podem se comunicar simultaneamente, mediadas por telas de computadores, de onde se lêem as informações, e teclados, onde se escrevem os textos. Existem salas de bate-papo para todas as idades e grande variedade de assuntos. É comum ocorrerem 'conversas escritas' entre pessoas localizadas em diferentes partes do mundo voltadas para assuntos que as aproximam, como lazer, música, ciência, negócios, preferências sexuais e muitos outros. Na maior parte das vezes, os computadores comunicam-se por meio de linhas telefônicas, que deixam de transportar as vozes orais para transportar as 'vozes escritas' dos interlocutores.

O que há em comum entre as salas de bate-papo da Internet e as discussões entre Sócrates e seus discípulos? Em ambos os casos, não é necessário que o locutor termine a exposição de suas idéias para que o interlocutor venha a tomar ciência delas. O envio e a recepção da mensagem ocorrem simultaneamente, e assim os eventos comunicacionais são ditos sincrônicos. Certamente as motivações e os assuntos das conversas nas academias gregas há 2500 anos e nas salas de bate-papo da Internet são profundamente diferentes, mas a distância física entre os interlocutores é outra diferença marcante: aquelas, tendo sido presenciais, eram métricas; estas, sendo a distância, são quilométricas. Uma outra diferença reside na oralidade

do evento comunicacional entre os gregos, realizado a viva voz, em contraposição à mediação escrita da comunicação entre internautas. A sofisticação das salas de bate-papo tem permitido incluir imagens e animações nas conversas e criar personagens representados apropriadamente de acordo com sua personalidade, o que nos coloca diante de um ambiente inusitado de comunicação.

### **O virtual na sala de aula**

E a sala de aula, como se comportará diante dessas mudanças? Antes que nos apresseemos a fazer futurologia, é necessário refletir mais e mais sobre alguns condicionantes dos eventos comunicacionais que nelas ocorrem. O tempo e a vez de cada voz nas salas de aula continuam mal distribuídos, insistindo-se em privilegiar o professor irradiando, no centro das atenções, o conhecimento. O correio eletrônico e as salas de bate-papo, modalidades com forte apelo virtual, rompem esse monopólio, potencializando uma repartição mais equitativa do tempo e da vez de cada interlocutor. Apesar de a participação distribuída não resolver o problema da qualidade das falas na sala de aula e na Internet, aguçam o senso de responsabilidade por aquilo que se diz e se escreve é um meio seguro de garantir o compromisso pela qualidade das relações humanas em geral e do ensino em particular.

Devemos aproveitar essa oportunidade de acesso a diferentes fontes de informações e conhecimento trazida pela comunicação mediada por redes de computadores. A sala de aula precisa aprender a conviver com a diversidade, sendo nesse sentido útil que o correio eletrônico traga para ela a voz de outros elaboradores do conhecimento e da cultura humana. Poder trocar mensagens com uma indústria do setor papelero e com um núcleo de defesa do meio ambiente traz um aumento substancial de qualidade e inovação para as discussões temáticas, merecedoras de mais espaço nas salas de aula.

O entorpecente da memória citado por Sócrates, a escrita, transformou positivamente a comunicação, e se nos tempos pós-modernos não somos todos letrados, não é por culpa dessa tecnologia, mas sim daqueles que a usaram como instrumento de exclusão. A priorização da escrita — transformada pelos novos recursos audiovisuais — como elemento de mediação e apropriação de informações e conhecimento é um outro investimento a ser feito, na comunicação por correio eletrônico e nas salas virtuais de reunião (como prefiro chamar as salas de bate-papo). Ler e escrever são prerrogativas para a comunicação nos tempos da Internet, ao contrário do que ocorria na época dos arautos da Grécia Antiga. Importa, neste momento, que façamos do correio eletrônico e das salas virtuais de reunião meios para exercitar essas atividades milenares de elaboração do conhecimento humano, a leitura e a escrita. Dessa forma, a escola estará cumprindo com simplicidade uma tarefa antiga, cuja eficiência há muito vem sendo cobrada, e estará inaugurando ao mesmo tempo uma nova e complexa interface de comunicação com a sociedade, o que poderá romper com seu isolamento do mundo real.

É um desafio formidável aproximar essa nova tecnologia da comunicação da escola, especialmente porque a novidade estampada na Internet contrasta com o conservadorismo e a falta de recursos em que vivem as escolas. É importante que os professores não sejam simples arautos dessa novidade, mas usuários críticos que a utilizem como meio para transformar positivamente seus ambientes de trabalho, contribuindo para subverter a tendência histórica de dominação e exclusão que as tecnologias exercem sobre as sociedades.

## Endereços quentes da Internet

A seguir, são apresentados alguns URLs de páginas Web onde os professores de química e ciências poderão encontrar material de apoio — para atividades dentro e fora da sala de aula — desenvolvido por equipes que trabalham com ensino de química e ciências.

<http://www.cdcc.sc.usp.br/>

Página do Centro de Divulgação Científica e Cultural. Reúne professores e alunos dos institutos de física e de química da USP de São Carlos.

A seção Experimentoteca traz experimentos de ciências para o nível fundamental. A de Área de Química propõe experimentos de química para o nível Médio. Existe ainda um vínculo para o curso de licenciatura em ciências exatas, contendo farto material sobre as disciplinas do curso e atividades desenvolvidas. Um mecanismo de busca do próprio sítio permite acesso ao banco de dados local.

<http://guarany.cpd.unb.br/ie/qui/lpeq/welcome.htm>

Laboratório de Pesquisas em Ensino de Química da Universidade de Brasília. O grupo oferece apoio a professores de química e ciências, com destaque para a montagem de uma feira de ciências. Existe ainda uma lista de publicações do grupo sobre ensino de química e ciências.

<http://ead.coltec.ufmg.br>

Projeto de Educação a Distância implantado na Universidade Federal de Minas Gerais em colaboração com a Secretaria de Educação de Minas Gerais, que atende a professores de ciências e matemática de quinta a oitava séries da rede pública estadual. São oferecidos atualmente 11 cursos de aperfeiçoamento via Internet. Trata-se de uma experiência pioneira para formação continuada de professores no Brasil.

<http://kekule.fe.usp.br/>

Página do Laboratório de Pesquisa em Ensino de Química da Universidade de São Paulo. O L@PEQ oferece disciplinas de graduação e pós-graduação nas áreas de metodologia de ensino de ciências e química, disponibilizando farto material de apoio didático produzido pelos alunos dessas disciplinas. É

## Glossário da multimídia

*Internet*: rede mundial de computadores baseada na troca de pacotes de informações entre computadores e redes locais de computadores. Considera-se a adoção conjunta do protocolo de controle de transferência (TCP) e do protocolo internet (IP) como o momento de fundação da Internet, no início da década de 80.

*Servidor*: conhecido também como *server*, é o computador que, como o próprio nome diz, é responsável por disponibilizar algum serviço de rede para outros computadores, como por exemplo aplicativos de correio eletrônico, páginas Web, repositório de banco de dados etc.

*Computador cliente*: ou *host*, no jargão computacional. O cliente numa rede de computadores utiliza-se de serviços disponibilizados pelo servidor, sendo a interface mais conhecida dos usuários da rede, que normalmente não percebem a existência do servidor.

*Telnet*: aplicativo capaz de conectar dois computadores, sendo pelo menos um deles o servidor desse serviço de conexão. A função do Telnet é permitir ao computador cliente simular o ambiente operacional do servidor.

*FTP*: de *file transfer protocol*, ou protocolo de transferência de arquivos. O FTP é também um aplicativo que permite conexão entre clientes e servidor para que ocorra transferência de arquivos entre os mesmos. Foi um dos primeiros serviços utilizados em redes de computadores.

*HTML*: de *Hipertext Markup Language* ou, aproximadamente, linguagem estruturada de hipertexto. É a linguagem padrão dos documentos que circulam na WWW. Pretende-se transformar o HTML em linguagem oficial da Internet, o que é coordenado pelo W3C (<http://www.w3.org>), organismo não-governamental de caráter internacional.



possível ter acesso a uma versão em hipertexto de uma parte do material Mudanças Globais, que traz temas como ciclo do carbono e mudanças na atmosfera em uma abordagem interdisciplinar.

<http://darwin.futuro.usp.br/>

Página do Grupo de Ensino de Ciências Via Telemática da Escola do Futuro. Neste sítio existem várias informações interessantes para os professores de ciências, especialmente sobre projetos de investigação facilmente implementáveis nas escolas.

<http://www.sbq.org.br/ensino/orienta/>

Orientação Via Telemática para Alunos de Níveis Fundamental e Médio, página da divisão de ensino da Sociedade Brasileira de Química. Esse serviço é mantido por um grupo de professores ligados à SBQ, com o objetivo de auxiliar professores e alunos na resolução de problemas, fornecendo referências em livros e na Internet. A comunicação dos alunos e professores é feita por meio de um endereço de correio eletrônico ([orienta@sbq.org.br](mailto:orienta@sbq.org.br)), que distribui as mensagens entre os orientadores do serviço.

### **Referências bibliográficas**

GIORDAN, M.: *O Ensino de Ciências nos Tempos da Internet*. Em Ciências, Ética e Cultura na Educação. CHASSOT, A. e de OLIVEIRA, J.R. (orgs), São Leopoldo, Ed. Unisinos, 1998.



# Jornais e Revistas *On-Line*: Busca por **Temas Geradores**

**Marcelo Eichler e José Claudio Del Pino**

Instituto de Química da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre- RS

**E**m diversos foros tem-se discutido o que se espera das atividades de aprendizagem de ciências naturais para o ensino básico e, algumas vezes, há consenso. Propõe-se que as atividades devam estar voltadas à formação do cidadão, vinculando os conteúdos às dimensões sócio-político-econômicas e aos conhecimentos prévios dos alunos. Espera-se que o aluno interaja com os conteúdos e coopere com os colegas na construção dos conceitos e métodos científicos. Defende-se que o aluno parta de questões concretas para estabelecer relações abstratas entre os conceitos e os conteúdos presentes nas atividades de aprendizagem. Por isso, presume-se que as atividades de aprendizagem de ciências mediadas por computador devem estar inseridas nessa perspectiva.

## **Solução de problemas**

Alguns autores têm mostrado que idéias dessa natureza podem ser desenvolvidas em sala de aula por meio de estratégias de solução de problemas (Pozo *et al.*, 1998), mas é interessante discorrer um pouco sobre o que se entende por problema. Conforme a definição encontrada em dicionários, problema relaciona-se tanto à idéia da questão matemática que necessita de solução quanto às interrogações mais amplas, em qualquer domínio de conhecimento, que são objeto de discussão. A primeira dessas noções está relacionada à habilidade na utilização de algoritmos algébricos<sup>1</sup> e é um tema que muito preocupa os professores que desejam tão somente melhorar o rendimento de seus alunos nos exames e provas tradicionais (Gabel e Sherwood, 1983; Kempa, 1986) e, inclusive, no vestibular. No entanto, a segunda interpretação faz referência a uma situação, concebida como problema, em que o sujeito não dispõe de procedimentos automáticos que o levem a soluções imediatas, ou seja, requerem do sujeito alguma forma de reflexão e de tomada de

---

Neste artigo são comentadas algumas ferramentas de busca por informações noticiosas e sua utilização em atividades de aprendizagem.

*tema gerador, jornais on-line, solução de problemas*

---

Este artigo foi publicado originalmente na revista *Química Nova na Escola* n. 9, 1999.

decisão sobre a seqüência de passos a seguir para se chegar a uma ou a outra solução. Assim, para efeito de diferenciação, o entendimento algébrico e o algoritmo são chamados de *exercício*, enquanto *problema* é considerado, de algum modo, uma situação nova ou diferente do que já se aprendeu (Pozo *et al.*, 1998). Essa situação possui um maior caráter subjetivo e para ela não existe uma só solução, mas sim uma solução mais adequada que as outras (Garret, 1995).

Esse entendimento de problema e sua utilização como estratégia de aprendizagem em sala de aula assemelha-se bastante ao conceito de tema gerador, utilizado e desenvolvido pela pedagogia da autonomia de Paulo Freire (1996). O tema gerador é entendido como o assunto que centraliza o processo de ensino-aprendizagem, sobre o qual acontecem os estudos, pesquisas, análises, reflexões, discussões e conclusões (Corazza, 1992). Segundo a pedagogia da autonomia, o processo de escolha desses assuntos, problemas ou temas geradores é fruto de uma mediação entre as responsabilidades dos professores e os interesses dos alunos.

Assim, pode-se imaginar algumas alternativas para a utilização de computadores em atividades de aprendizagem, em realidade de escola, que sigam esse referencial. Por exemplo, um problema de impacto no meio ambiente, noticiado em veículos de comunicação de massa, é apresentado aos alunos e o professor solicita que sejam propostas algumas soluções (De Anta *et al.*, 1995). Para isso, pode-se reconstruir o contexto do problema, consultando e analisando criticamente as diversas matérias publicadas, inclusive *on-line*, por diferentes veículos. A imersão nesse contexto permite a emergência dos conteúdos científicos, bem como suas regularidades e diferenças. Mas, como as soluções propostas podem ser tão diversas quanto os alunos, há a necessidade de debates para que os alunos possam eleger ou estabelecer a solução mais útil ou eficaz para o problema estudado.

### **Temas geradores on-line**

A seguir, são descritas algumas ferramentas de busca em jornais e revistas *on-line* que permitem a coleta de matérias jornalísticas a serem utilizadas com essas atividades de aprendizagem em sala de aula. Nos veículos que estamos citando o acesso é gratuito. No entanto, alguns outros, como *Jornal do Brasil*, *Folha de S. Paulo* e revista *Veja*, limitam o acesso a seu acervo. Nesses casos, é necessário ser assinante do jornal ou do provedor de acesso à Internet a ele associado. Há ainda veículos que estão com ferramentas de busca em fase de desenvolvimento, como é o caso do *Correio Braziliense* e do *Estado de S. Paulo*. Uma listagem completa dos jornais *on-line* presentes na rede pode ser encontrado no URL: [http://www.zaz.com.br/noticias/index\\_jornais.htm](http://www.zaz.com.br/noticias/index_jornais.htm).

### **Correio do Povo**



URL: <http://www.cpovo.net/jornal>

A busca por matérias jornalísticas no sítio do *Correio do Povo* é fácil. Ao se acessar a *home page* do jornal, pode-se visualizar uma figura que contém a capa do jornal e uma lupa. Clicando sobre essa figura, será aberta a página para a pesquisa sobre as matérias jornalísticas de edições passadas. A ferramenta de busca é de fácil utilização mas, em caso de dificuldades, pode-se consultar a página “Dúvidas”, que contém uma série de dicas para melhorar a consulta. No resultado da procura, há a indicação do número de reportagens encontradas, seus títulos e uma breve descrição. Clicando sobre o endereço do sítio, que aparece abaixo dessa descrição, acessa-se a íntegra da reportagem.

Em versão digitalizada, as matérias estão completas. Não são muito extensas, pois não é essa a linha editorial do jornal. São disponibilizadas informações desde que o *Correio do Povo* inaugurou seus serviços pela Internet, em 09/06/97.

## O Globo



URL: <http://www.oglobo.com.br>

O sítio do jornal *O Globo* também é de fácil utilização. A procura por reportagens com os assuntos de interesse dos professores e alunos pode ser feita na própria página inicial do sítio. No canto superior esquerdo da página inicial há uma caixa de diálogo, entre a palavra 'Arquivo' e o botão de confirmação, onde devem ser digitadas as palavras-chave. Depois, basta clicar sobre o botão 'Ok' e será apresentada a página com a indicação das reportagens encontradas. Nessa página, a procura pode ser redirecionada e mais bem especificada. Há conexões para páginas de "Dicas de busca" e "Busca avançada", onde podem ser estipulados parâmetros mais precisos para se encontrar a reportagem desejada.

Podem ser feitas procuras por reportagens completas a partir de 01/08/97, data do início dos serviços *on-line* prestados pelo jornal.

## Isto É



URL: <http://www.terra.com.br/istoe/busca.htm>

Com o endereço acima, é acessada a página de pesquisa por reportagens publicadas na revista *Isto É*.

A ferramenta de pesquisa é bastante sofisticada. Em caso de dúvidas de como proceder à busca, basta clicar sobre a frase "Fazendo suas perguntas" e consultar a página de dicas que será exibida.

Na caixa de diálogo, digite as palavras-chave ou uma pequena frase que defina o que está buscando; não é necessário utilizar os conectores mencionados anteriormente. Depois, clique no botão 'Search' (em inglês, 'procura'). O número máximo de indicações será 20. Escolha uma reportagem da listagem e clique sobre a frase que a define para acessar a reportagem completa, inclusive com as fotos ou os desenhos publicados na versão impressa.

## Diário de Pernambuco



URL: <http://www.dpnet.com.br>

Nesse sítio há a possibilidade de procurar por reportagens do jornal *Diário de Pernambuco* desde 02/07/97, data de início da versão *on-line*. No lado esquerdo da página inicial do sítio há a indicação de links possíveis dentro do sítio. Basta clicar sobre a palavra 'Procurar' para acessar a página com a ferramenta de busca. Na caixa de

## Glossário da Multimídia

*Home page* (página Web): pode-se entender a *home page* como um conjunto de documentos disponíveis na Internet — página Web — cujas características principais são a vinculação entre eles e sua disponibilização em um ambiente computacional gráfico. O nome *home page* é atribuído algumas vezes à página Web inicial de um sítio na internet.

Java: linguagem de programação baseada na linguagem C++, que permite executar aplicações em computadores remotos, cujas características são a riqueza audiovisual e a animação.

GIF/JPG (JPEG): arquivos com formatação específica para armazenar imagens. São utilizados em ambiente Web devido a sua alta taxa de compactação das informações.

HTTP: de *hypertext transfer protocol*. Protocolo responsável pelas transações entre computadores, que permite conexão, transferência de arquivos e desconexão. Nos computadores, é necessário que haja um aplicativo em execução permanente (daemon) encarregado de estabelecer as transações.

CGI: de *common gateway interface*. Funcionando na base de um aplicativo (cgi-bin), essa interface permite a transação de informações dinâmicas entre computadores, como preenchimento, envio e recepção de formulários.

diálogo digite as palavras-chave que definem a pesquisa desejada. Nesse sítio não há páginas de dicas ou de busca avançada, mas buscas mais sofisticadas podem ser feitas com os mesmos conectores descritos nas páginas de dicas dos sítios dos outros jornais já citados. Por exemplo, os conectores *and* (para a procura por reportagens que contenham ambas as palavras-chave desejadas) ou *or* (quando se deseja encontrar reportagens com uma ou outra palavra indicada) para melhor definir a busca. Na Tabela 1 há uma descrição de procura feita com o auxílio desses conectores.



### Época

URL: <http://www.epoca.com.br>

Nesse endereço pode ser pesquisado todo o acervo digitalizado da revista *Época*, desde a primeira edição em 25/05/98. As reportagens estão completas, mas somente a edição mais recente apresenta as fotos presentes nas edições impressas.

A busca pode ser feita diretamente na página inicial do sítio. Digite a palavra-chave desejada na caixa de diálogo 'Busca Época' e clique no botão 'Ok'. O resultado da pesquisa indica a quantidade de documentos encontrados e as edições que apresentam as palavras-chave solicitadas. Não há resumo que descreva o conteúdo das reportagens encontradas. Para evitar muitas referências,

Tabela 1 – quantidade de reportagens encontradas com a pesquisa por palavras-chave.<sup>2</sup>

Palavra(s) ou expressão(ões) para a busca	Jornais e Revistas on-line				
	<i>C. Povo</i>	<i>Globo</i>	<i>DPNet</i>	<i>Isto É</i>	<i>Época</i>
agrotóxicos	163	26	153	11	9
alimentos AND química	23	5	17	9	9
combustível AND química	4	0	29	10	5
energia nuclear	26	20	58	20	5
energia solar	13	10	41	20	11
lixo	863	209	300	20	60
lixo AND química	5	1	15	6	2
pesticidas	9	6	4	4	3
poluição	334	245	300	20	44
poluição ambiental	25	1	64	11	1
poluição atmosférica	9	11	21	2	2
produtos químicos	68	51	102	19	11
qualidade da água	62	28	59	20	1
qualidade do leite	23	4	11	17	0
química AND medicamentos	4	7	20	20	8
radioatividade OR radiação	55	74	107	1	17
Reciclagem	298	87	300	18	17
Sabão OR detergente	10	33	247	3	14
Siderurgia OR metalurgia	63	8	75	4	13
Tratamento da água	12	2	14	19	0
Usina nuclear	16	2	5	8	6

pode-se fazer busca com mais palavras, usando, quando necessário, os mesmos conectores descritos nos outros sítios.

## Conclusões

A utilização de reportagens de jornais em atividades de sala de aula não é novidade. Ocorre que, anteriormente, o processo de busca, coleta e armazenamento das reportagens em papel era muito mais trabalhoso. O advento da Internet sem dúvida facilitou a divulgação, circulação e utilização de matérias jornalísticas, recentes ou não, em atividades de sala de aula. Entende-se que professores e alunos podem utilizar esse recurso de pesquisa para viabilizar a alternativa da utilização de temas geradores para os conteúdos e os contextos das atividades de aprendizagem desenvolvidas em sala de aula.

## Notas

<sup>1</sup>O *Journal of Chemical Education* publicou em seu v. 64, n. 6, de junho de 1987, uma série de 10 artigos que versaram sobre a relação entre algoritmos e solução de problemas. Esses podem ser interessantes para um debate sobre as habilidades que os alunos de escola básica possuem para resolver problemas algébricos. Mas essa não é a ênfase deste nosso artigo.

<sup>2</sup>Os números de reportagens encontradas listados na tabela referem-se à pesquisa realizada entre os dias 22 e 26/03/99.

## Referências bibliográficas

- CORAZZA, S.M. *Tema gerador: concepções e práticas*. Ijuí: Ed. UNIJUÍ, 1992.
- DE ANTA, G.; MANRIQUE, M.J. e RUIZ, M.L. Noticias para plantear problemas. *Alambique - Didáctica de las Ciencias Experimentales*, n. 5, p. 59-65, jul., 1995.
- FREIRE, P. *Pedagogia da autonomia: saberes necessários à prática docente*. São Paulo: Paz e Terra, 1996.
- GABEL, D.L. e SHERWOOD, R.D. Facilitating problem solving in high school chemistry. *Journal of Research in Science Teaching*, v. 20, n. 2, p. 163-177, 1983.
- GARRET, R.M. Resolver problemas en la enseñanza de las ciencias. *Alambique - Didáctica de las Ciencias Experimentales*, n. 5, p. 6-15, jul., 1995.
- KEMPA, R.F. Resolución de problemas de química y estructura cognoscitiva. *Enseñanza de las Ciencias*, v. 4, n. 2, p. 99-110, 1986.
- POZO, J.I.; PÉREZ, M.P.; DOMÍNGUEZ, J.; GÓMEZ, M.A. e POSTIGO, Y. *A solução de problemas*. Porto Alegre: Artes Médicas, 1998.

## Para saber mais

Recomendamos a leitura dos livros *A solução de problemas*, de Pozo et al. e *Pedagogia da autonomia*, de Paulo Freire.

Um Ambiente

# Multimediatizado

para a Construção do Conhecimento  
em Química



**A** introdução de novas tecnologias na educação (principalmente da informática) deve-se à busca de soluções para promover melhorias no processo de ensino-aprendizagem, pois os recursos computacionais, adequadamente empregados, podem ampliar o conceito de aula, além de criar novas pontes cognitivas. Porém, acredito que mudanças significativas na prática educacional só se concretizarão quando as novas tecnologias estiverem integradas não como meros instrumentos, mas como elementos co-estruturantes.

Foi justamente nessa perspectiva que se deu a concepção, a aplicação e a avaliação de um ambiente de aprendizagem para a construção do conhecimento em química no sítio "Cálculos Químicos" (<http://www.ituiutaba.uemg.br/calculosquimicos/>).

Trata-se de um ambiente multimediatizado de aprendizagem, isto é, formado na associação de diferentes recursos (materiais, computacionais, humanos) em torno de um processo dinâmico de ensino e de aprendizagem; nesse caso específico a aprendizagem significativa (Ausubel *et al.*, 1980) de cálculos estequiométricos. Tais recursos são estrategicamente associados para potencializar ao máximo o ato de aprender, seja por livre descoberta ou em situações de trabalho cooperativo.

Em um ambiente dessa natureza, ou seja, integrando diferentes metodologias, comunicação oral e escrita, hipertexto e multimídia, a transição de um meio para outro pode proporcionar uma aprendizagem mais dinâmica, agradável e, conseqüentemente, com possibilidades de ser mais significativa, além de oferecer aos professores a possibilidade de adaptarem-se às diferenças individuais dos alunos, de respeitarem os diferentes ritmos de aprendizagem e, com isso, de dinamizarem a prática pedagógica.

**Sérgio Luiz Brito**

Universidade do Estado de Minas Gerais,  
Ituiutaba - MG

---

Este artigo descreve um ambiente multimediatizado de aprendizagem para a construção do conhecimento sobre cálculos estequiométricos, com base na teoria de aprendizagem significativa. Esse ambiente é formado pela associação de diferentes recursos (materiais, computacionais, humanos) em torno de um processo dinâmico de ensino e de aprendizagem. Os recursos são estrategicamente associados para potencializar ao máximo o ato de aprender, seja por livre descoberta ou em situações de trabalho cooperativo.

*ensino de química, mediação pedagógica,  
ambiente multimediatizado*

---

Este artigo foi publicado originalmente na revista *Química Nova na Escola* n. 14, 2001.

Nesse sentido, o ambiente multimediatizado foi concebido a partir de um estudo sobre cálculos estequiométricos e, para facilitar a aprendizagem e a organização dos textos, sua construção baseou-se na elaboração inicial de um mapa conceitual (Novak e Gowin, 1996).

Esse mapa identifica várias “unidades de conteúdo”, que são os conceitos interrelacionados. Revela também uma hierarquia, ou seja, cada um dos conceitos subordinados é mais específico que aquele escrito acima dele. Existem também ligações significativas entre um segmento da hierarquia conceitual e outro segmento.

A dinamização do ambiente multimediatizado é feita por um sítio gerenciador, uma página desenvolvida utilizando-se o programa *Microsoft Front Page*. Trata-se de uma ferramenta de autoria que permite ao professor a apresentação do conteúdo no formato de hipertexto, oferecendo ao aprendiz mecanismos para descobrir as ligações conceituais entre as seções de assuntos relacionados.

A estruturação dos hipertextos deu-se com a utilização de “frames”, criados e organizados com a expectativa de direcionar melhor o processo de ensino-aprendizagem. Cada unidade de conteúdo apresenta características próprias e específicas, que identificam uma “atitude didática” suscetível de dinamizar o estudo; ou seja, enquanto um conceito pode ser melhor compreendido em meio a atividades de laboratório, outro o será quando apresentado por um *software*, ou por um livro didático, ou mesmo no quadro e giz.

Para a elaboração dos hipertextos, privilegiou-se uma linguagem clara e acessível aos alunos, minimizando as dificuldades da aprendizagem durante o processo.

Inicialmente, a construção do conhecimento ocorreu com a introdução de um organizador prévio sobre anemia ferropriva, que inicia as atividades no hipertexto. Organizadores prévios podem ser materiais ou textos introdutórios e devem servir como âncora para a nova aprendizagem. Esses materiais introdutórios foram apresentados em um nível de abstração, generalização e inclusividade maior que o material a ser aprendido pelo aluno (Moreira, 1999). No caso específico do ambiente multimediatizado, o organizador prévio teve a função de estimular o aluno a interessar-se pela produção do sulfato ferroso - sal usado no combate à anemia - além de demonstrar que a produção desse sal é determinada pelo conhecimento de cálculos estequiométricos.

A síntese do sulfato ferroso poderia simplesmente ter sido descrita aos alunos, sem ter sido realizada em laboratório. Porém, ao aluno caberia apenas a aceitação das idéias lançadas e o acúmulo de fatos referentes à produção do sal.

A retórica das aulas expositivas, das conclusões apressadas, sem a participação do aluno no processo de aprendizagem, é uma das principais causas responsáveis pela monotonia e pelo pouco aproveitamento das aulas de química. A utilização de um laboratório ou de material alternativo reforça a dinâmica do ambiente, pois a riqueza de “tecnologias” permite ao aluno desenvolver atividades que evidenciam as suas habilidades, uma vez que não há predominância e sim uma integração de várias técnicas, o que oferece melhores oportunidades para a construção do conhecimento.

A partir da experiência no laboratório, o hipertexto continua coordenando as atividades. Um dos aspectos mais importantes desse hipertexto é que os tópicos, vistos nos capítulos anteriores aos cálculos estequiométricos e necessários para o desenvolvimento dos cálculos, estão organizados

---

**O sítio “Cálculos Químicos” é um ambiente multimediatizado de aprendizagem, no qual diferentes recursos são associados para criar um processo dinâmico de ensino e de aprendizagem significativa de cálculos estequiométricos**

---





Página de abertura do sítio 'Cálculos Químicos'.

na forma de vínculos ("links"), ou expressos de forma menos concisa na Apostila Beta (material desenvolvido especificamente para o ambiente). No hipertexto, os pesos atômicos nunca se encontram nos exercícios. Tal metodologia permite que o aluno tenha uma maior familiaridade com a tabela periódica e, para facilitar o acesso a esse recurso, foi implantada no próprio sítio uma tabela periódica interativa.

Pesos moleculares também podem ser calculados de forma rápida, utilizando o *software* "Cálculos Químicos", desenvolvido pela Unesp e pela Universidade Católica de Brasília (Revista CD ROM Escola n. 1, da Ed. Europa Multimídia).

Outro recurso disponibilizado que contribuiu para enriquecer o ambiente multimediatizado foi o vídeo "Vestibulando – Química Geral nº 2". O vídeo foi utilizado para o aprofundamento do conteúdo, propiciando também novos métodos de resolução de exercícios. Esse recurso audiovisual pode ser utilizado sempre que o aluno tiver necessidade de tirar dúvidas.

O CD-ROM Lechat II, produzido pelo Departamento de Física da Universidade de Coimbra (<http://www.mocho.pt/>), utilizado na resolução de exercícios de balanceamento, também mostrou-se eficiente.

Para estimular a aprendizagem significativa, o hipertexto também apresenta uma seção de exercícios. Eles são apresentados em ordem crescente de complexidade para que os alunos não percam o estímulo para resolvê-los. Para minimizar as dificuldades de resolução dos exercícios propostos, o professor deve considerar o entendimento dos enunciados juntamente com os alunos. O aluno também deve ser orientado a elaborar um esquema que identifique os passos de resolução, como forma de visualizar a questão como um todo. Outro fator que contribuiu muito para o sucesso das resoluções são as discussões e as trocas de idéias entre os pares.

Sempre que o aluno encontra-se em dificuldades com determinado conteúdo, ele remete-se aos recursos que compõem o ambiente multimediatizado. Se um desses recursos não atender às suas necessidades, o professor conduz mais efetivamente as atividades, pois, como orientador do processo, ele deve estar sempre presente em todas as atividades, já que constitui o ambiente

multimediatizado como recurso humano. O professor deve também preparar oportunidades de aprendizagem e outorgar liberdade de itinerário mental ao aluno, além de sugerir fontes e recursos para a aprendizagem.

Para aprimorar o ambiente, foi dada também a oportunidade aos alunos de tecer críticas e sugestões. Essas observações foram colhidas por meio de relatos escritos e entrevistas. Nesses relatos, os alunos expressaram a satisfação de terem participado dessa experiência educativa, ressaltaram o aspecto inovador que o ambiente apresenta e sugeriram mudanças nos tópicos que acreditavam estar dificultando a aprendizagem.

### **Considerações finais**

O ambiente multimediatizado contribuiu para propiciar aos alunos a aquisição e a assimilação dos conteúdos de modo significativo. Esse fato não ocorreu pela simples inserção do aprendiz num ambiente rico em tecnologias, mas sim pela dinamização que o ambiente proporcionou.

Esse ambiente foi gerado como uma experiência de aprendizagem, e a criatividade foi usada como suporte para a construção do conhecimento, para que o mesmo ocorresse em conexão com as expectativas dos aprendizes. A proposta do ambiente não está centrada na pedagogia das certezas e dos saberes pré-fixados, mas sim na pedagogia da pergunta, do aprimoramento das perguntas e do acesso a informações. Percebi porém que, mesmo envoltos por todos os artefatos tecnológicos e recursos didáticos, os alunos necessitavam sempre estar recorrendo ao professor como a “fonte do saber”. Alguns alunos são muito apegados à idéia de que o professor é o detentor do conhecimento. Paralelamente a esse fato, eu, como professor orientador do processo de aprendizagem, comecei a refletir sobre a nova postura que deveria assumir diante das novas tecnologias: sair da posição central e começar a permear a construção do conhecimento, seguindo outra trajetória, diferente da “acostumada”. No entanto, essa não é uma tarefa fácil, até mesmo para professores comprometidos com a busca desse novo paradigma. Nesse sentido, no início do processo de investigação senti um certo desconforto, até mesmo receio, por estar enfrentando situações até então desconhecidas. Porém, percebi então que a minha função enquanto docente não estava sendo minimizada e sim modificada, talvez até tornada mais complexa. Eu e meus alunos estávamos construindo o saber de forma integrada, as informações não eram repassadas e sim discutidas, elaboradas e analisadas para que juntos chegássemos a um resultado positivo.

---

---

**O ambiente multimediatizado contribuiu para propiciar aos alunos a aquisição e a assimilação dos conteúdos de modo significativo. Esse fato não ocorreu pela simples inserção do aprendiz num ambiente rico em tecnologias, mas sim pela dinamização que o ambiente proporcionou**

---

---

### **Referências bibliográficas**

AUSUBEL, D.P.; NOVAK, J.D. e HANESIAN, H. *Psicologia educacional*. Trad. E. Nick. Rio de Janeiro: Interamericana, 1980.

MOREIRA, M.A. *Aprendizagem significativa*. Brasília: Editora Universidade de Brasília, 1999.

NOVAK, J.D. e GOWIN, B.D. *Aprender a aprender*. Trad. C. Valadares. Lisboa: Plátano Edições Técnicas, 1996.

### **Para saber mais**

Ambiente multimediatizado “Cálculos Químicos”: <http://www.ituiutaba.uemg.br/calculosquimicos/>

# CONCEPÇÕES ATOMISTAS DOS ESTUDANTES

**O**s alunos do ensino Fundamental e Médio costumam chegar às aulas de Química trazendo sobre a natureza atômica da matéria idéias bem diferentes daquelas aceitas cientificamente<sup>1</sup>. Pesquisas realizadas em diferentes países mostram que essas idéias alternativas das crianças e adolescentes são universais, pois o mesmo padrão de concepções sobre a matéria foi detectado nos quatro cantos do mundo.

Desse conjunto de pesquisas podem ser identificadas algumas características principais das idéias dos alunos dessa faixa etária sobre a matéria: nem todos usam modelos descontínuos para representar as transformações da matéria; os que usam, muitas vezes o fazem de maneira bastante pessoal, o que inclui a utilização de idéias animistas e/ou substancialistas, em que o comportamento de seres vivos e/ou as propriedades da substância são atribuídos a átomos e moléculas; há uma forte tendência em negar a existência de espaços vazios entre as partículas; raramente são usados outros aspectos de um modelo atomista nas explicações, como por exemplo o movimento intrínseco das partículas ou suas interações; notam-se dificuldades em raciocínios que envolvam a conservação da massa. Por fim, há a dificuldade dos estudantes em transitar entre as observações fenomenológicas e as explicações atomistas, ou seja, em fazer relações entre os modelos atomistas e o comportamento dos materiais nas diversas transformações. As pesquisas revelam ainda que essas características do pensamento dos alunos evoluem com a idade e com a instrução, mas são freqüentes mesmo entre os que já foram submetidos ao ensino de modelos atômicos.

**Eduardo Fleury Mortimer**

Faculdade de Educação da Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte - MG

---

A seção "O aluno em foco" traz resultados de pesquisas sobre idéias informais dos estudantes, sugerindo formas de levar essas idéias em consideração no ensino-aprendizagem de conceitos científicos.

Este artigo discute as concepções alternativas dos estudantes sobre a matéria, o que inclui a atribuição de propriedades macroscópicas aos átomos e a dificuldade em aceitar a existência de espaços vazios entre as partículas de matéria.

---

*concepções alternativas, átomos, matéria*

---

Este artigo foi publicado originalmente na revista *Química Nova na Escola* n. 1, 1995.

Neste artigo procuraremos apresentar exemplos dessas idéias através da transcrição de diálogos gravados em uma turma de oitava série do Ensino Fundamental junto à qual desenvolvemos pesquisa sobre a evolução das concepções atomistas dos estudantes. Ao mesmo tempo, procuraremos discutir como essas idéias influenciam a aprendizagem de um modelo científico para a matéria e como elas podem ser levadas em conta na introdução do atomismo científico.

### Dilatando partículas

A Seqüência 1 transcreve um diálogo entre alunos da oitava série do ensino Fundamental, quando estes tentam interpretar o fenômeno da dilatação, em consequência do aquecimento de um pequeno balão colocado na boca de um tubo de ensaio. A tarefa dos alunos consistia em desenhar modelos para o ar dentro do tubo antes e depois do aquecimento e descrever como esses modelos explicavam a dilatação do ar.

A seqüência ilustra como o modelo atomista desses alunos é diferente do modelo científico clássico. Enquanto para o último o aumento do volume de um gás submetido ao aquecimento é consequência do aumento da energia cinética média das moléculas do gás, o que aumenta a distância média entre elas, no modelo dos estudantes o aumento do volume é consequência da dilatação das próprias partículas. O modelo proposto por esses alunos está ilustrado na Figura 1.

Esse conceito da dilatação das partículas é muito comum nos modelos atomistas intuitivos elaborados pelos estudantes. Faz parte de uma concepção que chamamos 'atomismo substancialista', uma vez que propriedades macroscópicas das substâncias, como dilatar e mudar de estado, são atribuídas aos átomos e moléculas. De acordo com esse modelo, os átomos ou moléculas dilatam-se quando uma substância é submetida a aquecimento, como mostrado no exemplo acima. De forma semelhante, uma molécula sólida se torna líquida quando uma substância se funde ou quando um sólido, como o açúcar, se dissolve na água. Segundo Bachelard, esse substancialismo está intimamente ligado à 'metafísica da poeira', ou seja, à idéia de que o atomismo é uma composição racional elaborada a partir de intuições sensoriais. As crianças e adolescentes o elaboram a partir, por exemplo, da percepção dos cristais de açúcar, visíveis mas cada vez menores, no momento da dissolução.

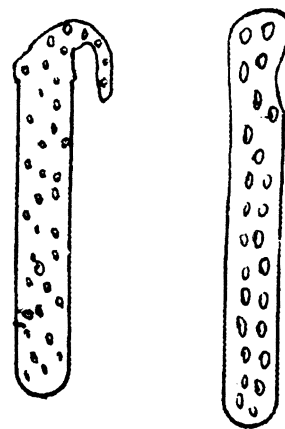


Figura 1 – Substancialismo na dilatação do ar.

**Aluna 1:** Aconteceu que as partículas aumentaram de tamanho.

**Aluna 2:** Aí as partículas dilataram...

**Aluno 3:** Dilataram?

**Aluna 1:** (dirigindo-se ao aluno 4): O que você acha?

**Aluno 4:** Nada, né?

**Aluna 2:** A gente tem que explicar aqui: o ar quando aquecido dilata.

**Aluna 1:** Dilata. As partículas do ar, quando aquecidas, dilatam, porque existe o espaço vazio entre as partículas.

**Aluno 3:** É o ar que dilata.

**Aluna 1:** Não é o ar que dilata, são as partículas

que dilatam...

**Aluno 3:** As partículas do ar...

**Aluna 2:** Mas a gente vai explicar que as partículas é que dilatam! (Escrevem essa conclusão na apostila.)

**Aluna 1:** Aqui, olha: tem que escrever a característica; do número 1, qual a característica?

**Aluno 3:** Normal.

**Aluna 1:** Normal! As partículas estão no seu tamanho normal... agora no 2, elas aumentaram o tamanho, dilataram, ocupando um volume maior, não é isso?

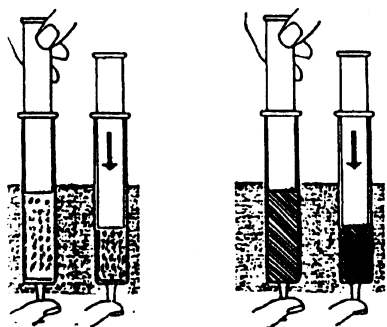
**Aluno 3:** É.

Seqüência 1: Dilatando as partículas.

## A natureza abomina o vazio

O substancialismo não é a única característica em que o modelo alternativo elaborado por crianças e adolescentes difere do modelo científico. Apesar de a grande maioria dos estudantes de 14 a 15 anos usar partículas para representar os materiais, eles têm dificuldades em aceitar a idéia de que entre essas partículas possam existir espaços vazios. Quando perguntados sobre a natureza do espaço entre as partículas nos desenhos que elaboraram, os estudantes tendem a responder que entre as partículas desenhadas existem outras partículas, negando a existência do espaço vazio. A Seqüência 2 ilustra esse tipo de dificuldade no modelo dos alunos. Os alunos tinham sido solicitados a escolher entre alguns modelos que haviam sido propostos pela turma para explicar o fato de o ar poder ser comprimido numa seringa com o bico tampado. O professor havia selecionado alguns desses modelos e distribuído para a turma (vide Figura 2). A tarefa era obter um consenso no grupo sobre qual dos modelos explicava melhor a compressão do ar.

É interessante notar, no diálogo da Seqüência 2, que apesar de a aluna 1 insistir no modelo de bolinhas e espaço vazio, ela não tem nenhuma convicção de que possa existir vácuo entre as partículas. A aluna 2 tenta convencê-la de que um modelo contínuo pode ser melhor para representar o ar, pois evita o vazio. A aluna 1 não se convence, mas quando perguntada se o espaço vazio é vácuo, responde que entre as partículas de ar existem outras coisas como partículas de oxigênio, nitrogênio, poluição, sujeira etc. É curioso que as partículas de oxigênio e nitrogênio sejam consideradas como outra coisa que não ar...



A idéia de que 'a natureza abomina o vazio' é uma característica presente em explicações dos estudantes para diferentes fenômenos. Eles usam esse mesmo tipo de concepção para explicar, por exemplo, por que uma caixa de papelão vazia (embalagem) colapsa quando sugamos o ar que está dentro dela com o auxílio de um canudo. De acordo com esse tipo de explicação, não é a pressão atmosférica exterior à caixa que empurra suas paredes, mas sim o vácuo provocado pela sucção do ar de seu interior que puxa as paredes da caixa.

A idéia de que 'a natureza abomina o vazio' é uma característica presente em explicações dos estudantes para diferentes fenômenos. Eles usam esse mesmo tipo de concepção para explicar, por exemplo, por que uma caixa de papelão vazia (embalagem) colapsa quando sugamos o ar que está dentro dela com o auxílio de um canudo. De acordo com esse tipo de explicação, não é a pressão atmosférica exterior à caixa que empurra suas paredes, mas sim o vácuo provocado pela sucção do ar de seu interior que puxa as paredes da caixa.

## Conseqüências para o ensino

O estudo de modelos atômicos no Ensino Fundamental e Médio começa em geral pela introdução do modelo de Dalton, que admite que a matéria é constituída por átomos indivisíveis e indestrutíveis. A partir da introdução desse modelo, átomos podem ser representados por esferas, e as reações químicas passam a ser representadas por equações com o uso de símbolos e fórmulas. Não se discute, no entanto, o significado de a matéria ser constituída por partículas que se movimentam nos espaços vazios para a interpretação de diversos fenômenos cotidianos, como as mudanças de estado físico, a compressão e dilatação de gases e líquidos

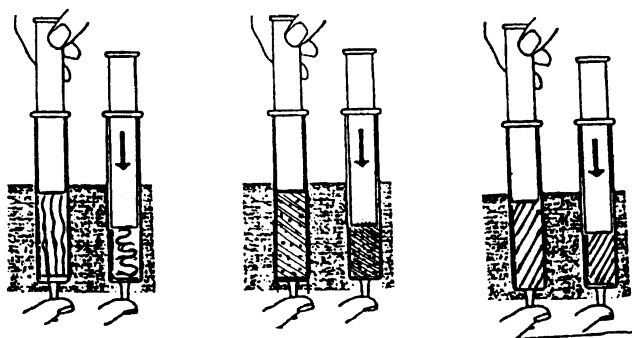


Figura 2 – Modelos para a compressão do ar na seringa sugeridos pelos alunos e selecionados pelo professor para discussão em classe.

etc. Normalmente se pressupõe que os alunos já possuem essa visão atomista científica, o que na maioria das vezes não é verdadeiro, como procuramos demonstrar.

A consequência de não se discutirem os modelos alternativos dos alunos na sala de aula é que os alunos 'aprendem' modelos mais sofisticados para a matéria, mas não são capazes de estabelecer relações entre as propriedades de sólidos, líquidos e gases e a organização, distância, força de interação e movimento das partículas, por meio de um modelo atomista elementar.

Um exemplo desse tipo de dificuldade aparece em levantamento que fizemos dos resultados de uma questão aberta da prova de Química de segunda fase do vestibular da UFMG. A questão solicitava aos alunos que desenhassem modelos para a água nos estados sólido e líquido, lembrando-lhes que o gelo é menos denso que a água líquida. Apenas 13% dos candidatos levou esse dado de densidade em consideração, seja desenhando a estrutura do gelo com buracos, seja colocando as partículas no gelo mais afastadas que na água líquida. O restante desenhou as partículas no estado sólido mais próximas do que no estado líquido. Há que se considerar que os alunos que fazem provas de segunda fase já foram selecionados pelas provas de primeira fase. Ou seja, mesmo os melhores alunos egressos do Ensino Médio demonstram dificuldades em relacionar características de um modelo atomista com as propriedades dos materiais.

Uma forma de superar essas dificuldades é discutir os modelos alternativos que os alunos usam para explicar fenômenos simples, como a compressão do ar em uma seringa tampada, a dilatação do ar ao ser aquecido em um tubo de ensaio com um balão na boca, a difusão de gás de cozinha num ambiente, evidenciada pelo cheiro, a dissolução de açúcar na água, a dilatação da coluna de mercúrio em um termômetro submetido a aquecimento e mudanças de estado das substâncias. Uma forma de propor a atividade de modo a explicitar os modelos dos alunos é solicitando-lhes que desenhem modelos para esses fenômenos antes e depois da transformação, ou seja, antes e depois da compressão, dilatação, difusão, dissolução etc. O professor pode recolher esses modelos elaborados individualmente e, após selecionar os mais representativos de diferentes tipos de idéias, distribuí-los para a classe, solicitando aos alunos que discutam em grupo e escolham o modelo mais conveniente para cada fenômeno. Na discussão com a classe aparecerão as características substancialistas dos modelos dos alunos, bem como suas dificuldades em aceitar a idéia de vazio entre as partículas.

O professor deve ter consciência de que a superação dessas dificuldades não é uma questão de

**Aluna 1:** Qual você acha que está melhor?

**Aluno 3:** Aquele da bolinha ali...

**Aluna 1:** Eu acho que o que está mais científico é o da bolinha. O que está explicando o que aconteceu é o da bolinha.

**Aluna 2:** Acontece que o da bolinha que está só assim... então o que é este espaço vazio? Na verdade o ar está aqui tudo, não está só onde estão as bolinhas. Então tinha que ser tudo colorido, é isso que eu acho.

**Aluna 1:** Mas então não é o da bolinha, é este outro aqui (aponta na folha).

**Aluna 2:** É a mesma coisa. Eu acho que a gente tinha que colorir, assim ó: você faz assim clarinho... aí na hora que você aperta ele vai ficar mais escuro, porque está mais concentrado. Aí não

vai ter espaço em branco e não vai ter dúvida.

**Aluna 1:** Mas aí acontece que o ar não é contínuo assim... o ar é formado de várias partículas.

**Aluna 2:** (dirigindo-se ao aluno 3): Então dá a sua opinião.

**Aluno 3:** (som confuso por algum tempo)... O ar, igual ela falou, é partícula.

**Aluna 1:** Eu fiz assim, com bolinha e espaço... como é que a gente pode fazer então... desenhar fica difícil, mas aqui no ar não fica não.

**Aluna 3:** Mas aí fica um vácuo?

**Aluna 1:** Não, mas aqui não é só partículas de ar, tem aquelas partículas de oxigênio, tem nitrogênio, tem grãos de poluição, sujeira, esse tanto de coisa.

Seqüência 2 - O que é o espaço vazio entre as partículas?

simples prova empírica. Os modelos dos alunos concordam com as evidências empíricas tanto quanto o modelo cinético-molecular clássico e, como esse último, foram mentalmente construídos e atribuídos aos materiais. Os alunos, na maioria das vezes, conseguem entender o modelo aceito cientificamente, mas têm dificuldade em aceitá-lo, principalmente por considerar que ele contraria a idéia intuitiva de que a natureza abomina o vácuo, ou de que os átomos são na verdade pequenos grãos de matéria que, como esta, podem dilatar-se, contrair-se, mudar de estado etc.

### **História da Química pode ser solução?**

Na superação dessas dificuldades, o professor poderá recorrer aos exemplos da própria história das ciências. Sabe-se, por exemplo, que Averroes (1126-1198), Aegidius, o Romano (1247-1316), Augustine Nifo (1473-1546) e Julius Caesar Scaliger (1484-1558) desenvolveram a idéia de Aristóteles (384-322 a.C.) de um 'mínimo natural'. Concebido inicialmente como um limite teórico da divisibilidade da matéria, os 'mínimos naturais' foram adquirindo, através da interpretação desses filósofos, as características de uma idéia física sobre a divisibilidade da matéria. Os grãos últimos da matéria conservavam suas propriedades, como no atomismo substancialista de nossos alunos. Scaliger, por exemplo, afirmava que a 'finura' e a 'grossura' são propriedades dos próprios mínimos. Segundo esse filósofo, "uma substância cujo mínimo é muito pequeno é fina".

É interessante notar o paralelismo entre essas idéias e as idéias dos alunos em sala de aula. Tanto em um como em outro exemplo, temos uma intuição atomista baseada numa 'metafísica da poeira'. Os pós finos sugerem que o menor grão de uma substância, ainda que muito fino, conserva suas propriedades. Por analogia, a divisão da matéria teria como limite esses grãos de matéria com propriedades da substância.

Um outro exemplo desse paralelismo é o atomismo de Descartes (1596-1650). Esse filósofo admitia que entre as partículas de matéria existiriam outras partículas, cada vez menores, cujo limite seria as partículas infinitesimais. Não existiria, dessa forma, vazio entre as partículas, mas uma matéria sutil constituída por partículas muito pequenas. Não há como deixar de comparar esse modelo com as idéias apresentadas pela aluna 1 no fim da Seqüência 2.

Esse paralelismo, no entanto, não quer dizer que as idéias de filósofos brilhantes como Descartes sejam tão ingênuas como aquelas apresentadas pelos estudantes, ou, ao contrário, que os estudantes apresentem modelos da matéria tão articulados como os dos filósofos citados. A importância desse paralelismo reside no fato de podermos mostrar aos alunos, através da história da ciência, que os modelos que eles propõem se assemelham a modelos históricos que foram superados por um mais simples e racional, um modelo que admite que as partículas se movimentam no espaço vazio e explica várias transformações dos materiais em termos de mudanças no arranjo, na organização, na energia e no movimento das partículas, sem a necessidade de lhes atribuir todas as propriedades macroscópicas.

Para concluir, é importante lembrar que a hipótese atômica de Dalton (1766-1844) não foi prontamente aceita pelos químicos, como transparece da leitura de alguns livros didáticos. Durante todo o século XIX, vários químicos e físicos se recusaram a aceitá-la por falta de evidências empíricas para a existência de átomos. Faraday (1791-1867), por exemplo, tinha sérias reservas com relação à hipótese atômica, e se baseava em evidências empíricas para demonstrar suas idéias. Ele acreditava na impossibilidade de se explicar a existência de materiais condutores e isolantes à luz dessa hipótese. Segundo Faraday, a hipótese atômica admitia que os átomos não se tocavam, pois havia espaço entre eles. O espaço seria, portanto, a única parte contínua da matéria. Como ele imaginava que a eletricidade necessitava de meio contínuo para que pudesse fluir, Faraday se perguntava como o espaço poderia apresentar uma natureza dupla, sendo condutor nos corpos condutores e isolante nos corpos isolantes.

Essas dificuldades na história da ciência nos ajudam a entender algumas dificuldades no processo de ensino, relacionadas à falta de evidências empíricas definitivas para a hipótese de que os materiais sejam constituídos por partículas em movimento no espaço vazio. A falta de provas para a existência do átomo perdurou por todo o século XIX, mas não impediu que a hipótese atômica se desenvolvesse como um programa de pesquisa altamente frutífero. No entanto, como já tivemos oportunidade de assinalar, somente aqueles que faziam a opção pela hipótese atômica podiam ver átomos em toda parte. Isso nos dá uma indicação de que a eliminação, em sala de aula, de algumas dificuldades para a aceitação do atomismo – que envolve a superação de obstáculos como a descrença no vazio entre as partículas – não é questão a ser decidida pelas evidências empíricas, mas pela negociação baseada em argumentos racionais e no uso de exemplos da história das ciências.

A construção desse modelo elementar em sala de aula tem a vantagem de chamar a atenção para a natureza dialética da relação entre modelo e realidade, teoria e fenômeno, característica importante da ciência Química. Mais importante que o atomismo elementar é a construção da própria noção de modelo, que será de muita utilidade no estudo de modelos atômicos mais avançados e de outros modelos, como o de ligações químicas. Através do atomismo elementar é possível discutir o que é um modelo científico, a relação dialética que ele deve manter com os fenômenos e as características de elegância, simplicidade, coerência interna e concordância com resultados experimentais, importantes para o sucesso de uma teoria científica.

Mais que ensinar um conteúdo químico, a abordagem do modelo de partículas a partir dos modelos intuitivos apresentados pelos alunos permite exemplificar o desenvolvimento de idéias científicas e desmistificar visões simplistas de que a ciência se desenvolve linearmente e de que as teorias científicas se originam unicamente como conseqüência do acúmulo de fatos empíricos.

### Nota

<sup>1</sup>Há uma grande variedade de nomes que os autores usam para designar essas idéias infantis, e o próprio nome pode indicar uma certa filiação epistemológica da pesquisa. Gilbert & Watts, por exemplo, relacionam a idéia de *misconceptions* a uma visão clássica do conhecimento como constituído por uma série de níveis hierárquicos que podem ser decompostos em pequenas partes e estudados independentemente. Os conceitos são átomos lógicos dentro dessa subdivisão hierárquica de conhecimento, e o progresso no conhecimento depende da aquisição completa de pré-requisitos. Nessa visão, o conhecimento público e o privado são vistos como isomórficos (Gilbert & Watts, 1983, pp. 65-66). Contrastando com essa visão clássica, há uma visão ativa do conceito, que fala em concepções como modos de fazer, como vias de organização de experiências pessoais. Aqui, toda aprendizagem cognitiva envolve algum grau de reconstrução do conhecimento pré-existente. Essa visão atribui um grande status epistemológico às concepções pessoais de cada indivíduo, que são vistas como 'ciência da criança', 'teoria em ação' ou 'estrutura conceitual alternativa' (Gilbert & Watts, 1983, pp. 66-67).

### Para saber mais

MORTIMER, E.F. *Evolução do atomismo em sala de aula: mudança de perfis conceituais*. São Paulo, Faculdade de Educação da USP, 1994, tese de doutorado.

DRIVER, R.; GUESNE, E. e TIBERGHEN, A. (eds.). *Idéias científicas en la infancia y la adolescencia*. Madri, M.E.C. e Eds. Morata, 1985.

BACHELARD, G. *Les intuitions atomistiques (essai de classification)*. Paris, J. Vrin., 1975.

PIAGET, J. & INHELDER, B. *O desenvolvimento das quantidades físicas na criança: conservação e atomismo*. Rio de Janeiro, Zahar, 1971.

VAN MELSEN, A.G. *From atoms to atom: the history of the concept atom*. Pittsburgh, Duquesne University Press, 1952.



# Como os Estudantes Concebem a **Formação de Soluções**

**E**ste trabalho surgiu a partir de um interesse na relação empírico-teórica no processo de ensino-aprendizagem de química e da consideração de que a formação de conceitos no sujeito é um processo longo, dinâmico e mediado socialmente. Este trabalho representa uma parte das pesquisas realizadas durante curso de doutoramento na Universidade Estadual de Campinas (Echeverría, 1993), que surgiu de interrogações e preocupações a respeito da problemática do processo de ensino-aprendizagem de química, entre elas a consideração bastante difundida de que esta é uma ciência presente no cotidiano — ao mesmo tempo, é bem sabido que os estudantes enfrentam sérias dificuldades na aprendizagem dos conteúdos químicos, o que parece ser uma contradição, dado o caráter 'cotidiano' da matéria. Em que momento se estabelece essa contradição, se é que ela existe? O que faz com que uma ciência tão presente em nossas vidas seja 'tão difícil' de aprender?

Considerando que procedimentos de conhecimento só existem em relação a objetos de conhecimento, recebeu especial atenção neste trabalho a escolha do tema químico, que recaiu em soluções. Interessaram-nos os aspectos qualitativos e microscópicos do tema, por acreditarmos que uma compreensão adequada dos fatos químicos dá-se em nível microscópico.

Considerando esses pressupostos e acreditando que à escola corresponde o papel de desenvolver nos alunos o pensamento teórico, numa relação dinâmica e negociada entre teoria e prática, procuramos identificar as idéias dos alunos a respeito do tema soluções e, fundamentalmente, do processo da dissolução.

Relataremos neste artigo os resultados obtidos a partir de um teste escrito e de entrevistas realiza-

**Agustina Rosa Echeverría**

Escola Técnica Federal de Goiás, Goiânia  
- GO

---

Este artigo elege como tema as soluções, conceito potencialmente significativo para promover a sistematização de inúmeros outros conceitos químicos importantes, uma vez que sua própria conceituação pressupõe a compreensão de idéias relativas à mistura, substância, ligações químicas, modelo corpuscular da matéria e interação química, entre outros. Outros tópicos importantes como funções químicas, equilíbrio químico, tipos de reações químicas e eletroquímica são por sua vez relacionados com soluções, já que essas constituem o meio mais comum de ocorrência de transformações químicas.

---

*solução, dissolução, relação empírico-teórica*

---

Este artigo foi publicado originalmente na revista *Química Nova na Escola* n. 3, 1996.

das com alunos de segunda série do nível médio de uma escola técnica de química da cidade de Campinas - SP, onde também foi observado o processo de ensino de soluções. No total, foram observadas sete aulas, das quais duas transcorreram no laboratório.

Pela descrição das aulas observadas, foi possível verificar que o professor priorizou os aspectos quantitativo e macroscópico das soluções (cálculos de solubilidade, construção de gráficos e tabelas, cálculos de concentrações, descrição macroscópica das dispersões) e que, mesmo dedicando algum tempo a explicações relacionadas no nível microscópico, isso foi feito de forma rápida e sem nenhuma participação dos alunos.

O processo da dissolução foi explicado com o exemplo da dissolução do cloreto de sódio e do cloreto de hidrogênio na água. Não foi abordada a dissolução do açúcar na água.

O aspecto mais relevante das aulas observadas foi a passividade dos alunos. Raramente se manifestavam, e quando o faziam era a respeito da resolução dos exercícios, pois sabiam que estes constituiriam a maior parte da avaliação.

Nessa investigação, solicitou-se aos alunos submetidos ao ensino de soluções que respondessem, num teste escrito, (1) o que entendiam por solução; (2) quais as diferenças entre a dissolução do sal e do açúcar na água (isso porque se procurou verificar se viam diferenças entre a dissolução de um composto iônico e de um composto molecular na água), e (3) por que, ao se dissolverem certas substâncias em outras (álcool em água, por exemplo), o volume do sistema final não é aditivo. Uma amostra dos alunos que respondeu ao teste escrito foi entrevistada. Os alunos responderam às perguntas da entrevista de posse do próprio teste. A entrevista foi semi-estruturada e a pesquisadora valeu-se de *pistas* para tentar ajudar os alunos a colocar em disponibilidade conceitos anteriores que poderiam ajudá-los a resolver as questões que eram solicitados a responder.

Todos os alunos entrevistados disseram que, na água, o sal se dissocia em íons, o que confirmou as respostas que deram ao teste. Da mesma forma, a maioria (64%) atribuiu à existência de espaços vazios nas substâncias e ao tamanho das partículas (44%) a causa da dissolução e da formação de uma mistura homogênea.

Com respeito à indagação sobre as possíveis mudanças que aconteceriam com o sal (NaCl) e com a água (H<sub>2</sub>O) na dissolução do sal, a maioria das respostas demonstrou que os alunos, mesmo afirmando que a dissolução tinha ocorrido *na água*, não admitiram que o fenômeno era causado pela interação entre as duas substâncias. Alguns chegaram a declarar que a água não era importante nesse processo. A expressão utilizada com frequência para explicar as mudanças na água era que *ela ficava salgada*. Nenhum entrevistado referiu-se à solvatação de íons, o que evidencia a ausência de uma compreensão microscópica da dissolução. Apesar de os alunos evidenciarem saber que “o sal se dissocia em íons na água”, os dados indicam que eles atribuem à água um papel secundário (Cachapuz e Martins, 1988). Os trechos a seguir ilustram esses comentários.

*E: E se a gente pudesse ‘ver’ a molécula de água, será que aconteceu alguma coisa com ela ou não?*

*A<sub>1</sub>: (Silêncio). Táí uma coisa que precisaria pensar... Eu acho que sim, mas não sei explicar exatamente o que que mudou na água... Não sei, talvez seja, como já disse, dos íons terem se misturado nela, terem se espalhado nela, terem alterado alguma coisa na constituição dela. Mas eu acho que não.*

*E: Então qual seria o papel da água nessa história toda?*

---

**O que entendemos por solução?**  
**Qual a diferença entre a dissolução do sal e do açúcar na água?**  
**Por que ao dissolvermos certas substâncias em outras, o volume final do sistema não é aditivo?**

---

A<sub>1</sub>: *Eu creio que é como se os íons entrassem nos buracos que tem entre as moléculas de água. Eu creio que a água serviria aí como encaixe pros íons, para eles ficarem dispersos.*

E: *Você falou em buracos. Que buracos são esses?*

A<sub>1</sub>: *Os espaços vazios que há entre as moléculas de água.*

E: *Existem espaços vazios?*

A<sub>1</sub>: *Uhm! Porque senão seria sólido.*

E: *Um sólido não tem espaços vazios?*

A1: *Não. Eu creio que tenha, mas a distância é muito pequena, são muito mais unidos.*

E: *Que são espaços vazios?*

A1: *Ah, seria como um... uma molécula estar unida à outra, por estar em forma líquida eu creio que deve haver um espaço entre elas para permitir a movimentação, porque senão o líquido não se movimentaria, seria um sólido, o espaço seria mínimo.*

Esse trecho da entrevista com A1, além de evidenciar que, para o aluno, não está claro o papel da água, parece demonstrar que seu conceito de espaço vazio está relacionado com o estado de agregação da substância, e não com a natureza da estrutura da matéria.

É interessante observar que os estudantes têm certa facilidade na utilização de termos químicos, o que conduz a um discurso de certa forma sofisticado, mas isso não significa necessariamente que tenham uma real compreensão dos fatos. Segundo uma perspectiva sócio-histórica da formação de conceitos, pode-se dizer que, quando os alunos se envolvem na aprendizagem inicial dos conceitos — nesse caso, dissolução, interação soluto-solvente e outros —, a história desses conceitos para eles está só começando. Nesse processo, as diferenciações e generalizações irão se estabelecendo, permitindo ao sujeito ir recompondo as relações entre conceitos dentro de um sistema. A recomposição dessas relações conceituais dependerá da qualidade das experiências que o ensino oferecer.

Ainda o mesmo aluno (A1), embora utilizando o termo 'interação' para explicar o fenômeno da dissolução, argumenta, ao tentar explicar essa interação, que é o tamanho das partículas que a possibilita. Em nenhum momento ele faz menção à natureza das partículas — ou seja, aos tipos de ligação entre seus átomos — como fator condicionante dessa interação. O aluno procurou ainda, por meio de exemplos, demonstrar suas idéias:

A1: *Eu acho que se não fossem do mesmo tamanho seria como Nescau. Nescau com água, ele não ocupa todo o espaço... eu acho que as moléculas de Nescau são maiores que as do sal, por isso elas não se encaixam perfeitamente nos espaços vazios.*

**Ao explicar a dissolução, em nenhum momento o estudante menciona a natureza das partículas como fator condicionante dessa interação**

E: *Você acha importante o tamanho das partículas para a dissolução? Para que se dissolva uma coisa na outra?*

A1: *Ahá. Eu creio que sim, porque senão certas substâncias que nem... eu acho que as moléculas de óleo são bem maiores do que as de água, porque senão qual o motivo para não haver interação entre elas?*

No caso da dissolução do açúcar na água, os alunos geralmente mostraram, tanto no teste como nas entrevistas, maior dificuldade para explicar o fenômeno. Tinham idéias sobre a dissolução do sal, mas não aconteceu o mesmo com a

dissolução do açúcar. Isso os levou, na tentativa de explicar a dissolução do açúcar, a realizar diferentes especulações, mais ou menos acertadas conforme o domínio que cada um tinha dos pré-requisitos (nesse caso, fundamentalmente, sobre ligações químicas).

Tanto no teste como nas entrevistas, foram apresentados aos alunos os conceitos necessários para que estabelecessem as relações que poderiam ajudá-los a compreender e explicar a dissolução do sal e do açúcar na água. Ainda assim, tiveram dificuldades em estabelecer essas relações e fazer generalizações.

Da mesma forma que ocorreram muitas respostas 'em branco' ou do tipo 'não sei' no teste para explicar a dissolução do açúcar, essas dificuldades apareceram e foram manifestadas pelos alunos nas entrevistas.

Os resultados mostram que os alunos conseguiam explicar, com diferentes níveis de adequação, o que acontecia com o sal na água, porque isso foi ensinado em sala de aula. Não sucedeu o mesmo com o açúcar.

Os alunos tiveram dificuldades na explicação microscópica, tanto de um fenômeno como do outro, porque o processo da dissolução não foi tratado microscopicamente no ensino: não foi ensinada a interação entre as partículas dos componentes de uma solução. Se o ensino de soluções priorizou os aspectos quantitativo e macroscópico, não era de se esperar que os alunos entendessem, por exemplo, "o papel da água na dissolução".

---

**Se o ensino de soluções priorizou os aspectos quantitativo e macroscópico, não era de se esperar que os alunos entendessem, por exemplo, o papel da água na dissolução**

---

*E: Você diz que o açúcar se torna invisível, que foi dissolvido e não é mais a mesma substância.*

*A<sub>2</sub>: Essa daí eu não... Porque o sal eu sabia que obteria íons, esse daí eu não tinha muita idéia do que ia acontecer, mas achei que ele não se dissociaria, um dos componentes se combinaria com a água formando outra coisa.*

*E: Então você acha que há uma reação química?*

*A<sub>2</sub>: Acho que sim. Ah... eu fico meio na dúvida nessa parte. Eu não tenho certeza.*

*E: Você já pensou nisso, já escutou, já te falaram sobre isso?*

*A<sub>2</sub>: Não. Do sal sim, quando se estuda ionização, obtenção de íons, mas do açúcar não.*

Em outro momento da entrevista, estabeleceu-se o seguinte diálogo com A<sub>2</sub> ao ser indagado sobre as dificuldades de imaginar o mundo microscópico:

*E: É difícil imaginar o átomo, as moléculas?*

*A<sub>2</sub>: Ah... a gente... eu nunca vi né?*

*E: Ninguém...*

*A<sub>2</sub>: Ninguém viu, então você tem idéia porque os outros dizem que é desse jeito, então você começa a formar... daquele jeito que dizem que é. Às vezes se torna um pouco difícil...*

*E: E você tem dúvidas de que seja assim?*

*A<sub>2</sub>: Hum... por enquanto... já que tudo dá certinho, tudo tem uma confirmação razoável, acho que... pode ser que não seja, não exatamente, mas seja bem próximo.*

Tanto nos testes como nas entrevistas, os alunos demonstraram um grande potencial que poderia ser aproveitado em uma prática pedagógica que desenvolvesse neles um espírito arguidor, questionador, crítico, participativo.

Foi interessante observar a tranquilidade com que expressavam suas idéias, na situação de entrevista, ao sentirem por parte da pesquisadora um interesse nelas. Ao saberem que não estavam

comprometidos em responder “o que era correto”, ou seja, que não estavam expostos ao “jogo pedagógico” em que o professor é quem faz a pergunta “certa” e o aluno “tem” que dar a “resposta certa”, manifestaram suas dúvidas, suas inseguranças. Constatara-se, na análise do processo de ensino por nós observado, que o professor priorizou os aspectos quantitativos e macroscópicos das soluções. Entretanto, os alunos conseguiram manter conosco durante as entrevistas — mesmo considerando todas as inadequações — um diálogo no nível microscópico.

Os processos químicos estão sem dúvida presentes em nossas vidas, mas aprender química exige muito mais que a observação dos fenômenos, sejam estes naturais ou criados pelo homem.

Na química, como na vida em geral, nem sempre os fenômenos mostram a essência. É possível se dizer que na maioria das vezes *não* mostram. E no cotidiano as pessoas lidam com as coisas num nível fenomenológico, até porque seria impossível viver adotando constantemente uma atitude questionadora e argüidora. Há registros de que o homem produz bebidas alcoólicas há vários milhares de anos, muito antes de

---

**Os processos químicos estão sem dúvida presentes em nossas vidas, mas aprender química exige muito mais que a observação dos fenômenos, sejam estes naturais ou criados pelo homem**

---

se questionar a natureza da fermentação alcoólica; da mesma forma, não pensamos na desnaturação das proteínas quando fazemos uma omelete. Pensando no conhecimento químico, e considerando que processos químicos acontecem a todo momento em nossas vidas, é possível afirmar que aprendemos química constantemente, mas num nível fenomenológico de conhecimento: o conhecimento *empírico*, que desenvolve um vasto campo de capacidades intelectuais, mas expressa a existência das coisas nas categorias de *quantidade, qualidade, propriedade, medida*. O conhecimento empírico não conduz o pensamento à cognição da *identidade*, da *essência*, da *causalidade*. Isto só é feito pelo pensamento *teórico*.

Segundo Davídov, “o conteúdo do pensamento teórico é a existência mediada, refletida, essencial” (Davídov, V., 1988, p. 125). Nesse nível, o objeto reflete-se desde o ponto de vista dos nexos e regularidades obtidos não somente pela via experimental, mas também pelos resultados obtidos pelo pensamento num sistema de signos.

Muitas investigações têm sido feitas nos últimos anos e demonstram que os alunos têm, muitas vezes, idéias que não coincidem com o que é ensinado a respeito de conceitos químicos fundamentais, mas era de se esperar o contrário? Como pretender que o aluno compreenda a descontinuidade da matéria, por exemplo, quando o mundo fenomenológico onde vive não lhe dá nenhuma evidência disso? Se o fenômeno mostra e ao mesmo tempo esconde a essência das coisas, se essa essência é mediada pelo pensamento humano, conclui-se que promover o pensamento teórico significa ir além das manifestações empíricas e questionar as causas, a origem, o desenvolvimento dos fatos, num esforço intelectual que dificilmente os alunos realizarão sozinhos. Essa é certamente uma função da escola e, principalmente, do professor.

### **Para saber mais**

ECHEVERRÍA, A.R. *Dimensão empírico-teórica no processo de ensino-aprendizagem do conceito soluções no ensino médio*. Tese de doutorado. Campinas: Faculdade de Educação da Unicamp, 1993.

CACHAPUZ, A.F., MARTINS, I.P. *Language in Chemistry learning: a study of pupils' conceptions of acid/base reactions*. Artigo de circulação interna, 1988.

DAVÍDOV, V. *La enseñanza escolar y el desarrollo psíquico*. Moscú: Editorial Progreso, 1988.

KOSIK, K. *Dialética do concreto*. São Paulo: Paz e Terra, 1989.

# COMO OS ESTUDANTES CONCEBEM O ESTADO DE EQUILÍBRIO QUÍMICO

## **Andréa Horta Machado**

Colégio Técnico da Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte - MG

## **Rosália Maria Ribeiro de Aragão**

Departamento de Metodologia de Ensino da Faculdade de Educação da Unicamp, Campinas - SP

**E**sta seção de *Química Nova na Escola* tem discutido aspectos sobre as concepções dos estudantes em relação a conceitos químicos. Essas discussões têm se mostrado importantes como material de referência para a reflexão de professores de química e ciências, não só porque oferecem pistas sobre o pensamento de nossos alunos, mas também porque possibilitam a oportunidade de rever o que nós, professores, pensamos e fazemos em nossas salas de aula.

O conceito de equilíbrio químico tem sido apontado por muitos autores — e também por muitos professores — como problemático para o ensino e a aprendizagem (Maskill & Cachapuz, 1989).

Ao que parece, esse conceito tem grande riqueza e potencial para o ensino de química, uma vez que articula muitos outros temas, tais como reação química, reversibilidade das reações, cinética etc. Em geral, as abordagens encontradas nos livros didáticos, bem como as observadas em salas de aula do ensino médio, tendem a enfatizar aspectos quantitativos (matemáticos) relacionados ao conceito, em detrimento de uma abordagem qualitativa. Ou seja, percebe-se que ao final do estudo desse assunto muitos alunos são capazes de calcular constantes de equilíbrio a partir das concentrações de reagentes e produtos e conseguem prever se “o equilíbrio se desloca no sentido de favorecer a formação de reagentes ou de produtos”. Mas uma investigação mais detida, que buscasse perceber como compreendem o que ocorre em um sistema no estado de equilíbrio no nível atômico-molecular, provavelmente revelaria que essa compreensão fica muito comprometida. A mera execução mecânica de cálculos, sem o estabelecimento de relação com os aspectos observáveis e mensuráveis, bem como com aqueles aspectos relacionados aos modelos para a constituição das substâncias,

---

Este artigo discute concepções de alunos do nível médio sobre equilíbrio químico, com base em dados obtidos numa investigação realizada no contexto de sala de aula. Na análise, são destacadas as idéias que relacionam o estado de equilíbrio químico à ausência de alterações nos sistemas e as que consideram reagentes e produtos em recipientes separados. Também é analisada a dificuldade em se diferenciar o que é igual do que é constante no estado de equilíbrio químico e são discutidas concepções relacionadas à constante de equilíbrio.

*equilíbrio químico, concepções de estudantes, constante de equilíbrio*

---

Este artigo foi publicado originalmente na revista *Química Nova na Escola* n. 4, 1996.

difficulta e, em alguns casos, pode impossibilitar a compreensão dos aspectos fundamentais do conhecimento sobre o estado de equilíbrio químico.

Neste artigo, vamos apresentar um estudo realizado com o objetivo de perceber como os estudantes compreendem, a nível atômico-molecular o que ocorre em um sistema em estado de equilíbrio químico. As concepções aqui apresentadas resultam de uma investigação<sup>1</sup> que envolveu uma classe da segunda série do ensino médio de uma escola da rede municipal de Belo Horizonte, constituída por 37 alunos.

Para termos acesso às idéias dos alunos, realizamos, durante dois meses, o acompanhamento das aulas da turma em questão, registrando-as em fitas cassete. Além disso, realizamos entrevista com os alunos, solicitamos que realizassem atividades envolvendo a representação de sistemas no estado de equilíbrio e que respondessem por escrito a algumas questões. Examinamos também o material produzido por eles, como avaliações e trabalhos propostos pelo professor.

### **O que os alunos sabem sobre equilíbrio?**

Na escola, o ensino do conceito de equilíbrio químico está restrito apenas à disciplina de química. Entretanto, quando esse conceito é introduzido em sala de aula, os estudantes já trazem consigo concepções e experiências relacionadas à idéia de equilíbrio, o que pode ocasionar dificuldades na aprendizagem do conceito científico.

Ao que parece, as concepções de equilíbrio manifestadas pelos alunos advêm de experiências com algumas situações tais como andar de bicicleta, observar uma balança ou, ainda, de estudos formais envolvendo tal conceito que têm lugar, sobretudo, na disciplina de física. Tais idéias, de natureza macroscópica e sensorial, apresentam-se associáveis apenas ao mundo cotidiano concreto e não ao abstrato. Em consonância com essas experiências, as concepções de equilíbrio aparecem associadas à idéia de igualdade, apresentando também dimensões relacionadas às características estáticas que envolvem esses tipos de equilíbrio.

### **O que os alunos aprenderam sobre equilíbrio químico?**

Ao analisarmos as idéias dos estudantes sobre o estado de equilíbrio químico, foi possível perceber que muitas dessas idéias estavam associadas ao que eles entendiam sobre equilíbrio em geral. Nesse sentido, muitos alunos relacionam o estado de equilíbrio químico à ausência de alterações no sistema, o que inclui a concepção de que a reação não acontece mais. Os alunos tendem a conceber o equilíbrio como um estado no qual nada mais ocorre, ou seja, uma concepção de equilíbrio limitada ao 'equilíbrio estático' (Gorodetsky & Gussarsky, 1987).

Alguns aspectos são essenciais para a compreensão do estado de equilíbrio químico: a igualdade das velocidades das reações de formação de produtos e de reconstituição de reagentes; a reversibilidade das reações; a coexistência de reagentes e produtos em um mesmo recipiente; o dinamismo que envolve a reorganização constante das espécies reagentes e produtos da reação. Vamos analisar mais detidamente esses aspectos e como eles se relacionam com as concepções dos estudantes.

A concepção de igualdade apareceu relacionada, muitas vezes, à percepção por parte do aluno de que 'algo' no equilíbrio químico é igual. Isso pode ser observado nas seguintes manifestações, selecionadas a partir das entrevistas com os estudantes: *o equilíbrio é quando se igualam as forças* ou *no equilíbrio a setinha do produto e do reagente são [sic] do mesmo tamanho* ou ainda *a reação está em equilíbrio, ou seja, a velocidade, ou pressão, ou temperatura, ou concentração estão iguais*.

Essa questão pode ainda ser percebida na consideração de que no estado de equilíbrio as *quantidades* de reagentes e produtos, ou suas concentrações, são iguais. Parece haver uma

difficuldade em se diferenciar o que é *igual* do que é *constante*, no estado de equilíbrio químico.

A reversibilidade das reações de formação dos produtos e de reconstituição dos reagentes foi outro aspecto que se evidenciou problemático. Para muitos alunos, no estado de equilíbrio químico não existem mais espécies reagentes. Para outros, a reversibilidade é até possível, mas para que os reagentes sejam formados ao longo da reação é preciso, primeiramente, que todos tenham se transformado em produtos. Apenas a partir da formação dos produtos, envolvendo o consumo total dos reagentes, é possível que esses sejam reconstituídos.

Ao representarem o estado de equilíbrio químico por meio de modelos, muitos alunos utilizaram formas análogas às das equações químicas. A representação na Figura 1 exemplifica bem o que se quer apontar.

A representação dos alunos para o estado de equilíbrio, na maioria dos casos, parece conter a idéia de que as espécies químicas se encontrariam em recipientes separados. Isso evidencia que os alunos tendem a não diferenciar o fenômeno da reação química de sua representação, a equação química<sup>2</sup>. Outros alunos também concebem reagentes e produtos compartimentalizados, sem contudo aproximar seu desenho ao de uma equação química. Na Figura 2, apresenta-se um exemplo de representação feita por um aluno, onde se revela tal concepção. De qualquer modo, a maioria dos alunos investigados representam reagentes e produtos em recipientes separados.

A visualização de sistemas em equilíbrio como dois sistemas separados também foi observada por Johnstone (1977) e Gorodetsky e Gussarsky (1987). O primeiro autor atribui a origem de tal concepção à abordagem usualmente encontrada nos materiais instrucionais utilizados para trabalhar o conceito de equilíbrio químico, que levaria os alunos a adquirir essa visão compartimentalizada dos sistemas em equilíbrio. Segundo o autor, os alunos trazem consigo o conceito de equilíbrio derivado de experiências mecânicas e físicas nas quais os sistemas, em geral, constituem-se de dois compartimentos, como por exemplo uma balança. Além disso, o uso das equações químicas tendo a dupla seta separando reagentes de produtos, bem como o de diagramas de energia, sem o estabelecimento de relações entre essas representações e os fenômenos, podem contribuir para que os alunos adotem a visão compartimentalizada do sistema em equilíbrio químico. Essa visão pode resultar da consideração de que as espécies químicas nos dois lados da dupla seta, na representação da reação química, são entidades separadas. Conceber dessa forma os sistemas em equilíbrio pode levar os alunos a pensar, por exemplo, que:

- é possível alterar a concentração só dos reagentes ou só dos produtos;
- as colisões têm lugar apenas entre os reagentes ou entre os produtos;

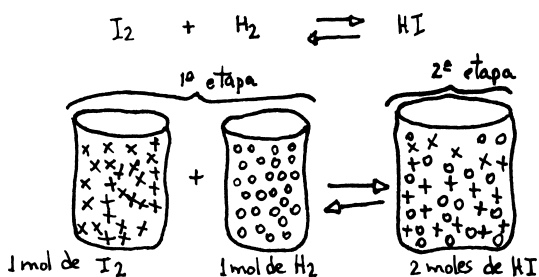


Figura 1 – Representação para o estado de equilíbrio químico em forma análoga à de uma equação química para o sistema  $I_2 + H_2 \rightleftharpoons 2HI$ .

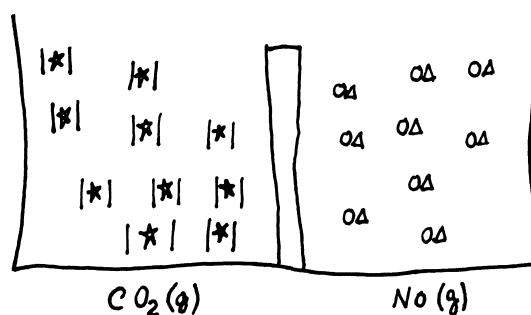


Figura 2 – Representação do estado de equilíbrio químico para o sistema  $CO_2 + NO \rightleftharpoons CO + NO_2$ , evidenciando a concepção de reagentes e produtos em recipientes separados.



- é possível alterar a pressão ou a temperatura em apenas um dos 'lados' do equilíbrio.

Pode-se observar claramente a idéia de que é possível alterar a pressão em apenas 'um dos lados do equilíbrio' em uma representação feita por um dos alunos (Figura 3).

Vale destacar que é muito comum a utilização da expressão "o equilíbrio se desloca para a direita (ou para a esquerda)" quando se discute com os alunos o Princípio de Le Chatelier. Tal expressão, utilizada também em muitos exercícios propostos nos livros didáticos, reforça a concepção da existência de reagentes e produtos em recipientes separados.

A tendência a não diferenciar o fenômeno de sua representação se faz presente também na confusão do conceito de equilíbrio químico com a operação de acertar os coeficientes estequiométricos das equações. Tal confusão recebe influência também da freqüente referência ao balanceamento das equações como: *...vamos equilibrar esta equação...*

A baixa freqüência de associação de características dinâmicas ao conceito de equilíbrio químico pôde também ser observada, pois a maioria dos alunos entrevistados não evidenciou a compreensão do equilíbrio químico como um estado dinâmico. A dificuldade na compreensão dos aspectos dinâmicos do equilíbrio químico foi também detectada por Gorodetsky e Gussarsky (1987) e Maskill e Cachapuz (1989).

### Concepções sobre a constante de equilíbrio

Em relação à constante de equilíbrio, parece que essa é concebida como uma 'entidade matemática' capaz de influenciar diretamente o fenômeno da transformação química, como nos revelam as falas de alguns alunos:

a constante de equilíbrio é um valor numérico aplicado a uma reação desequilibrada para que o equilíbrio seja atingido

ou

a constante de equilíbrio é um valor no qual a reação atinge o equilíbrio

Ao que parece, os estudantes não atribuem à constante de equilíbrio significados que lhes possibilitem, por exemplo, relacionar seu valor numérico ao que este pode estar representando em termos de concentração de reagentes e produtos, e, portanto, em termos da extensão da reação.

### Algumas reflexões sobre o ensino do conceito de equilíbrio químico

As idéias dos alunos em relação ao conceito de equilíbrio químico, discutidas neste artigo, evidenciam uma deficiência na compreensão de aspectos importantes desse conceito, como por exemplo, o aspecto dinâmico do equilíbrio químico, o significado da constante de equilíbrio e a diferença entre fenômenos e suas representações. Isso parece ter origem na forma como o conceito é abordado nas aulas de química e nos livros didáticos, com pouca ênfase em aspectos conceituais e qualitativos. Parece não ser suficiente abordar o conceito a partir de sua definição e da realização de exercícios quantitativos.

Além disso, as idéias dos alunos discutidas neste artigo parecem colocar-nos uma questão em relação à abordagem de conceitos químicos em nossas salas de aula: a importância de se mudar de foco. Isso significa

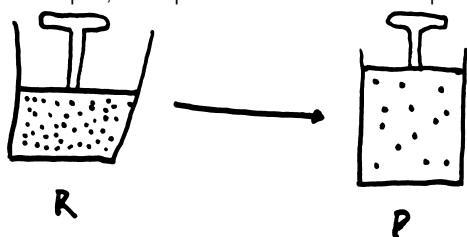


Figura 3 – Representação de um aluno mostrando que, para ele, é possível alterar a pressão apenas dos reagentes.

desfocalizar um pouco o quadro negro ou a lousa, desfocalizar um pouco a palavra onipotente do professor, o profundo domínio do livro didático. Significa, então, focalizar o fenômeno. Trazer o fenômeno para o centro de nossa sala de aula, observá-lo. Dar a palavra a nossos alunos e alunas e tentar perceber o que eles pensam sobre o que observam e como podem explicar o que observam utilizando modelos para a constituição das substâncias. Discutir com os alunos as relações entre o fenômeno, os modelos atômico-moleculares e as representações. Essas orientações parecem simples, mas não são. Exigem de nós, professores, um trabalho constante para superarmos nossas próprias dificuldades e inseguranças para compreender os fenômenos.

### Notas

<sup>1</sup>Esta investigação resultou na elaboração da dissertação de mestrado intitulada “Equilíbrio químico: concepções e distorções no ensino e na aprendizagem”, defendida no Departamento de Metodologia de Ensino da Faculdade de Educação da UNICAMP, em 1992, por Andréa H. Machado e orientada pela Professora Rosália Maria Ribeiro de Aragão.

<sup>2</sup>Sobre esta questão leia também o artigo “Transformações: concepções de estudantes sobre reações químicas”, no n. 2 de *Química Nova na Escola*.

### Referências bibliográficas

GORODETSKY, M. & GUSSARSKY, E. The roles of students and teachers in misconceptualization of aspects in chemical equilibrium. Proceedings of the Second International *Seminar of Misconception and Educational Strategies in Science and Mathematics*, Nova Iorque: Cornell University, 1987, v. III, p. 187-193.

JONHSTONE, A.H. Chemical equilibrium and its conceptual difficulties. *Education in Chemistry*, n.14, p. 169-171, 1977.

MASKILL, R. & CACHAPUZ, A.F.C. Learning about the chemistry topic of equilibrium: the use of word association tests to detect developing conceptualizations. *International Journal of Science Education*, v. 11, n. 1, p. 57-69, 1989.

### Para saber mais

Veja os trabalhos de PEREIRA, M.P.B.A. Dificuldades de aprendizagem em equilíbrio químico I e II, publicados em *Química Nova*, v. 12, n. 2 e 3, 1989.

# IDÉIAS EM MOVIMENTO

**A** compreensão de teorias e a aplicação de modelos explicativos exige de nossos alunos o estabelecimento de relações entre os fenômenos observáveis e o não diretamente observável universo das partículas de dimensões atômicas. Por outro lado, apresentar aos alunos do Ensino Médio as teorias e os modelos explicativos já prontos, sem que eles tenham conhecimento dos processos que levam a sua construção, não constitui a melhor estratégia para torná-los independentes nas elaborações de tais raciocínios. Concordo com Lopes (1996) quando afirma: "...ser muito mais importante que os alunos compreendam a multiplicidade dos fenômenos com que trabalhamos, reconhecendo-os, sabendo descrevê-los e explicá-los com modelos, em vez de se prenderem a classificações mecânicas, como reações de dupla troca, simples troca etc."

Para compreender como os modelos foram e são elaborados, considero fundamental que nossos alunos vivenciem situações em que eles mesmos tenham a oportunidade de observar os fenômenos e elaborar explicações. Dessa forma, eles podem perceber a abrangência e as limitações de um modelo. Não se trata de construir novamente todo o conhecimento químico, mas de vivenciar situações em que são necessários raciocínios nos quais os processos de proposição de explicações e de recolhimento de observações dos fenômenos devam ser feitos de forma correlacionada.

Os fenômenos químicos são explicados com base em modelos atômico-iônico-moleculares envolvendo movimento e interação entre as partí-

**Nelson Orlando Beltran**

Escola Logos, São Paulo - SP

---

Neste artigo, o autor nos traz uma reflexão sobre concepções alternativas de seus alunos, quando deles foi solicitada a elaboração de modelos para representar e compreender os movimentos das partículas atômicas.

*simultaneidade e sincronia, modelos animados, concepções alternativas*

---

Este artigo foi publicado originalmente na revista *Química Nova na Escola* n. 5, 1997.

culas. Muitas vezes a compreensão desses modelos exige de nossos alunos abstrações muito difíceis, principalmente para iniciantes do Ensino Médio. Porém, cada vez que um aluno consegue compreender como o modelo explica o fenômeno, e perceber as limitações de um determinado modelo, ele estará dando passos seguros em direção à aquisição de uma autonomia de raciocínio altamente desejável no estudante em geral e no de Química em particular.

O relato linear sobre a sucessão dos modelos atômicos consagrados não permite aos alunos compreender os processos envolvidos em suas elaborações. Entretanto, a vivência de situações em que tenham a chance de transitar entre os fenômenos observáveis e o inobservável universo dos modelos possibilita aos alunos a compreensão dos caminhos e descaminhos percorridos na história da Química.

A seguir, relato algumas atividades em que os alunos são solicitados a elaborar explicações e a se utilizarem de modelos. Nelas constatei uma concepção alternativa freqüente nos alunos de Ensino Médio.

### **Desenho animado: uma brincadeira produtiva**

Para poder discutir com os alunos as idéias que eles elaboram sobre o comportamento das partículas, realizo uma atividade que tem se mostrado bastante elucidativa.

Nela proponho que os alunos escolham um dado fenômeno, como por exemplo, a fusão de uma substância, a recristalização ou a dissolução. Peço que produzam uma animação sobre o fenômeno em que as partículas sejam os 'personagens', atribuindo-lhes movimentos e representando o processo antes, *durante* e depois da transformação.

A técnica mais utilizada para a produção da animação é sobrepor figuras desenhadas uma a uma em folhas de papel, de maneira que a sobreposição de figuras crie aos olhos uma ilusão de movimento, tal como no exemplo apresentado no encarte da revista. Alguns grupos de alunos chegaram a utilizar videocassete ou ainda recursos em computação gráfica, porém os melhores resultados que obtive foram os realizados com animação em papel, possivelmente porque os que fizeram o trabalho em vídeo ou computador ficaram muito mais interessados na técnica de animação do que nos problemas físicos e químicos envolvidos. Com essa atividade, pude muitas vezes 'enxergar' algumas concepções alternativas que nunca percebera antes.

Vejam, por exemplo, na Seqüência 1, algumas cenas de uma animação que um grupo de alunas fez para representar a fusão de um pedaço de gelo.

As perguntas que a 'visualização' de suas idéias me permitiu fazer tornaram nossa conversa bastante rica e propiciaram interessantes reflexões.

Reproduzo aqui parte da conversa que tivemos.

**Eu:** *Nos quadros 3 e 4 estão representadas 23 moléculas, no quadro 5 apenas 22 e no quadro 6 o número aumenta para 24, voltando para 23 no quadro 7. O número de moléculas foi uma preocupação de vocês durante o trabalho?*

**Aluna 1:** *Não. Deveria ser?*

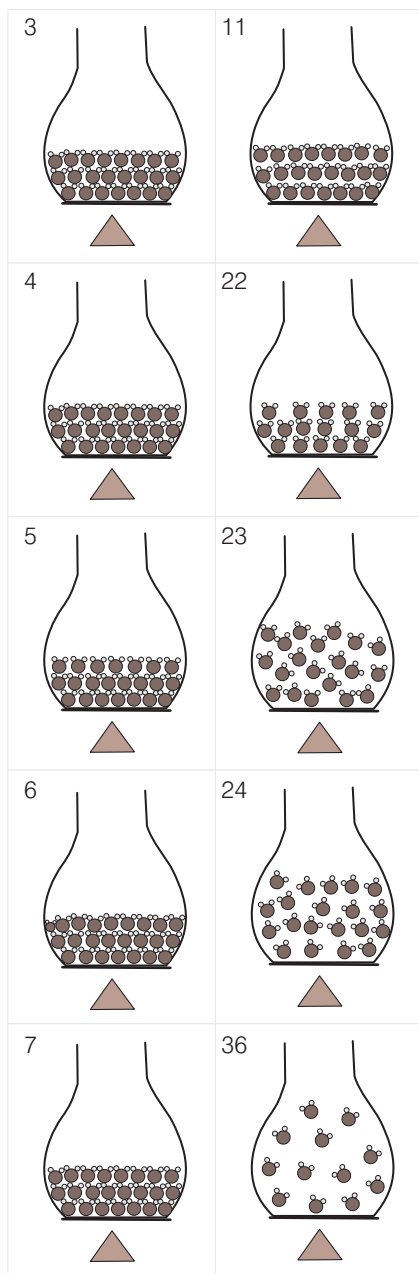
---

---

**O relato linear sobre a sucessão dos modelos atômicos consagrados não permite aos alunos compreender os processos envolvidos em suas elaborações. Entretanto, a vivência de situações em que tenham a chance de transitar entre os fenômenos observáveis e o inobservável universo dos modelos possibilita aos alunos a compreensão dos caminhos e descaminhos percorridos na história da Química**

---

---



Seqüência 1 – Representação de alunas para a fusão da água (animação com 36 ‘fotogramas’).

O gelo se forma instantaneamente ou demora algum tempo? Ele começa a se formar por dentro ou por fora?

**Eu:** *Depende do que se quer representar. Vejam por exemplo no quadro 11, vocês representaram apenas 16 moléculas. Onde estão as outras? Para onde elas foram? Não eram 23 inicialmente?*

**Aluna 1:** *Confesso que não tínhamos pensado nisso. Neste quadro estávamos preocupadas em representar que as moléculas se distanciavam umas das outras.*

**Eu:** *Por que vocês acham que as moléculas se distanciam durante a fusão do gelo?*

**Aluna 2:** *No quadro 11 não está ocorrendo a fusão. A fusão só ocorre no quadro 23.*

**Eu:** *Explique, pois eu não entendi.*

**Aluna 2:** *Até o quadro 22 o gelo está sólido, no quadro 23 ocorre a fusão e no quadro 24 o gelo descongelou e está água líquida.*

Ficou claro que as meninas concebiam uma simultaneidade das partículas de água na fusão do gelo, isto é, todas as partículas de água se ‘separavam’ simultaneamente. Elas estavam atribuindo um só instante para a fusão do gelo.

Até esse trabalho de animação e a constatação na conversa que tive com essas meninas, nunca havia percebido essa idéia de simultaneidade que muitas vezes aparece nas concepções de nossos alunos, e acredito que sem esse tipo de atividade eu dificilmente a teria notado. A possibilidade de ‘enxergar’ as idéias dentro da cabeça de nossos alunos — e poder interagir com elas — é, a meu ver, a grande virtude desse tipo de atividade. O mesmo caráter de simultaneidade aparece em outras animações. Vejam, na Seqüência 2, a representação que dois meninos fizeram para a solidificação da água.

Nessa representação, os meninos não mudaram o número de moléculas em nenhum dos quadros. Claramente se preocuparam em conservar as ‘dez moléculas’ em todas as cenas da animação. Porém, é fácil perceber uma sincronia entre elas. O movimento é apenas de translação, aproximando-as umas das outras. As moléculas, na representação dos meninos, não apresentam movimento de rotação. Todas movem-se em sincronia.

A conversa que mantive com os alunos sobre essa sincronia foi muito interessante e as seguintes perguntas que fiz os deixaram muito pensativos:

Eles disseram que não tinham pensado sobre isso e resolveram observar novamente a solidificação do gelo. Incentivei-os a colher novas observações sobre o fenômeno.

Um comentário interessante sobre os dois trabalhos de animação até agora apresentados é que as partículas da água foram representadas com maior espaçamento no estado líquido que no estado sólido. Uma discussão com os alunos sobre as densidades e essa anomalia que a água apresenta, lembrando-lhes de que o gelo é dez por cento menos denso que a água líquida, pôde levá-los a repensar as representações propostas.

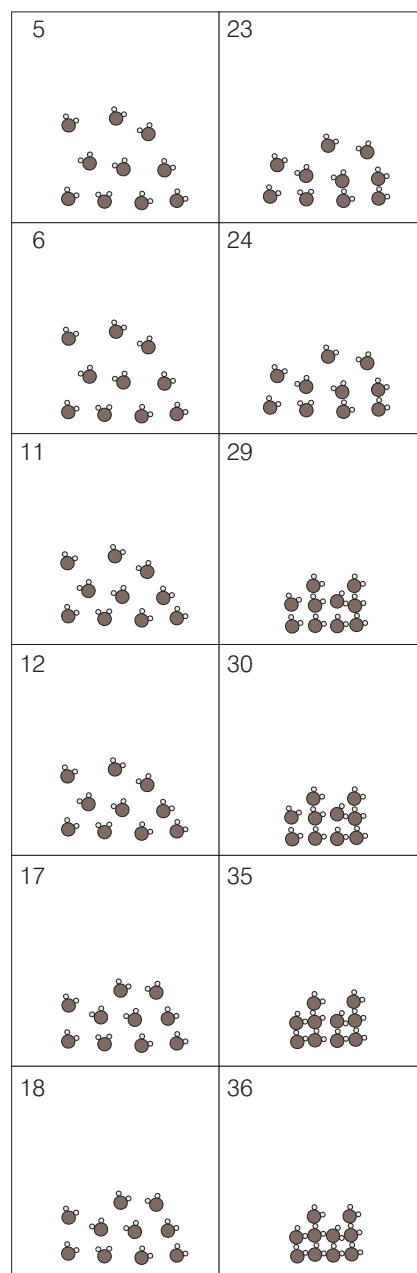
Contudo, não é apenas nas mudanças de estados que aparecem a simultaneidade e a sincronia. Vejam, na Sequência 3, a representação que um grupo de meninos fez da dissolução e dissociação do hidróxido de sódio.

O trabalho desses meninos é interessante em muitos aspectos. Além da beleza do ponto de vista artístico, pode-se perceber que eles tiveram muitas preocupações ao fazerem as representações: primeira, o número de partículas não muda, senão quando se introduz o hidróxido de sódio. Uma segunda preocupação, que fica clara neste trabalho, é a de atribuir um movimento de rotação para as moléculas de água. Uma terceira preocupação elogiável, é a de representar a dissociação iônica das partículas. Podemos, sem muito esforço, encontrar outros atributos no trabalho dos meninos, mas não se deve deixar de perceber a simultaneidade na separação — dissolução e dissociação — das partículas do hidróxido de sódio. Neste trabalho aparece também a sincronia no movimento das partículas.

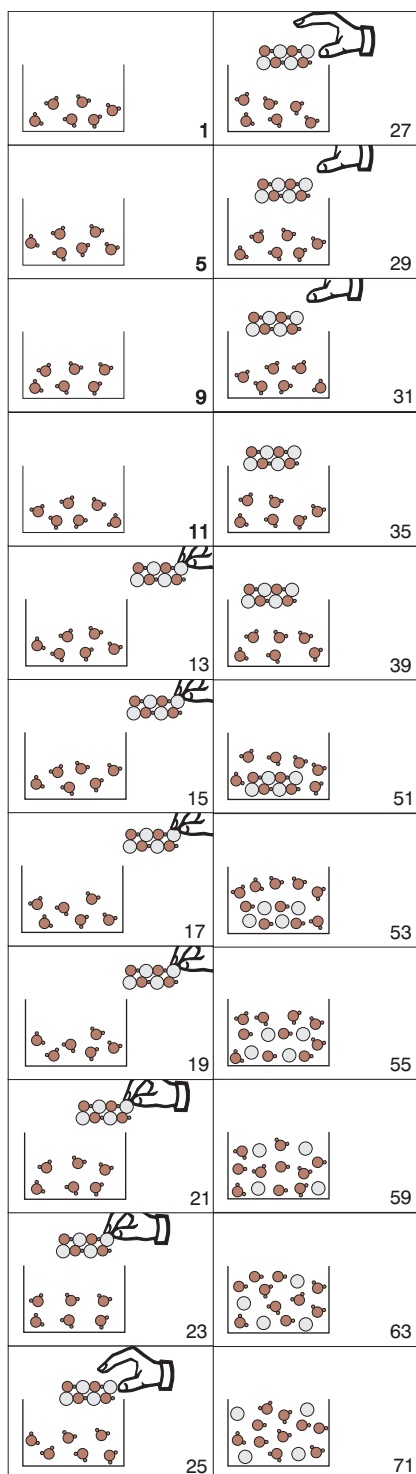
### **Simultaneidade camuflada, em prova na 3ª série do 2º grau**

Após um trabalho de semanas envolvendo diversos experimentos — que propiciaram muitas reflexões sobre a velocidade das reações químicas e a identificação dos principais fatores que as influenciam — e após diversas discussões sobre os modelos explicativos de que podemos lançar mão para compreender e explicar os fenômenos envolvidos, submeti meus alunos da terceira série do nível Médio a uma avaliação escrita com a expectativa de que os resultados mostrassem um domínio bastante grande dos conceitos envolvidos. O resultado da prova foi satisfatório, porém as respostas que a maioria dos alunos deu a uma das questões me deixou surpreso. A questão proposta foi:

Explique, usando a teoria das colisões e o conceito de complexo ativado, por que a velocidade de uma reação química aumenta com a elevação da temperatura do sistema.



Sequência 2 – Representação de alunos para a solidificação da água (animação com 36 'fotogramas').



Um hábito que adquiri com o passar dos anos é ler todas as respostas dadas a uma mesma questão nas provas de todos alunos de uma mesma turma, para depois passar à leitura de outra questão. Esse hábito me ajuda a perceber dificuldades que os alunos possam apresentar.

As respostas que obtive me pareceram bastante boas em uma primeira leitura. Eis uma delas.

*A elevação de temperatura provoca um aumento na energia cinética das moléculas, aumentando os choques e a energia dos choques, fazendo com que as moléculas atinjam mais facilmente o complexo ativado.*

Cheguei a reler inúmeras vezes cada uma das respostas, pois alguma coisa me intrigava.

Vejam outras respostas:

*Elevando a temperatura, as moléculas recebem mais energia fazendo com que elas, ao se chocarem, atinjam o complexo ativado com maior facilidade, reagindo mais rapidamente.*

*O aumento de temperatura faz as moléculas atingirem o complexo ativado com maior facilidade, pois os choques ocorrerão com maior energia.*

Percebi o que havia de estranho, ao reler a resposta dada por uma das alunas, Daniela Munhoz.

*Ao elevarmos a temperatura do sistema, aumentamos a energia cinética média das moléculas, fazendo com que um maior número de choques atinja a energia do complexo ativado, aumentando então a rapidez da reação.*

Qual era a grande diferença entre a resposta de Daniela e as outras?

O que havia de estranho nas respostas dos outros alunos?

Foi então que me perguntei se alguns de meus alunos da terceira série do nível Médio não estariam apresentando a mesma concepção de simultaneidade que constatei nos alunos da primeira série nas atividades de animação? Será que essas respostas apresentam um raciocínio de simultaneidade de 'comportamento' das moléculas? Será que eles acham que todas as moléculas atingem a energia do complexo ativado simultaneamente? Será que eles concebem que todas as moléculas de um sistema possuem a mesma energia?

Resolvi conversar com os alunos sobre as questões relativas à simultaneidade e constatei, durante a conversa,

Seqüência 3 – Representação dos alunos para a dissolução do hidróxido de sódio (animação com 74 'fotogramas').

que muitos deles apresentavam essa concepção alternativa: segundo eles, todos os choques ocorreriam com a mesma energia, e ao se elevar a temperatura do sistema, todos os choques ocorreriam com maior energia, alcançando a energia do complexo ativado *simultaneamente*.

A simultaneidade concebida pelas meninas na fusão do gelo, que só pude perceber na atividade de desenho animado, é bastante semelhante à apresentada pelos alunos da terceira série ao responder a questão da prova, pois ao dizerem que as moléculas iriam atingir ao mesmo tempo a energia do complexo ativado explicitavam a concepção de simultaneidade. Acho que eu não perceberia essas dificuldades que meus alunos da terceira série apresentavam nesse momento se não tivesse identificado essa concepção de simultaneidade em outro momento, com a aplicação da atividade de animação.

Pude constatar, em outros momentos, que essa concepção de simultaneidade das partículas é muito mais freqüente do que em geral percebemos. Contudo, acredito que sem o trabalho de animação dificilmente conseguiria perceber a concepção de simultaneidade e de sincronia que meus alunos apresentaram.

Esse episódio no estudo de cinética reforçou para mim a necessidade de atividades como a de desenho animado desde a primeira série. Esse tipo de atividade possibilita trocas nas quais tenho a chance de chamar a atenção de meus alunos sobre alguns fatos que são observáveis mas que a animação proposta não está explicando, ou, ainda, chamar a atenção sobre alguns movimentos das partículas que não correspondem aos fenômenos observados. Com isso, permito a eles reelaborarem as idéias sobre os fenômenos e muitas vezes desenvolverem 'novas' maneiras de enxergá-los. Com esse trabalho, as idéias sobre a movimentação das partículas ficam 'visíveis', permitindo um diálogo com os alunos sobre o tema.

Qual é a razão de muitos alunos apresentarem essas concepções de simultaneidade e sincronia nos movimentos das partículas? A simultaneidade apresentada é própria dessa atividade de animação? Afinal, parece-me mais fácil desenhar movimentos sincronizados e simultâneos. Acho que não, pois meus alunos da terceira série, que apresentaram dificuldades para a compreensão do uso do modelo de complexo ativado e muitos outros em outros momentos em que percebi essa concepção, não fizeram a atividade de animação. Porém, saber a razão por que os alunos apresentam essas concepções alternativas poderia ser um tema bastante interessante a ser investigado. Se você fizer a investigação, escreva-nos relatando-a.

### **Veja como funciona a técnica de animação**

Recorte o encarte, obtendo as 36 figuras retangulares. Organize-as em ordem numérica, colocando-as uma sobre a outra como um monte de cartas de baralho.

Segure firmemente com uma das mãos o monte de 36 figuras e com a outra faça as figuras passarem na frente de seus olhos com uma velocidade constante. Repita a operação algumas vezes até encontrar a melhor velocidade para enxergar uma animação contínua nos movimentos desenhados nas figuras.

A superposição de figuras, desenhadas com pequenas mudanças de uma para a outra, cria aos olhos humanos uma ilusão de movimento contínuo, dando-nos a impressão de que os corpos desenhados movimentam-se sem interrupção.

### **Referência bibliográfica**

LOPES, A.R.C. Reações químicas: fenômeno, transformação e representação. *Química Nova na Escola*, n. 2, p. 7-9, nov. 1995.



# Quanto Mais Melhor

## Calor e temperatura no ensino de termoquímica

**E**mbora seja um conceito básico para o entendimento da maioria dos fenômenos de interesse da ciência, não é simples definir energia. A definição clássica — a capacidade de realizar trabalho — está relacionada ao uso das primeiras máquinas térmicas, nas quais a energia química de combustíveis como a madeira era usada para a produção de vapor, que as movimentava.

Praticamente todas as formas de energia que conhecemos dependem, direta ou indiretamente, da energia luminosa que recebemos do sol. A fotossíntese é o processo fundamental pelo qual as plantas usam energia solar para transformar gás carbônico e água em alimentos e combustíveis. Nosso corpo depende da energia dos alimentos para executar suas funções vitais. Mesmo a energia usada nos transportes e na produção da maioria dos materiais provém de combustíveis fósseis, que em última análise originaram-se também por fotossíntese. A obtenção de tanta energia para consumo humano tem causado muitos problemas ambientais — a poluição nas grandes cidades, o aumento do efeito estufa e a chuva ácida, entre tantos outros.

O estudo, no ensino médio, das transformações envolvidas nesses processos, normalmente sob o nome de termoquímica, envolve o uso de alguns conceitos — energia, calor, temperatura — que já estamos acostumados a usar no nosso dia-a-dia. Essas palavras, no entanto, não têm o mesmo significado na ciência e na linguagem comum. Isso tem sido causa de dificuldades no ensino de química, pois na maioria das vezes o professor trabalha conceitos mais avançados como calor de

### **Eduardo Fleury Mortimer**

Faculdade de Educação da Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte - MG

### **Luiz Otávio F. Amaral**

Instituto de Ciências Exatas da Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte - MG

---

A seção "O aluno em foco" traz resultados de pesquisas sobre idéias informais dos estudantes, sugerindo formas de levar essas idéias em consideração no ensino—aprendizagem de conceitos científicos.

Este artigo discute as concepções dos estudantes sobre calor e temperatura, sugerindo quatro atividades para explicitá-las e favorecer a construção dos conceitos científicos correspondentes, que são básicos para a aprendizagem de conceitos mais avançados de termoquímica.

*calor, temperatura, ensino de termoquímica,  
concepções alternativas*

---

Este artigo foi publicado originalmente na revista *Química Nova na Escola* n. 7, 1998.

reação, lei de Hess etc., sem uma revisão dos conceitos mais básicos. O resultado, muitas vezes, é um amálgama indiferenciado de conceitos científicos e cotidianos, sem que o aluno consiga perceber claramente os limites e contextos de aplicação de um e de outro.

Neste artigo pretende-se discutir as principais características das concepções cotidianas de calor e temperatura e sugerir atividades que favoreçam sua explicitação pelos alunos, de modo que eles possam perceber a relação entre essas concepções e os conceitos científicos de mesmo nome. Consideramos inviável querer extinguir as concepções cotidianas dos alunos sobre calor e temperatura, enraizadas que estão na linguagem cotidiana, dada a existência de um grande número de situações a que essas concepções são aplicadas com sucesso. Afinal, mesmo os cientistas entendem perfeitamente o que se quer dizer com uma expressão como “agasalho bem quente”. Do ponto de vista científico, sabe-se que o agasalho não é quente, mas apenas um bom isolante térmico. Seria, no entanto, desconcertante chegar a uma loja e pedir ao vendedor um “agasalho feito de um material que seja um bom isolante térmico e impeça meu corpo de trocar calor com o ambiente”.

Portanto, dependemos das concepções sobre calor e temperatura expressas na linguagem cotidiana para comunicar e sobreviver no nosso dia-a-dia. Em lugar de tentar suprimi-las, seria melhor oferecer aos alunos condições para tomar consciência de sua existência e saber diferenciá-las dos conceitos científicos. A proposta de ensino que orienta esse artigo prevê, portanto, o alargamento do perfil conceitual do aluno, que incorporará novos significados — científicos — que passarão a conviver com os significados cotidianos.

---

**A literatura descreve três características principais das concepções de calor e temperatura apresentadas por estudantes, que estão intimamente relacionadas à forma como nos expressamos sobre esses fenômenos na vida cotidiana:**

- **O calor é uma substância**
  - **Existem dois tipos de ‘calor’: o quente e o frio**
  - **O calor é diretamente proporcional à temperatura**
- 

### **Idéias informais e científicas sobre calor e temperatura**

A literatura descreve três características principais das concepções de calor e temperatura apresentadas por estudantes, que estão intimamente relacionadas à forma como nos expressamos sobre esses fenômenos na vida cotidiana:

- o calor é uma substância;
- existem dois tipos de ‘calor’: o quente e o frio;
- o calor é diretamente proporcional à temperatura.

A primeira idéia, de que o calor é uma substância, combinada com a segunda, de que existem dois tipos de calor, resulta em que o calor e o frio sejam pensados como atributos de substâncias e materiais. De acordo com essas idéias, um corpo quente possui calor enquanto um corpo frio possui frio. Afinal, estamos acostumados a dizer que colocamos uma pedra de gelo numa bebida para esfriar essa bebida. Essa maneira de dizer sugere que o gelo transfere ‘frio’ para a bebida. Na ciência, ao contrário do que ocorre na vida cotidiana, não admitimos a existência de dois processos de transferência de energia — o do calor e o do frio —, mas apenas de um, o do calor. Isso significa que a bebida esfria porque transfere energia para a pedra de gelo até que todo o sistema esteja a uma mesma temperatura.

O calor, sendo uma forma de energia, não é uma substância. A idéia de que o calor é uma substância está por trás da idéia de que um corpo pode conter calor, ou seja, de que calor e frio são atributos dos materiais. Essa idéia já foi aceita por muitos cientistas no passado, que consideravam que todos os corpos possuíam em seu interior uma substância fluida invisível e de massa desprezível que denominavam *calórico*. Um corpo de maior temperatura possuía mais calórico do que um corpo de menor

temperatura. Lavoisier (1743-1794), por exemplo, listava o calórico como uma das substâncias elementares. Hoje sabemos que uma substância pode armazenar energia, mas não contém calor. A teoria do calórico pensado como substância foi abandonada em favor da teoria do calor pensado como energia, principalmente por não poder explicar o aquecimento de objetos de outra maneira que não por meio de uma fonte de calor — por exemplo, por atrito. Benjamin Thompson (1753-1814), engenheiro americano exilado na Inglaterra e conde do Sacro Império Romano que adotou o título de Conde Rumford em homenagem ao local nos Estados Unidos de onde provinha sua esposa (hoje Concord), introduziu a idéia de que calor era energia e não substância em 1798, ao atribuir o aquecimento de peças metálicas, quando perfuradas, à energia mecânica empregada em sua perfuração.

A idéia de que o calor é diretamente proporcional à temperatura tem sua origem na maneira como lidamos com 'calor' na vida cotidiana. As expressões 'faz muito calor', 'calor humano' etc. são exemplos de como essa idéia está arraigada na linguagem. Afinal, só dizemos que 'faz muito calor' quando a temperatura está alta. Essas idéias fazem com que os conceitos de calor e temperatura sejam muitas vezes considerados idênticos.

O conceito de temperatura, do ponto de vista científico, deriva da observação de que energia pode fluir de um corpo para outro quando eles estão em contato. A temperatura é a propriedade que nos diz a direção do fluxo de energia. Assim, se a energia flui de um corpo A para um corpo B, podemos dizer que A está a uma temperatura maior do que B. Essa maneira de definir a temperatura também estabelece a relação entre calor e temperatura. O calor, como fluxo de energia, sempre passa de um sistema a uma temperatura maior para um outro a uma temperatura menor, quando os dois estão em contato. Deve-se destacar que só há fluxo de energia e, portanto, calor, quando há diferença de temperatura. O calor é, dessa maneira, diretamente proporcional à diferença de temperatura entre os dois sistemas entre os quais está havendo a transferência de calor, e não à temperatura de qualquer dos sistemas.

### **Algumas atividades para explicitar as idéias informais sobre calor e temperatura**

A seguir, sugerimos algumas atividades simples que podem ser úteis para explicitar as idéias informais dos estudantes e ajudar na construção das idéias científicas. O objetivo é levar o estudante a tomar consciência desses dois conjuntos de idéias — informais e científicas — e a perceber a diferença entre elas.

#### ***Atividade 1: Comparação de um termômetro de laboratório com um termômetro clínico***

A primeira atividade consiste em solicitar aos alunos que observem e desenhem o bulbo e o capilar de um termômetro clínico ('de febre') e de um termômetro de laboratório, para poder explicar por que um termômetro de laboratório não precisa ser agitado antes do uso e não pode ser retirado do sistema cuja temperatura queremos conhecer, enquanto o termômetro clínico precisa ser agitado antes do uso e pode ser retirado do sistema (o corpo da pessoa) cuja temperatura se quer conhecer. O objetivo dessa atividade é entender o funcionamento dos termômetros e discutir a idéia de equilíbrio térmico.

Por que podemos afirmar que um termômetro mede a temperatura de um corpo? Com base nas observações feitas nessa primeira atividade, é possível notar que, por causa de um detalhe na sua fabricação, o termômetro clínico pode ser retirado do corpo da pessoa para efetuar a leitura, enquanto o termômetro de laboratório deve, durante a leitura, permanecer em contato com o sistema no qual estamos efetuando a medida. De qualquer forma, só podemos afirmar que a temperatura lida no termômetro é a mesma temperatura do sistema porque houve uma transferência de energia do sistema para o termômetro, quando o primeiro está a uma temperatura mais alta, e do termômetro para o sistema na situação inversa. Por que ocorre essa transferência? Porque dois corpos, objetos ou sistemas

em contato tendem a igualar suas temperaturas e atingir o equilíbrio térmico, havendo a transferência de energia sempre do corpo, objeto ou sistema à maior temperatura para aquele à menor temperatura. Esse princípio, que está 'por trás' do funcionamento dos termômetros, é conhecido como lei zero da termodinâmica. Outra maneira de formulá-lo é: "se um sistema A está em equilíbrio térmico com um sistema B, e B está em equilíbrio térmico com C, então C também está em equilíbrio térmico com A".

Esse princípio já contém algo que é estranho à nossa visão cotidiana dos fenômenos envolvendo calor e temperatura. O 'estranho' é a idéia de que a transferência de calor sempre ocorre do corpo à maior temperatura para o corpo à menor temperatura, não havendo portanto dois processos de transferência de energia, mas apenas um, o do calor.

Para completar essa atividade, pode-se discutir com os alunos por que certos sistemas — por exemplo, o corpo humano, uma vela e um ferro de passar roupa — não seguem o princípio do equilíbrio térmico, por serem fontes de calor.

### ***Atividade 2: Sensação de quente e frio, temperatura e calor específico***

O objetivo dessa atividade é entender a diferença entre a sensação de quente e frio e o conceito de temperatura. Usamos nosso corpo como um termômetro em várias situações. As mães sabem avaliar se o leite da mamadeira do bebê está na temperatura ideal pingando algumas gotas no dorso das mãos. De maneira semelhante, elas sabem avaliar se seu filho está febril ou não colocando a palma da mão sobre a testa da criança.

No entanto, essas sensações muitas vezes podem nos iludir. Nessa atividade, sugere-se que os alunos toquem dois blocos — um de madeira e outro de alumínio — e tentem avaliar, pelo toque, suas temperaturas. Esses blocos devem conter um orifício para que possa ser introduzido um termômetro. Após a avaliação da temperatura pelo tato, os alunos deverão introduzir um termômetro nos orifícios de cada um dos blocos e anotar a temperatura. A constatação de que a temperatura dos dois blocos é a mesma, apesar de o bloco de alumínio parecer mais frio, causa certo espanto e alguma dificuldade para os alunos.

A conclusão mais importante dessa atividade é que nem sempre a sensação de quente e frio corresponde a uma diferença real de temperatura. No caso estudado, o que ocorre é que a mão está numa temperatura maior que a temperatura dos blocos. Quando a mão — uma fonte de calor — toca os blocos, há uma modificação na temperatura dos blocos. Nessa situação, nosso corpo estava em uma temperatura maior que a temperatura ambiente, que é também a temperatura dos blocos. Nesse caso, houve transferência de energia do nosso corpo para os blocos. A temperatura do metal se modifica mais rapidamente do que a da madeira, o que provoca a sensação de que o metal está mais frio do que a madeira.

Essa diferença de comportamento entre a madeira e o metal pode ser explicada em termos de calor específico, que é uma propriedade que ajuda a entender uma série de fenômenos cotidianos, como o motivo por que as panelas de metal esquentam mais rapidamente do que as de barro ou pedra. O valor do calor específico de cada material apresenta pequenas variações com a temperatura. No entanto, podemos considerar esses valores constantes para as situações sugeridas neste artigo.

O calor específico pode ser definido como a quantidade de calor que um grama de determinado material deve ganhar ou perder para que sua temperatura varie em um grau Celsius. Um material que possua alto calor específico aquece — e também esfria — muito mais lentamente do que um material de baixo calor específico. O calor específico dos metais é baixo quando comparado a materiais como argila ou pedra, usados na fabricação de panelas. Isso significa que, considerando panelas de mesma massa, é necessário fornecer menos calor para o metal do que para a argila para fazer com que ele atinja a temperatura de cozimento. Da mesma forma, a panela de metal vai esfriar mais rapidamente,

pois a quantidade de calor que ela deve ceder ao ambiente para esfriar é bem menor que no caso, por exemplo, da argila.

No caso da atividade com os blocos, poderíamos explicar a diferença entre as sensações provocadas pela madeira e pelo metal também em termos de calor específico. Como o calor específico do metal é menor, ele sofre uma variação de temperatura maior do que a da madeira ao entrar em contato com nossa mão, atingindo mais rapidamente a temperatura de nosso corpo. Essa rápida variação de temperatura do metal nos dá a sensação de frio. Essas situações são importantes para evidenciar a grande diferença que existe entre nossas noções cotidianas de calor e a noção científica. Enquanto nas primeiras o calor e o frio são tratados como atributos dos materiais, a noção científica estabelece que o calor depende da relação entre dois sistemas. Assim, não tem sentido, do ponto de vista da ciência, falar do calor de um corpo ou de um sistema, já que só existirá calor quando existir diferença de temperatura entre dois sistemas ou entre duas partes de um mesmo sistema.

Para completar essa atividade, poderia ser solicitado ao aluno que respondesse a algumas perguntas usando valores tabelados de calor específico. Considerando, por exemplo, que o calor específico da água, em  $\text{cal g}^{-1} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ , é igual a 1,0 e que o do ar, nas mesmas unidades, é aproximadamente 0,24, é possível explicar por que a água de uma piscina, no verão, geralmente é mais fria que o ar durante o dia e mais quente durante a noite.

### **Atividade 3: Temperatura e calor**

O objetivo dessa atividade é estabelecer a relação entre calor e diferença de temperatura, por meio do cálculo da quantidade de calor transferida entre duas massas iguais de água, a diferentes temperaturas. Na linguagem cotidiana, estamos acostumados a considerar o calor como diretamente proporcional à temperatura. De acordo com essa concepção, sempre há mais calor quando a temperatura é mais elevada.

Nessa atividade, solicita-se aos alunos que misturem quantidades iguais de água (50 mL, por exemplo) a temperaturas diferentes, de tal modo que no sistema de maior temperatura a diferença de temperatura seja menor, e vice-versa. Por exemplo, pode-se pedir ao aluno que misture quantidades iguais de água a 20 e a 40  $^\circ\text{C}$  e depois repita o mesmo procedimento para água a 60 e a 70  $^\circ\text{C}$ . Deve-se solicitar ao aluno que faça a previsão sobre qual das duas situações envolverá maior quantidade de calor, ganho ou perdido. Em seguida, solicita-se ao aluno que calcule, usando a expressão  $Q = m c \Delta T$ , a quantidade de calor perdida pelo sistema contendo água à temperatura mais elevada e a quantidade de calor ganha pelo sistema contendo água à temperatura mais baixa, quando essas duas quantidades de água são misturadas. Deve-se usar a mesma massa de água para todos os sistemas (50 mL) e anotar a temperatura dos dois sistemas imediatamente antes de misturá-los.

O cálculo das quantidades de calor ganho e perdido indicará que houve maior troca de calor entre os sistemas que estavam a uma temperatura mais baixa, pois a diferença de temperatura entre eles (20 e 40  $^\circ\text{C}$ , aproximadamente) é maior que entre os sistemas a temperaturas mais elevadas (60 e 70  $^\circ\text{C}$ , aproximadamente). Esse dado normalmente contraria a expectativa dos alunos de que a uma temperatura maior corresponde maior quantidade de calor. Deve-se chamar a atenção para o fato de que os valores do calor ganho e perdido deveriam ser iguais, mas esse resultado não é obtido devido às perdas de calor para o frasco de vidro e para o ambiente. Pode-se discutir com os alunos formas de melhorar esse resultado — por exemplo, considerando a quantidade de calor ganha pelo vidro do béquer e isolando os béqueres com isopor ou mesmo com jornal.

Por meio dessa atividade, fica evidente como os conceitos científicos de calor e temperatura são diferentes dos nossos conceitos cotidianos. Na vida cotidiana associamos calor diretamente à temperatura, considerando que a uma temperatura mais alta corresponde uma quantidade maior de

calor. É possível verificar, por meio da Atividade 3, que o conceito científico de calor relaciona-se com a diferença de temperatura entre dois sistemas. Isso tem uma implicação importante para o entendimento de calor e temperatura do ponto de vista científico. Em primeiro lugar, só há calor quando há diferença de temperatura, pois o calor é o processo de transferência de energia de um sistema a uma temperatura mais alta para outro a uma temperatura mais baixa. Além disso, a quantidade de calor transferida é proporcional à diferença de temperatura e não à temperatura, o que implica que pode haver mais calor sendo transferido entre sistemas a baixas temperaturas que entre dois sistemas a temperaturas mais altas. Isso ocorrerá se a diferença de temperatura entre os sistemas a baixa temperatura for maior que entre os sistemas a temperatura mais alta, desde que as massas consideradas sejam as mesmas.

A necessidade de comparar massas iguais quando se quer comparar o calor envolvido nos processos é importante porque a quantidade de calor necessária para elevar a temperatura de um corpo em uma certa quantidade depende do calor específico do material de que é feito o corpo e da massa do corpo. Quanto maior o calor específico do material, mais calor é necessário para aquecer o corpo. O mesmo se pode dizer em relação à massa do corpo: quanto maior a massa, mais calor é necessário para aquecer o corpo. Isso fornece uma explicação razoável para certos fatos que observamos no nosso dia-a-dia. Na prática, sabemos que uma panela de alumínio aquece muito mais rapidamente do que uma panela de ferro, quando colocadas em trempe de fogão aproximadamente iguais. No entanto, o calor específico do alumínio ( $0,22 \text{ cal g}^{-1} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$ ) é maior que o do ferro ( $0,11 \text{ cal g}^{-1} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$ ). Se considerássemos somente o calor específico, seria de se esperar que a panela de ferro aquecesse mais rapidamente. No entanto, se compararmos panelas de ferro e de alumínio de mesmo tamanho, constataremos que a panela de alumínio é muito mais leve. Logo, embora o calor específico do ferro seja menor, a massa de ferro a ser aquecida é muito maior, o que torna o alumínio mais vantajoso sob esse aspecto. Esse conjunto de informações está, de certa forma, sintetizado na fórmula matemática que usamos para calcular a transferência de calor:  $Q = m c \Delta T$ . Ou seja, a quantidade de calor que um corpo pode receber depende da diferença de temperatura entre o corpo e a fonte de calor (no caso de aquecimento do corpo), do calor específico do material de que é feito o corpo e de sua massa.

O conceito científico de calor é, portanto, bem diferente da concepção cotidiana, que associa calor à temperatura e considera que quanto maior a temperatura, mais calor um corpo ou sistema tem. Do ponto de vista científico, um corpo não possui calor. Ele armazena energia interna que pode ser transferida sob a forma de calor desde que haja contato com um corpo a uma temperatura menor. A transferência de calor sempre ocorre do sistema de maior temperatura para o de menor. Essa idéia também contraria a forma de pensar cotidiana, que admite que um corpo quente pode transferir calor e um corpo frio pode transferir frio.

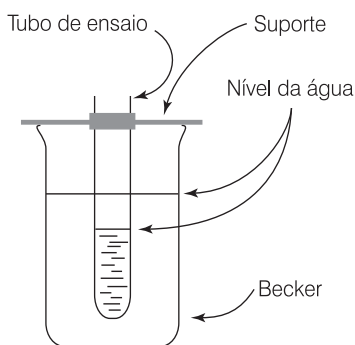
#### **Atividade 4: Condições para que a água entre em ebulição**

O objetivo dessa atividade é reforçar a idéia de que só existe transferência de calor quando há uma diferença de temperatura entre dois sistemas. Para isso, deve-se montar um sistema para aquecimento de água num béquer (ver esquema da montagem) e colocar um tubo de ensaio contendo água dentro desse béquer com água, de modo que o tubo de ensaio não encoste nas paredes ou no fundo do

---

**Os alunos normalmente ficam surpresos com o fato de que a água não entra em ebulição dentro do tubo de ensaio, mesmo tendo atingido a temperatura necessária para tal. Nesse caso, não há fluxo de calor entre a água do béquer e a água do tubo de ensaio, pois estando os dois sistemas à mesma temperatura, o valor de  $T$  entre eles é igual a zero**

---



Esquema do sistema de aquecimento de água

béquer, o que caracteriza um 'banho-maria'. Deve-se perguntar ao aluno se ele espera que a temperatura da água dentro do tubo de ensaio atinja a mesma temperatura da água no béquer, e se ele espera que a água ferva dentro do tubo.

Os alunos normalmente ficam surpresos com o fato de que a água não entra em ebulição dentro do tubo de ensaio, mesmo tendo atingido a temperatura necessária para tal. Nesse caso, não há fluxo de calor entre a água do béquer e a água do tubo de ensaio, pois estando os dois sistemas à mesma temperatura, o valor de  $\Delta T$  entre eles é igual a zero. Como não há fluxo de calor, não está sendo fornecida a energia necessária para romper as interações intermoleculares (as ligações de hidrogênio) entre as moléculas de água, condição necessária para que a água entre em ebulição. Essa quantidade de energia necessária para que 1 g de água entre em ebulição é chamada calor de vaporização da água.

Essa atividade oferece oportunidade para que se reforce a idéia de que só há calor quando há diferença de temperatura, além de permitir a discussão dos porquês da velha prática cotidiana de se usar o 'banho-maria' para aquecer bebidas como o café. Além disso, é possível introduzir a discussão sobre o calor envolvido em processos como mudanças de estado e reações químicas.

### Considerações finais: calor e temperatura e modelo cinético-molecular

No decorrer dessas quatro atividades, é conveniente possibilitar discussões sobre como os conceitos de calor e temperatura podem ser traduzidos em termos de comportamento molecular por meio do modelo cinético-molecular. Sendo todos os materiais constituídos por moléculas, íons ou átomos, a temperatura pode ser associada à energia cinética média dessas moléculas, íons ou átomos. Em outras palavras, pode-se considerar que a temperatura expressa o maior ou menor grau de agitação térmica das moléculas de um corpo. Quanto maior a temperatura, maior será a agitação térmica dessas moléculas. Esse modelo pode ser usado também para explicar a transmissão de calor por condução térmica. Quando uma fonte quente entra em contato com uma panela de alumínio, por exemplo, ela aumenta a agitação térmica e portanto a energia cinética dos átomos da superfície do metal em contato com a fonte. Por meio de sucessivas colisões, parte da energia cinética dos átomos da região aquecida é transferida para os átomos da região vizinha e assim sucessivamente, até atingir todos os átomos da panela. Nesse processo, o calor é transmitido de átomo para átomo sem que os mesmos sofram deslocamento ao longo do metal. Em outras palavras, a energia é transferida sem que haja transporte de matéria. De forma semelhante, a panela transmite o calor para os alimentos no seu interior. O fluxo de calor continuará enquanto existir uma diferença de temperatura.

A discussão desses conceitos básicos de calor e temperatura, por meio de atividades que procuram explicitar as concepções dos estudantes e auxiliar na construção dos conceitos científicos, parece-nos fundamental para evitar que os estudantes aprendam toda uma gama de conceitos mais avançados, como calor de reação, lei de Hess, etc. sobre uma base frágil em que conceitos científicos ficam amalgamados com concepções cotidianas.

#### Para saber mais

DRIVER, R., GUESNE, E. e TIBERGHIE, A., Eds. *Ideias científicas en la infancia y la adolescencia*. Madrid: M.E.C. e Eds. Morata, 1985.



# Pensando e Falando

## Sobre Fenômenos Químicos

**Andréa Horta Machado**

Colégio Técnico da Universidade Federal  
de Minas Gerais, Belo Horizonte - MG

**C**omo professores de Química, todos os dias temos uma demanda: pretendemos que nossos alunos aprendam cada vez “mais e melhor”. Esses são dois pontos que sempre discuto com professores. O que seria esse “mais” e esse “melhor”? Tenho percebido que nós professores temos refletido muito sobre a importância do ensino de Química contribuir para a formação do cidadão e sobre a importância de um ensino de Química contextualizado. Penso que em qualquer caso há uma questão que não pode ser esquecida. Como professores de Química temos o importante papel de possibilitar aos alunos o contato com os modos por meio dos quais o conhecimento químico pode possibilitar que se fale/pense sobre o mundo, dando visibilidade aos materiais, suas transformações e sua constituição.

Quando escrevi este artigo, pensei que seria interessante trazer para os leitores de *Química Nova na Escola* algumas idéias que, no meu ponto de vista, são importantes para serem consideradas por professores de Química no que diz respeito à formação desse “pensamento químico”. As idéias que discuto aqui foram elaboradas ao longo de meu curso de doutorado, no qual contei com a orientação da professora Ana Luiza Smolka, da Faculdade de Educação da Unicamp, a quem quero aqui agradecer por me possibilitar esse olhar para as aulas de Química<sup>1</sup>.

Nada melhor do que focalizarmos os alunos na aula de Química para buscarmos compreender melhor o que pode estar envolvido nesse processo de formação do pensamento químico.

Os alunos que focalizo aqui foram meus alunos no ano de 1996 no Colégio Técnico da UFMG. Estavam cursando o primeiro ano do Ensino Médio e o tema que estávamos discutindo era “transformações químicas”.

Uma das dinâmicas que utilizava em minhas aulas envolvia uma discussão com toda a turma, após os grupos

---

Este artigo discute algumas idéias importantes para a formação de um pensamento químico. Também aborda a relação entre as representações e o processo de significação dos fenômenos químicos no processo de elaboração conceitual.

*ensino-aprendizagem, elaboração  
conceitual, equações químicas*

---

Este artigo foi publicado originalmente na revista *Química Nova na Escola* n. 12, 2000.



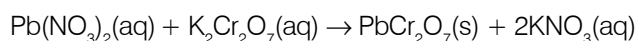
haverem respondido algumas questões propostas pelo material didático adotado<sup>2</sup>. O objetivo dessas discussões era fechar o assunto e pontuar algumas questões que muitas vezes haviam passado despercebidas pelos grupos. Também era um momento importante porque possibilitava o confronto de diferentes perspectivas para uma mesma situação.

O momento discursivo que vamos analisar neste artigo corresponde a um trecho da transcrição de uma dessas aulas. As discussões baseiam-se nos registros que os alunos deveriam ter feito ao longo de uma atividade.

A atividade proposta pelo material didático tem como título “Aspectos facilmente perceptíveis na interação de substâncias”. Inclui a realização de 5 testes que correspondem a transformações químicas que são acompanhadas por diferentes evidências, tais como a liberação de gás, a liberação de energia luminosa, a formação de sólido, o aquecimento e a mudança de cor.

O objetivo da atividade é evidenciar que esse tipo de transformação envolve a formação de novas substâncias e que pode ser acompanhada de aspectos facilmente perceptíveis ou evidências.

O trecho em questão (vide quadro) refere-se à discussão da forma de registro do fenômeno do Teste 1, que envolve a interação entre o nitrato de chumbo (solução transparente e incolor) e o bicromato de potássio (solução transparente e alaranjada), formando um sólido amarelo intenso que é o bicromato de chumbo, que pode ser representada pela equação



Início a discussão com todos os alunos da turma mostrando que, naquele momento, estávamos trabalhando com aspectos facilmente perceptíveis nas transformações e que as análises feitas por eles estavam todas baseadas em observações do sistema antes e após a transformação química. Essa colocação explicita o enfoque que pretendia dar ao tema de reações químicas: uma transformação que envolve modificações dos estados iniciais para se chegar ao estado final de um sistema. Aponta também que as observações feitas terão um papel importante na elaboração do conhecimento químico sobre as transformações.

No turno 3 começo a explicitar a relação entre o que se observa e como se registra utilizando a linguagem química: “*Então vocês têm um sistema inicial, que eu vou chamar de S<sub>i</sub>, e um sistema final tá certo? Eu vou registrar aqui graficamente neste sentido. O que tiver antes da seta vai ser o sistema inicial e depois o que a gente observou, né?*”.

Estou utilizando uma idéia fundamental do registro através de equações químicas que orienta as observações. Se o registro considera antes da seta o sistema inicial e depois da seta o sistema final, trata-se então de focalizar aí as observações. Esse princípio é fundamental para a elaboração do conceito de transformação química, que estou naquele momento pretendendo destacar. Aqui cabe reconsiderar as idéias de Vygotsky sobre o papel da palavra na formação de conceitos:

*Todas as funções psíquicas superiores são processos mediados, e os signos constituem o meio básico para dominá-las e dirigi-las. O signo mediador é incorporado à sua estrutura como uma parte indispensável, na verdade a parte central do processo como um todo. Na formação de conceitos esse signo é a palavra, que em princípio tem o papel de meio na formação de um conceito e, posteriormente, torna-se o seu símbolo. (Vygotsky, 1987, p.48).*

A atenção dos alunos foi dirigida para observar em todos os fenômenos características dos sistemas iniciais e finais e ir deles ao signo, em um processo de abstração progressiva. O registro através das equações químicas possibilitou a introdução do signo como meio que materializava as idéias que estavam sendo elaboradas. Mais tarde esse registro vai tornar-se o símbolo do conceito de transformação química.

## Discussão da forma de registro do fenômeno do Teste 1

1. P: Vamos para as discussões dessas questões. Relembrando só o objetivo geral né, dessa parte aí que vocês fizeram vocês trabalharam com... eu tô achando que eu vou fazer estas duas coisas viu. É, nós vamos trabalhar nessa primeira experiência com aspectos facilmente perceptíveis né, este título, ele... experiência 6 na apostila d'ocês aí. Bom, então estamos trabalhando com aspectos facilmente perceptíveis nas transformações, né? As análises que vocês fizeram aí, estão todas baseadas em observações do mesmo sistema em dois momentos diferentes, tá certo?
2. A: Certo.
3. P: Então vocês têm um sistema inicial, que eu vou chamar de  $S_i$ , e um sistema final, tá certo? Eu vou registrar aqui graficamente neste sentido. O que tiver antes da seta vai ser o sistema inicial e depois o que a gente observou, né? Então, no caso do teste 1, o que foi observado? Grupo 1. Como era o sistema antes, o que que vocês observaram? Que modificação?
4. A: As duas soluções transparentes e depois mistura sólido amarelado com líquido alaranjado.
5. P: As duas soluções eram transparentes no teste 1, gente?
6. A: Não.
7. A: Ah não! A outra era alaranjada.
8. P: O que a gente colocou em contato aí, hein? O que foi, grupo 1. O teste consistia em quais substâncias inicialmente?
9. A: Nitrato de chumbo...
10. P: Nitrato de chumbo, né? Qual é a fórmula dele?
11. A:  $Pb(NO_3)_2$
12. P: Dois, em contato com o que?
13. T: Com o bicromato de potássio.
14. P: Bicromato de potássio, qual que é a fórmula?
15. A:  $K_2Cr_2O_7$
16. P: ...  $Cr_2O_7$ . Esse  $Pb(NO_3)_2$  era o líquido incolor?
17. A: Isso.
18. P: E aqui, o bicromato era o que?
19. A: Alaranjado.
20. P: Alaranjado líquido. Era uma solução?
21. T: É.

No turno 4, a fala do aluno já demonstra uma organização do olhar para o fenômeno considerando os sistemas inicial e final “*As duas soluções transparentes e depois mistura sólido amarelado com líquido alaranjado*”. Apesar dessa primeira abordagem ser um sinal da incorporação da voz da professora que focaliza as observações e o registro em antes e depois, a observação do aluno, centrada em dispor o fenômeno como solicitado, descuida-se daquilo que mais salta aos olhos: o aspecto visual das soluções. Assim, no turno 5, interfiro procurando orientar novamente o olhar para o fenômeno “*As duas soluções eram transparentes no teste 1, gente?*” No turno 7, o aluno recoloca a observação “*Ah não! A outra era alaranjada*”.

É interessante perceber aqui que, no turno 4, o aluno refere-se às duas soluções como “transparentes” o que era absolutamente pertinente. As soluções de bicromato de sódio e nitrato de chumbo são transparentes. Mas a de bicromato não é incolor. No turno 5 utilizo “inadequadamente” a palavra “transparente” com o sentido de incolor, refraseando o que foi anteriormente dito pelo aluno. Entretanto isso não impede que o olhar do aluno seja redirecionado.

Em algumas discussões que tenho feito com professores de Química e ciências sobre as relações entre a linguagem e construção de conhecimentos, a questão “da clareza da mensagem” que o professor “transmite” está sempre associada à “escolha de palavras mais precisas”. O significado é percebido como algo inerente à palavra.

Em um levantamento que realizei de forma mais sistemática com esses professores (Machado e Moura, 1996), evidenciou-se que tinham para si um modelo do processo de comunicação na sala de aula que envolve um emissor (o professor), os receptores (os alunos) e a mensagem (o conteúdo a ser transmitido). É uma concepção de língua como um sistema externo aos sujeitos, ao qual se recorre para expressar o que se pensa. Assim, para esses professores, quanto mais clara for a mensagem que se quer transmitir, mais garantida estará a comunicação. Logo, se o pro-

fessor pretende ensinar bem, tem de ser claro e ajustar sua linguagem à dos alunos. Por sua vez, para aprender bem os alunos têm de ter as condições necessárias para compreender: disponibilidade, motivação, prestar atenção, possuir os pré-requisitos.

Poderíamos aqui retomar a discussão que Bakhtin faz sobre a questão da língua e sua relação com as necessidades enunciativas concretas, que nos possibilita redimensionarmos nossa forma de pensar sobre o processo de comunicação. Para Bakhtin, nas necessidades enunciativas concretas “o centro de gravidade da língua não reside na conformidade à norma da forma utilizada, mas na nova significação que uma forma adquire no contexto” (Bakhtin, 1992, p.92). Pensando no receptor, Bakhtin não considera que a ele cabe decodificar a mensagem apenas reconhecendo o que foi utilizado pelo locutor como forma familiar conhecida. Para Bakhtin, “o essencial na tarefa de decodificar não consiste em reconhecer a forma utilizada, mas compreendê-la num contexto concreto preciso, compreender sua significação numa enunciação particular”. Ou, “trata-se de perceber seu caráter de novidade e não somente sua conformidade com a norma” (Bakhtin, 1992, p.92).

Em relação a essa forma de pensar sobre a expressão, que a concebe como uma exteriorização do que se constrói interiormente no sujeito, Bakhtin também nos coloca uma outra posição. Para ele:

*O conteúdo a exprimir e sua objetivação externa são criados, como vimos, a partir de um único e mesmo material, pois não existe atividade mental sem expressão semiótica; conseqüentemente, é preciso eliminar de saída o princípio de distinção qualitativa entre o conteúdo interior e a expressão exterior. Além disso, o centro organizador e formador não se situa no interior, mas no exterior. Não é a atividade mental que organiza a expressão mas, ao contrário, é a expressão que organiza a atividade mental, que a modela e determina sua orientação.” (Bakhtin, 1992, p.112, grifo meu).*

Ou seja, a linguagem não é apenas um veículo que transporta um conteúdo. A função comunicativa é uma das funções da linguagem e não podemos negar que no processo de construção de conhecimentos em sala de aula há uma dimensão que implica transmissão de conteúdos. Mas é fundamental ampliarmos nossa concepção de linguagem e considerar sua dimensão constitutiva de nossas formas de pensar e do processo de significação. As palavras de Candela (1996) também podem iluminar esta questão:

*A construção de significados, em uma situação de interação entre muitos indivíduos como é a sala de aula, é um processo complexo, desigual e combinado, que evolui tanto para a construção de alguns significados compartilhados como de outros complementares e também alternativos. No processo, são aperfeiçoadas formas de comunicação. Mas aparecem também incompreensões e construções paralelas.*

Um outro aspecto importante para o registro das equações químicas é também considerado pela professora: deve-se registrar todas as substâncias participantes do sistema separadamente. Então a referência passa de “as duas soluções” para “quais substâncias”. É interessante ressaltar que a representação por equações químicas preserva inclusive esse aspecto do fenômeno, ao representar o estado físico das substâncias. Ou seja, é importante para o registro essa passagem das soluções para as substâncias, mas a própria representação, em algum momento, pode recuperar essa idéia de que se trata de soluções. Há, nesse sentido, uma certa tradução da linguagem descritiva do fenômeno para a linguagem sintética da equação. Essa tradução é seletiva, pois simplifica ao traduzir, não inclui tudo, não inclui a cor, a luz. Mas, pedagogicamente, parece importante que os alunos percebam essa possibilidade de transitar entre esses dois gêneros: a descrição do fenômeno e a equação química.

Mas, ao que parece, apenas dizer **quais** são as substâncias não é ainda suficiente. Então, no turno 10 “Nitrato de chumbo, né? **Qual é a fórmula dele?**”, solicito que as fórmulas sejam consideradas e são elas

que registro no quadro. O “em contato com” do turno 12 é registrado no quadro como sendo representado pelo símbolo ‘+’.

A discussão que se estabelece do turno 16 ao turno 21 coloca em evidência algumas características perceptíveis das substâncias do sistema inicial: líquido incolor, alaranjado, solução.

É interessante perceber que nesse momento explicitam-se alguns significados de uma equação química e que esse registro se faz em relação a aspectos do fenômeno que se quer no momento destacar. Aqui o registro do fenômeno orienta uma certa forma de olhar para ele e destaca como importantes as suas características - incolor, transparente, solução - e seus registros - qual é a fórmula.

Esse momento discursivo também torna visível as formas por meio das quais os processos verbais vão organizando e estruturando a atividade mental e o processo de elaboração conceitual dos adolescentes. Vejamos as palavras de Vygotsky que considera que o processo de formação de conceitos é

*(...) função do crescimento social e cultural global do adolescente, que afeta não apenas o conteúdo, mas também o método de seu raciocínio. O novo e significativo uso da palavra, a sua utilização como um meio para a formação de conceitos, é a causa psicológica imediata da transformação radical por que passa o processo intelectual no limiar da adolescência. (Vygotsky, 1987, p.70).*

O conceito de transformação química passou a orientar a observação, descrição e registro do fenômeno. Em seus estudos sobre a formação de conceitos em adolescentes, Vygotsky já apontava que

*Um conceito não se forma pela interação de associações, mas mediante uma operação intelectual na qual as funções elementares participam de uma combinação específica. A palavra dirige essa operação intelectual para centrar ativamente a atenção, abstrair determinados traços, sintetizá-los e simbolizá-los por meio de um signo. (Vygotsky, 1987, p.70).*

Neste caso, a ação dos alunos foi orientada a partir do conceito de transformação química como uma transformação que envolve a formação de um novo material, que pode ou não ser acompanhado por evidências perceptíveis. Eles deveriam observar os sistemas antes e depois da interação das substâncias. A partir da dinâmica discursiva na qual a professora registra, aceita contribuições, solicita outras, dirige o foco das atenções, as relações entre o que se destaca do fenômeno para ser registrado e seu registro sob forma de equação química vão configurando-se. No caso das equações químicas há uma estreita relação entre o registro e uma certa forma de pensar o fenômeno.

Esse tipo de destaque vai apontando para o fato de que a equação química não é um mero conjunto de fórmulas, mas ponto de partida e de chegada de uma certa forma por meio da qual a Química pode falar do mundo.

Na análise desse momento discursivo a questão dessa dimensão constitutiva da linguagem química adquire visibilidade. Diferentemente da concepção usualmente estabelecida de que para entender as equações químicas os alunos devem aprender antes uma série de conceitos, é possível pensar que a equação química e a linguagem química sejam instrumentos para a elaboração do pensamento químico. Ou seja, com e pela linguagem química, no movimento de significação dessas representações, uma certa forma de pensar vai se constituindo. Nesse trabalho, nesse exercício do pensamento que se dá na e pela linguagem, uma certa lógica vai-se construindo. No processo de aprender a linguagem química, novos conceitos vão sendo simultaneamente elaborados e aqueles já aprendidos têm a possibilidade de ser resignificados.

No trabalho social e simbólico de produção de signos e sentidos, o sujeito se coloca (e é colocado) em uma tensão constante na qual ele não é simplesmente um produto das circunstâncias, mas também seu transformador. Assim, “a linguagem não é só meio e modo de (inter/oper) ação, é também produto histórico, objetivado; é constitutiva/constituidora do homem como sujeito da e na linguagem” (Smolka, 1995).

Em relação a essa dimensão constitutiva da linguagem poderíamos aqui trazer ainda algumas palavras de Bakhtin:

*A consciência adquire forma e existência nos signos criados por um grupo organizado no curso de suas relações sociais. Os signos são o alimento da consciência individual, a matéria de seu desenvolvimento, e ela reflete sua lógica e suas leis. A lógica da consciência é a lógica da comunicação ideológica, da interação semiótica de um grupo social* (Bakhtin, 1992, p.36).

Procurei aqui mostrar as relações entre a palavra e a elaboração de uma forma de olhar para os fenômenos das transformações químicas destacando a dimensão constitutiva da linguagem. Sob meu ponto de vista, o que se nota é a necessidade fundamental das interrelações entre a linguagem e o mundo dos fenômenos e teorias. Essa relação mundo/linguagem/pensamento é uma questão epistemológica básica na construção do conhecimento nas aulas de Química. O que penso ser essencial é que se compreenda que, a partir da perspectiva histórico-cultural, a linguagem química não é importante apenas porque vai registrar o fenômeno de uma forma mais concisa e simplificada, mas que ao registrar o fenômeno dessa forma vai configurar os limites e as possibilidades de um certo lugar de observação desse fenômeno.

## Notas

<sup>1</sup>O trabalho completo foi publicado pela Editora da Unijuí e se chama “Aula de Química; discurso e conhecimento”.

<sup>2</sup>O Livro didático em questão é o “Aprendendo Química” escrito por Lilavate Izapovitz Romanelli e Rosária Justi, editado pela Editora da Unijuí e adotado no primeiro ano do Colégio Técnico da UFMG desde 1985 até 1999.

## Referências bibliográficas

- BAKHTIN, M.M. *Estética da criação verbal*. Trad. de M.E.G.G. Pereira. São Paulo: Martins Fontes, 1992.
- CANDELA, A. *Ciencia en el aula: retórica y discurso de los alumnos*. México: Centro de Investigación y Estudios Avanzados del Instituto Politécnico/Departamento de Investigaciones Educativas, Nacional, 1995. (Tese de doutorado).
- MACHADO, A.H. e MOURA, A.L.A. Concepções sobre o papel da linguagem no processo de elaboração conceitual em Química. *Química Nova na Escola*, v. 1, n. 2, p. 27-30, 1996.
- SMOLKA, A.L.B. A concepção de linguagem como instrumento: um questionamento sobre práticas discursivas e educação formal: discutindo possibilidades e limites na perspectiva histórico-cultural. *Temas em Psicologia*, série 1, n. 2, p. 11-21, 1995.
- VYGOTSKY, L.S. *Pensamento e linguagem*. Trad. de J.L. Camargo. São Paulo: Martins Fontes, 1987.

## Para saber mais

- FONTANA, R.A.C. *A mediação pedagógica na sala de aula*. Campinas: Autores Associados, 1996. 176 p.
- MORTIMER, E.F. e MACHADO, A.H. A linguagem numa aula de ciências. *Presença Pedagógica*, série 1, v. 2, n. 11, 1996.
- MORTIMER, E.F. Sobre chamas e cristais: a linguagem cotidiana, a linguagem científica e o ensino de ciências, In: *Ciência, ética e cultura na educação*. São Leopoldo: Ed. Unisinos, 1998. Anais, 270 p.
- SMOLKA, A.L.B. e GÓES, M.C.R. *A linguagem e o outro no espaço escolar*. Campinas: Papyrus, 1993.
- VOLOSHINOV, V.N. *Marxismo e filosofia da linguagem*. Trad. de M. Lhud e Y. Frateschi. São Paulo: Hucitec, 1992. 196 p.

A Revista Química Nova na Escola (QNEsc), propõe-se a subsidiar o trabalho, a formação e a atualização da comunidade brasileira de Ensino de Química. Nas suas diferentes seções a revista abre o espaço para o debate e a reflexão sobre o ensino e a aprendizagem de química, sobre os seus conceitos e temas atuais, seus experimentos e sua história, não se esquecendo da inserção dessa ciência na sociedade. Os professores e as professoras de química dos níveis fundamental, médio e superior encontrarão em Química Nova na Escola um espaço privilegiado para aprimoramento de sua prática docente.

### Contato

REVISTA QUÍMICA NOVA NA ESCOLA

Caixa Postal 26037

São Paulo - SP

CEP 05599-970

Fone: (11) 3032-2299 / Fax: (11) 3814-3602

Email: sbqsp@iq.usp.br

Visite nossa página:  
<http://www.s bq.org.br/ensino>





**Ministério  
da Educação**

**GOVERNO FEDERAL**