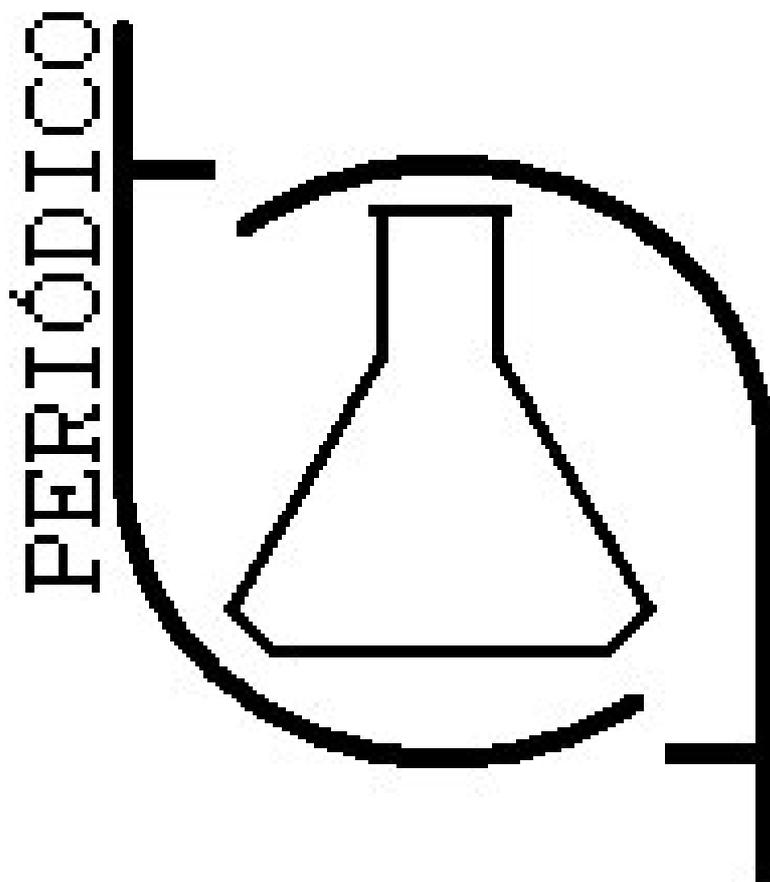


# Tchê Química

Volume 01 - Número 01 - 2004 ISSN 1806-0374



Órgão de divulgação científica e informativa

[www.tchequimica.tk](http://www.tchequimica.tk)

PERIÓDICO

# Tchê Química

Volume 01 – Número 01 – 2004

ISSN 1806 – 0374

Órgão de divulgação científica e informativa.

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)**

Periódico tchê química: órgão de divulgação científica e informativa [recurso eletrônico] / Tchê-Química Group. – Vol. 1, n. 1 (jan. 2004)- . – Porto Alegre: Tchê-Química Group, 2004- .

Semestral.

Sistema requerido: Adobe Acrobat Reader.

Modo de acesso: World Wide Web:

<<http://www.tchequimica.tk>>

Descrição baseada em: Vol. 1, n. 1 (jan. 2004).

ISSN 1806-0374

1. Química. I. Tchê-Química Group.

CDD 540

**Bibliotecário Responsável**

Ednei de Freitas Silveira

CRB 10/1262

PERIÓDICO  
**Tchê Química**

Volume 01 – Número 01 – 2004

ISSN 1806 – 0374

Órgão de divulgação científica e informativa.

**Elaboração**

Gabriel Rübensam

**Comissão Editorial**

Eduardo Goldani

Luis Alcides Brandini De Boni

Rodrigo Brambilla

**Periódico Tchê Química**

ISSN 1806-0374

Divulgação *on-line* em [www.tchequimica.tk](http://www.tchequimica.tk)

**Missão**

Publicar artigos de pesquisa científica que versem sobre a Química e ciências afins.

A responsabilidade sobre os artigos é de exclusividade dos autores.

Solicitam-se alterações, quando necessário.

**Correspondências e assinaturas**

[www.tchequimica.tk](http://www.tchequimica.tk)

## MENSAGENS AO LEITOR

### Rübensam

A atividade de comunicação científica, nas suas diversas formas, para receber respeito e assiduidade daqueles interessa-dos pela ciência, deve apresentar seriedade, imparcialidade e uma enorme persistência sobre as dificuldades emergentes da disputa do mercado da ciência. Ainda, deve apresentar bom senso e franqueza para escolher a melhor forma de enfrentar tais dificuldades.

Para tanto, a proposta do Tchê Química Group em apresentar um periódico é de levar informação científica para todas as classes do conhecimento através de entrevistas, comentários e artigos científicos que versem a respeito da pesquisa desenvolvida em todo o mundo. Isto foi possível devido ao plantel que possui. E, na qualidade de elaborador deste periódico, desde

já, afirmo compromisso de manter os requisitos propostos, me valendo da experiência adquirida na área da Química do meio Ambiente e nas áreas atribuídas aos conhecimentos da Mutagenicidade e Antimutagenicidade das substâncias sintéticas e naturais, após anos de pesquisa científica comprovada em dezenas de trabalhos apresentados em congressos nas variadas regiões do Brasil.

Prestando proveito deste espaço, gostaria de, desde já, agradecer ao Instituto Brasileiro de Informações em Ciência e Tecnologia (IBICT) por prover o código ISSN (International Standard Serial Number) para o nosso periódico de divulgação. Também agradeço aos nossos ilustres sócios e aos renomados cientistas que ofereceram seus

conhecimentos para contribuir para a realização desta Edição.

Informo, por fim, que o Periódico Tchê Química está aberto à recepção de artigos nas áreas Químicas e afins. A submissão destes deve, no entanto, seguir as conformidades apresentadas na sessão dedicada à proposta de formatação, lembrando que haverá avaliação do seu conteúdo e possíveis argumentações e sugestões para a sua melhoria. Poderão haver solicitações de alteração.

**Gabriel Rübensam**  
Bacharel em Química pela FAQ/PUCRS  
Pesquisador UFRGS

### De Boni

Como membro mais antigo do site, acredito que posso dizer que foi longo o caminho percorrido para sair do zero e chegar até aqui. Após quase quatro anos de atividades, sinto que o site está revitalizado e um exemplo disto é a revista que você está lendo. Penso que para o futuro o site irá crescer ainda mais e isto graças às importantes contribuições que temos recebido de químicos de todas as partes e ao trabalho que dedicamos a ele.

Quanto à revista, ela é um produto da equipe do site destinado à atingir o maior número possível de pessoas com informação científica de alta qualidade, em especial a comunidade científica brasileira.

Acredito que, indireta-mente, poderemos atingir também as escolas de ensino médio da rede pública, local em que lecionei por dois anos como professor assistente (estagiário), onde nem sempre há material didático disponível. Por isto, meu amigo, caso

you faça uma cópia da nossa revista e não for mais utilizá-la realize uma boa ação. Doe a sua cópia para uma escola, seja amigo da escola!

Grande abraço e espero que você aproveite a leitura.

**L. A. B. De Boni.**  
Pesquisador Senior Tchê-Química Group

### Goldani

Hoje em dia, o número de informações que chegam às nossas mentes é simplesmente absurdo. Se pararmos para ler, ouvir ou assistir toda notícia, artigo ou reportagem que é veiculada diariamente, certamente precisaríamos de um dia com duração superior a 24 horas. Entretanto, mostra-se importante selecionarmos aquilo que realmente nos interessa, ou seja, cabe a nós deixar de lado tudo aquilo que, de certa forma, em nada acrescentará às nossas vidas. O objetivo desta revista é este, isto é, apresentar artigos, colunas, entrevistas, etc. selecionadas de modo que você, ao ter contato com a revista, terá um trabalho a menos, ou seja, não necessitará selecionar

nada, pois tudo que ali estiver inserido será, de uma forma ou de outra, interessante e, porque não, importante em termos de cultura geral e em termos científicos. A partir desta premissa, evidencia-se todo o nosso esforço em levar a vocês leitores exemplares cuidadosamente elaborados e amplamente revisados, de maneira a garantir um material de qualidade que possa, um dia, ser útil como fonte de pesquisa, como conhecimento geral, enfim, que possa agregar ao seu conhecimento.

Sabendo que não somos perfeitos, adorariamos saber sua opinião a respeito deste material. Colocamo-nos a disposição para sugestões, críticas, reclama-

ções e, principal-mente, para recebermos algum material que você tenha elaborado e queira publicar neste singelo, mas importante, meio de divulgação. Desta forma, faça parte de um seleto grupo de estudantes e professores e utilize a Tchê-Química para divulgar suas pesquisas. Certamente você não se arrepende!

Gratos pela atenção,  
Atenciosamente

**Eduardo Goldani**  
Licenciado em Química pela  
PUCRS

### Brambilla

Ser um dos membros fundadores dessa revista é um grande orgulho para mim. Eu como pesquisador e cientista, sinto-me muito feliz de participar desse projeto tão promissor que visa à divulgação do conhecimento científico em um âmbito regional, nacional e mundial.

Neste espaço que me foi concedido, eu gostaria de pedir para que os pesquisadores, tanto da área de química como de áreas afins, enviem seus trabalhos científicos para nossa

revista, que possui a filosofia de fazer crescer o cientista junto a ela, pois uma boa revista é feita com bons trabalhos e é por isso que contamos com a sua participação.

Em espaços futuros pretendo discutir o futuro da química como profissão e prestar o devido esclarecimento à sociedade quanto à importância do profissional da química no mundo em que vivemos, pois durante esses anos que eu venho me dedicando a essa

apaixonante ciência, tenho observado que muitas empresas não possuem uma noção muito clara da importância de contratar profissionais e estagiários das diversas modalidades da química.

**Rodrigo Brambilla**  
Licenciado em Química pela  
FAQUI/PUCRS.  
Pesquisador do IQ/UFRGS.

# ÍNDICE



*Entrevista / Interveiw*  
**Professor Dr. Lavinel G Ionescu**

Entrevista sobre astroquímica e astronomia. Faculdade de Química (PUCRS/ULBRA)  
Página 7



*Artigo / Article*  
**Professor Dr. Frank Wilczek**

Artigo sobre Cromodinâmica Quântica. Feshbach Professor of Physics (MIT – Massachusetts Institute of Technology)  
Página 18



*Entrevista / Interveiw*  
**Professor Dr. Sebastião J. Formosinho**

Entrevista sobre Terapia Foto-dinâmica (Photodynamic therapy – PDT), uma nova esperança na luta contra o câncer. University of Coimbra Chemistry Department  
Página 10



*Entrevista / Interveiw*  
**Professor Gustavo Piaia**

Entrevista sobre Educação e vestibular. Núcleo Educacional / Pré Vestibular Universitário  
Página 15

**COLUNA EDUARDO GOLDANI:** Catalisador automotivo: um grande aliado na diminuição de gases poluentes. Página 30 (Artigo / Article)

## ARTIGOS CIENTÍFICOS:

- GABRIEL RÜBENSAM, ADRIANA BARBOSA, CIBELE BATISTA, DANIELA VEIGA, RODRIGO BRAMBILLA, CLEYDI V. ANDRETTA, TIZIANO DALLA ROSA, “**Preparo de Geléia de Maçã: Variáveis e a Qualidade do Produto Final**” Página 32. (Artigo / Article)

- GABRIEL RÜBENSAM “**Revisão em Geoquímica e Ecotoxicologia dos Metais Chumbo, Cobre, Cromo e Zinco**”. Página 37. (Artigo / Article)

**AGRADECIMENTOS / THANKS.** Página 53.

**DIVERSOS** Página 54.

## ENTREVISTA COM O PROFESSOR LAVINEL G. IONESCU.



Lavinel G. Ionescu é um dos melhores professores de Química da República Federativa do Brasil. Após ter participado da organização e fundação de Faculdades de Química no Brasil e representado por duas vezes o Brasil na IUPAC (International Union of Pure and Applied Chemistry), atualmente ministra aulas na PUCRS, ULBRA e, quando convidado, em outras universidades do Brasil inteiro.

**1-** *Professor Lavinel, como um profissional como o senhor, que estudou em diversos países e trabalhou no laboratório da Universidade de Los Alamos (EUA), veio ministrar aulas aqui no Brasil?*

Em 1978 aceitei um convite do Ministro da Educação e cultura, Eduardo Portela, para vir ao Brasil e ajudar a montar o curso de Pós-Graduação em Físico-Química da Universidade Federal de Santa Catarina, em Florianópolis. Os tempos eram outros, o mundo era outro e o Brasil era um país diferente.

**2-** *Há quanto tempo o senhor é professor universitário em Porto Alegre?*

Depois de cinco anos em Florianópolis, iniciei as minhas atividades em outros lugares no sul do Brasil, principalmente na Escola de Engenharia e no Instituto de Química da UFRGS, na PUCRS, ULBRA e, ocasionalmente, em outras e

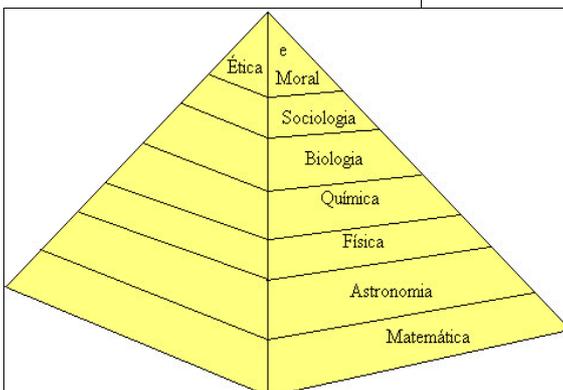
universidades como UFSM (Santa Maria), UCS (Caxias do Sul) e FURB em Blumenau.

Lecionei Também em Manaus, Amazonas.

**3-** *Tendo em vista que o senhor apresenta palestras sobre astroquímica, qual é a relação da astronomia com a química?*

A Astronomia é a ciência mais fundamental, depois da matemática. A química é também uma ciência física muito menos exata que a astronomia. Ela ocupa, porém, um lugar central no contexto todo.

Veja a pirâmide do conhecimento de Auguste Comte.



**3.1:** *É possível determinar a temperatura de uma estrela com uma boa precisão? Como pode ser feito? E a composição, é possível determinar?*

É possível determinar a temperatura de cor de estrelas e também a composição tendo informações espectroscópicas. Para a temperatura, utiliza-se a lei de Wien.

**3.2:** *É possível determinar a composição de corpos que não emitem luz ou energia como, por exemplo, no caso dos asteróides?*

Corpos que não emitem luz são difíceis de analisar. A determinação da composição

seria possível tendo amostras.<sup>1</sup>

>>



**4- Falando em asteroides, qual sua opinião sobre**

*a afirmação de astrônomos britânicos que em 21 de março de 2014, um asteroide pode vir a colidir com a Terra?*<sup>1</sup>

Existem muitas especulações sobre "colisões" ou possíveis colisões de asteroides com a Terra. Algumas colisões entre meteoritos e a terra no passado parecem bem comprovadas. É o caso do Meteor Crater, no Arizona, incidente do Rio Tunguska e, talvez, a formação do golfo do México e da planície de Panonia (Hungria).

**5- Afirma-se que a probabilidade da colisão do asteroide com a Terra é de 1 em 909.000. Esta probabilidade é alta ou baixa em termos espaciais?**<sup>1</sup>

Colisões de asteroides com a Terra são muito improváveis. Lembre-se também que a atmosfera é o nossa "escudo" protetor. O que acontece com relativa frequência são chuvas de meteoros e queda de meteoritos.

Em termos astronômicos esta probabilidade é muito baixa.

**6- Quanto aos buracos negros, o senhor considera válida a técnica usada para ouvir o som emitido por eles? Buracos negros podem mesmo emitir**

*sons?*<sup>2</sup>

O assunto dos buracos negros é muito complicado e não pode ser tratado nos termos "convencionais".

**7- A pergunta que todos querem saber: é possível vida fora da Terra?**

*Em vários de nossos trabalhos sobre astroquímica nós abordamos o tema de vida fora da Terra. Não existe nenhuma razão lógica que exclua a vida em outros lugares da galáxia e do universo.*

No sistema solar, o planeta mais provável é Marte. Algumas fotos da NASA, para alguns, mostram leitos de rios secos, canais, pirâmides e até estradas (se quiser acreditar). Outros lugares possíveis são as cabeças de cometas (gelo sujo) e o berçário de estrelas na nebulosa de Órion.

**8- Como é possível saber a composição de um asteroide, se ele não emite luz?**

Fragmentos de um asteroide, quando analisados, indicam a sua composição. O caso mais comum são os meteoritos.

**9- É verdade que existem açúcares e aminoácidos em asteroides?**

Existem aminoácidos e açúcares em meteoritos. E também muitos outros compostos

orgânicos.

**10- Em certos livros de ficção, ocorre a mineração espacial, onde um asteroide é fonte de minério. Isto pode acontecer? Estamos perto desta era?**

*A mineração de ferro na Terra começou com os meteoritos. Em muitos lugares o nome ferro se refere ao céu. No Sumério "An Bar", usado para designar ferro, vem do céu e fogo. No grego, sideros é o céu. Quando F. Cortez perguntou para os Astecas de ontem vinham as facas, eles apontavam para o céu. Basta mencionar o Kaaba de Mecca e outros meteoritos sagrados.*

**11- Para a mineração espacial, os asteroides seriam trazidos para a órbita da Terra. Seria possível manobrar um asteroide com relativa segurança com a tecnologia de hoje?**

A mineração do espaço interestrelar e de planetas ou estrelas está, por enquanto, no domínio da ficção científica.

**12- Quando se pergunta se há vida fora da Terra, as pessoas vão logo pensando em "Klingons" ou homenzinhos verdes. O senhor acha que este tipo de vida é possível, ou teremos que nos contentar com bactérias**

>>

<p><i>e tipos de vida não inteligentes?</i></p> <p>Pode existir vida inteligente em outros lugares da Galáxia e do Universo. Ela, porém, não necessariamente precisa ser igual a nossa. Poderia ser baseada, por exemplo, no silício, ao invés do carbono.</p> <p><b>13-</b> <i>Seria possível inocular cometas e asteróides com DNA humano para que, algum</i></p>	<p><i>dia, ao colidirem com um planeta, viessem a realizar uma espécie de "inseminação artificial" nestes planetas?</i></p> <p>Uma das teorias da origem extraterrestre da vida é que os seres vivos (bactérias, etc) foram introduzidos nos mares da Terra por asteróides e meteoritos. Da mesma maneira o homem poderia introduzir vida ao espaço interestrelar.</p>	<p><b>14-</b> <i>Certas pessoas dizem que a vida veio por um asteróide que se colidiu com a Terra e que a vida não se originou por aqui, isto é, que ela tenha vindo de fora. Qual sua opinião sobre isto?</i></p> <p>A questão da origem Terrestre ou extraterrestre da vida tange mais a metafísica, religião e filosofia e, no final, parece virar uma questão acadêmica.</p> <p style="text-align: right;">•</p>
---	--	--

Lavinel G Ionescu, B.S., M.S., Ph.D.  
 Faculdade de Química, PUCRS, Porto Alegre – RS 90619-900  
 D. de Química Centro de Ciências Naturais e Exatas, ULBRA, Canoas – RS 92420-280

(<sup>1</sup>) Revista Isto É/1771 – 10/09/2003, pág 99.

(<sup>2</sup>) Revista Isto É/1772 – 19/09/2003, pág 87.

## Entrevista Tchê-Química com Sebastião J. Formosinho

**\* ATENÇÃO \*** O CONTEÚDO DA ENTREVISTA A SEGUIR ESTA ESCRITO EM PORTUGUÊS DE PORTUGAL **\* ATENÇÃO \***

Com o objetivo de estreitar os laços com nossos irmãos Portugueses a Tchê-Química Group obteve uma entrevista com o Professor Sebastião J. Formosinho, Catedrático da Universidade de Coimbra.

Trata-se de um professor, cientista e pesquisador altamente qualificado que, atualmente, realiza pesquisas com a Terapia Foto-dinâmica e Fluídos Supercríticos, dentre outras atividades.



**1- Há quanto tempo o senhor leciona?**

Como tirocinante comecei a leccionar aulas teórico-práticas desde 1962, depois já como assistente desde 1964 na Universidade de Coimbra e nos Estudos Gerais de Moçambique. Interrompi por dois anos para cumprir o serviço militar entre 1966 e 1968. Realizei o meu doutoramento entre Setembro de 1968 e Junho de 1971 na *Royal Institution* sob a orientação do Prof. George Porter, Prémio Nobel da Química. Durante dois anos do meu doutoramento fui *demonstrator* de Química-Física no *University College* em Londres.

**2- Há quanto tempo o senhor é professor na Universidade de Coimbra?**

Sou Professor Auxiliar na Universidade de Coimbra desde Setembro de 1971 e Professor Catedrático na mesma universidade desde Julho de 1979. Sou

portanto catedrático há 24 anos. No âmbito da minha actividade pedagógica publiquei diversos manuais universitários, editados pela **Fundação Calouste Gulbenkian**, e no final de 2003, em colaboração com o Prof. Luís Arnaut, foi publicado pela Imprensa da Universidade de Coimbra um manual intitulado "Cinética Química" que dá um desenvolvimento pedagógico à teoria ISM por nós desenvolvida em Coimbra.

**3- O que é a Terapia Foto-dinâmica (Photodynamic therapy (PDT))?**

A PDT consiste na utilização de luz para detectar e curar tumores. Na terapia foto-dinâmica o paciente é injetado com um fotossensibilizador com selectividade pelos tecidos das células tumorais, seguindo-se a irradiação do tumor. O fotossensibilizador absorve luz e transfere a sua energia para o oxigénio molecular, gerando oxigénio-

singuleto ( $^1\Delta_g$ ) que ataca os tecidos. O remédio que destrói as células tumorais é o oxigénio-singuleto. A detecção do tumor para efeitos de irradiação processa-se através da fluorescência que o fotossensibilizador emite.

**4- A PDT é uma arte recente? Há quanto tempo o senhor pesquisa a PDT?**

As propriedades foto-químicas dos fotossensibilizadores ideais são: i) estabilidade, pureza e um prazo de validade longo; ii) coeficiente de absorção molar elevado na «janela terapêutica» (600-1000 nm) para que a luz penetre através dos tecidos; transferência de energia eficaz com formação de oxigénio-singuleto com rendimento quântico elevado. Como o precursor do oxigénio-singuleto é o estado tripleto  $T_1$  do fotossensibilizador, requer-se que o estado tripleto se forme com um rendimento quântico próximo >>

<p>da unidade, que possua uma energia electrónica pelo menos 20 kJ/mol superior à do oxigénio-singuleto e ainda que tenha um tempo de vida longo (&gt; 5 microssegundos). As propriedades biológicas ideais do fotossensibilizador são: i) baixa toxicidade no escuro; ii) acumulação selectiva e retenção prolongada nos tecidos tumorais; iii) fotobranqueamento controlado para permitir uma maior penetração da luz durante a terapia e evitar fotossensibilizar a pele.</p> <p>A PDT começou nos anos sessenta. As porfirinas têm sido dos fotossensibilizadores mais aplicados no campo, como as Fotofrininas, mas há estudos e aplicações com clorinas e bacterioclorinas; as ftalocianinas também têm sido empregues em PDT.</p> <p>Os nossos estudos em colaboração com o Grupo de Síntese Orgânica do Departamento de Química da Universidade de Coimbra têm incidido sobre o desenvolvimento de novas moléculas, com melhor absorção na janela terapêutica e um maior rendimento de formação de tripleto e de oxigénio-singuleto. Uma tal colaboração, mais directamente conduzida pelo Prof. Luís Arnaut no Grupo de Fotoquímica que dirijo, remonta ao ano de 1996 e o primeiro artigo foi publicado dois anos depois<sup>1</sup>.</p>	<p><b>5- Quais são as principais aplicações deste ramo de pesquisa?</b></p> <p>Tratamento de cancros de pele e da boca, e ainda de cancro do pulmão, esófago, bexiga e de doenças da pele como a psoríase.</p> <p><b>6- Quais são os benefícios da PDT em relação aos tratamentos convencionais contra tumores?</b></p> <p>Os tratamentos do cancro por PDT são eficazes, em geral, com uma ou duas sessões de tratamento. Os inconvenientes estão no custo elevado e no facto de o paciente ter de permanecer no escuro cerca de uma semana, para evitar reacções de fotossensibilização da pele.</p> <p>A grande vantagem do PDT relativamente à radioterapia e à quimioterapia provém da utilização da radiação no infravermelho e de fármacos pouco tóxicos, o que reduz significativamente os efeitos secundários.</p> <p><b>7- A PDT pode ser utilizada em qualquer tipo de tumor ou somente para tumores cutâneos?</b></p> <p>A eficácia do tratamento assenta na possibilidade de fazer chegar a luz de irradiação junto ao tumor, e com o uso de fotossensibilizadores com elevados</p>	<p>coeficientes de absorção molar no infravermelho pode-se usar luz que penetra profundamente nos tecidos. Presentemente a PDT é aplicada a tratamento de cancros não-superficiais, se bem que o tratamento seja mais fácil no cancro da pele.</p> <p><b>8- O senhor tem trabalhado em conjunto com o Grupo de Processos e Síntese Orgânica do Centro de Química de Coimbra na síntese de meso-tetra(2-Halophenyl)porphyrines. É uma característica importante para o composto ser opticamente inativo na PDT?</b></p> <p>O Grupo de Processos e Síntese Orgânica do Centro de Química do Departamento de Química da Universidade de Coimbra tem uma longa experiência na síntese de porfirinas e com estratégias de síntese com impacto no domínio. A colaboração entre os dois grupos vale-se desta experiência sintética e da nossa nos domínios da fotoquímica, com recurso a modelos teóricos que permitem planear melhor a investigação a realizar e recorrer a técnicas cinéticas de reacções rápidas que o meu grupo dispõe. A compreensão dos factores que controlam os processos de interacções fracas em estados electrónicos excitados, como conversão interna, conversão intersistemas e &gt;&gt;</p>
---	--	--

<p>transferência de energia, é benéfica para o design de novos fotossensibilizadores para a PDT. Ver, por exemplo, o artigo indicado<sup>2</sup>.</p> <p>Fotossensibilizadores não opticamente activos são úteis porque atenuam reacções de fotossensibilização da pele.</p> <p><b>9- Compostos opticamente activos podem trazer algum tipo de problema ou benefício na Terapia?</b></p> <p>Para além de evitar ou atenuar reacções indesejáveis pós-tratamento, a inactividade óptica do fotossensibilizador é vantajosa porque confere uma maior universalidade a este tipo de tratamento. O remédio vem do oxigénio-singuleto e dispomos de boas teorias para nos ajudarem a controlar a sua formação.</p> <p><b>10- Quanto à sua pesquisa sobre fluídos supercríticos, que avanços já foram feitos neste área?</b></p> <p>Poderia parecer demasiado ingénuo desenvolver um programa científico para estimar as constantes cinéticas, <math>k</math>, de reacções elementares em termos das propriedades de reagentes, e produtos e partir deles construir as propriedades do estado de transição. Mas foi um programa que foi desenvolvido com êxito entre 1985 e 2003 e culminou com a publicação de um artigo</p>	<p>sobre o modelo ISM (<i>interaction- and intersection-state model</i>) para quebra e formação de ligações. O artigo apresenta cálculos de <math>k</math> em cerca de cem reacções elementares incluindo sistemas poliatómicos, em acordo com os dados experimentais dentro de uma ordem de grandeza<sup>3</sup>. Os factores relevantes são: i) energia de reacção; ii) comprimentos de equilíbrio das ligações reactivas nos reagentes e produtos; iii) curvas de energia potencial das ligações reactivas em reagentes e produtos; iv) ordem de ligação no estado de transição medida pelo parâmetro de electrofilicidade de Parr.</p> <p>Na sua formulação de interacção, ISM foi aplicado ao estudo de reacções de transferência de electrões<sup>4</sup>. As conclusões mais relevantes vão contra a visão que a Teoria de Marcus clássica (TM) proporcionou para o campo e que é incorporada nos modelos quânticos. A TM estima por excesso a reorganização do solvente e estima por <i>defeito</i> a reorganização interna. Há pois uma compensação de efeitos que dá conta dos êxitos da teoria na estimativa de constantes cinéticas, mormente em «reacções de troca» (atéricas) em complexos de metais de transição; quando tais efeitos se não compensam surgem</p>	<p>anomalias graves, em desacordos com dados cinéticos experimentais por várias ordens de grandeza como na reacção <math>\text{Co}(\text{OH}_2)_6^{3+/2+}</math>. A TM previu a existência de uma «região invertida» quando se estuda a velocidade de transferência electrónica em famílias de reacções: as constantes cinéticas, <math>k</math>, aumentam quando a energia de reacção baixa, <math>\Delta G^0</math>, passam por um máximo e depois diminuem. Mas existem regimes, como o de Rehm-Weller, em que se atinge um patamar controlado por difusão.</p> <p>ISM também calcula constantes cinéticas em bom acordo com os dados experimentais e sem as anomalias da TM. As barreiras de energia são devidas a uma reorganização interna em que as ligações reactivas das espécies oxidada e reduzida atingem uma configuração comum na qual o electrão pode transitar de um modo isoenergético entre as duas formas. Mais, ISM prevê a existência de um conjunto mais rico de padrões de reactividade, com duas regiões invertidas, o regime de Rehm-Weller e uma «dupla região invertida». Esta variedade de regimes depende do acoplamento entre os reagentes e o meio do solvente. Foi com o objectivo de observar a «dupla região invertida» em reacções &gt;&gt;</p>
<p>Periódico Tchê Química, Porto Alegre: Tchê-Química Group v. 1, n.1, jan. 2004 <span style="float: right;">11</span></p>		

<p>ultra-exotérmicas (<math>\Delta G^0 = -80</math> kcal/mol) de transferência reversa de electrões em pares iónicos que procurámos novos meios de reactividade como o dióxido de carbono em condições super-críticas, CO<sub>2</sub>sc.</p> <p>A vantagem deste meio é que com um aumento de pressão de 74 bar a 300 bar a 35 °C é possível aumentar a densidade do solvente CO<sub>2</sub>sc por um factor de 3,6 vezes. Nestas condições observámos a «dupla região invertida» e o correspondente artigo está a ser ultimado para publicação.</p> <p><b>11- O Senhor já utiliza o CO<sub>2</sub> para fazer a extração de algum produto?</b></p> <p>Os nossos objectivos são mais de investigação fundamental, o que não excluiu a utilização de CO<sub>2</sub>sc como meio de reacção para a obtenção de novos produtos ou novas estratégias de síntese mais amigas do ambiente.</p>	<p><b>12- Este tipo de extração tem-se mostrado economicamente viável?</b></p> <p>A possível relevância económica de tais estudos ainda se encontra longe de um horizonte temporal previsível. O facto de a natureza do solvente poder aumentar as energias de reorganização na transferência de electrão e a eficiência de separação de carga pode mostrar-se relevante para a construção de células solares de maior eficiência ou no design de equipamentos de electrónica molecular.</p> <p><b>13- Quanto aos ambientalistas, eles podem ter alguma razão quando argumentam que o CO<sub>2</sub> é um poluente da atmosfera?</b></p> <p>As temperaturas médias do ar aumentaram cerca de 1 °C desde meados do século XIX; o recorde foi alcançado em 1998. A actividade solar deverá ser responsável, em larga medida</p>	<p>por um tal aumento, mas dado que o dióxido de carbono contribui em cerca de 64% para o efeito de estufa seria prudente evitar o seu aumento ou mesmo reduzir o contributo proveniente de muitas actividades humanas que o geram: actividades industriais, transportes.</p> <p>A utilização de CO<sub>2</sub>sc nas nossas investigações e a sua eventual aplicação industrial não é, porém, um factor de agravamento do impacto ambiental do dióxido de carbono. O gás utilizado é um produto secundário de actividades industriais já existentes. Em vez de ser libertado para a atmosfera nessas actividades, o gás é recolhido, armazenado e depois utilizado em substituição de solventes orgânicos. Assim, uma nova utilização do CO<sub>2</sub>sc corresponde a uma reciclagem do dióxido de carbono, à qual se acrescenta a redução do impacto ambiental dos solventes orgânicos, alguns deles halogenados.</p> <p>•</p>
--	---	--

## FOTO DO GRUPO DE PESQUISA DO PROFESSOR S. J. FORMOSINHO.



Professor S. J. Formosinho, está localizado no centro da imagem.

Sebastião J. Formosinho  
University of Coimbra  
Chemistry Department  
3049 Coimbra  
PORTUGAL  
e-mail: <[sformosinho@qui.uc.pt](mailto:sformosinho@qui.uc.pt)>  
Home page: <<http://www.who.uc.pt/Pessoais/SebastiaoFormosinho/index.htm>>

### Referências

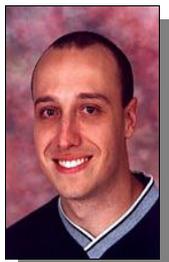
1 M. Pineiro, A. L. Carvalho, M. M. Pereira, A. M. d.A. Rocha Gonsalves, L. G. Arnaut, S.J. Formosinho, "Photoacoustic Measurements of Porphyrin Triplet State Quantum Yields and Singlet Oxygen Efficiencies", *Chem. Eur. J.*, **4**, 2299-2307 (1998).

2 M. E. G. Azenha, A. C. Serra, M. Pineiro, M. M. Pereira, J. Seixas de Melo, L. G. Arnaut, S. J. Formosinho, A. M. d.A. Rocha Gonsalves, "Heavy-atom Effects on Metalloporphyrin and polyhalogenated porphyrins", *Chem. Phys.*, **280**, 177-190 (2002).

3 L. G. Arnaut, Alberto A. C. C. Pais, S. J. Formosinho, M. Barroso, "Absolute Rate Calculations for Atom Abstractions by Radicals. Energetic, Structural and Electronic Factors", *J. Am. Chem. Soc.*, **125**, 5236-5246 (2003).

4 S. J. Formosinho, L.G. Arnaut, R. Fausto, "A Critical Assessment of Classical and Semi-classical Models for Electron Transfer Reactions in Solution", *Prog. React. Kinetics*, **23**, 1-90 (1998).

## Entrevista com o Professor Gustavo Piaia.



Professor Gustavo Piaia, um grande educador que associa à tecnologia de ponta à educação no Sul do Brasil. Concedeu uma entrevista a Tchê-Química Group, abordando assuntos como educação, escolas públicas e particulares, futuro da educação e cursos pré-vestibulares.

**1-** *Professor Piaia, há quanto tempo você está envolvido no ramo de educação?*

Estou envolvido com educação há 7 anos.

**2-** *Há quanto tempo você é diretor de um curso pré-vestibular?*

Na realidade, não ocupo cargo de direção, mas sou um dos sócios da empresa há 3 anos.

**3-** *Com a sua experiência de mercado, como você observa o aluno que estudou numa escola particular e o aluno que estudou em um escola pública? Há alguma diferença entre eles?*

O aluno que estudou em escola particular leva vantagem em relação ao aluno oriundo de escola pública, pela facilidade ao acesso a informação, materiais didáticos atualizados, mais cobranças, não só por parte da escola, mas também por parte da família (de um modo geral). Mas não vejo diferença entre os alunos, pois todos têm a mesma capacidade. O aluno de escola pública só precisa se dar conta que se ele se esforçar, correr

atrás dos seus objetivos, irá conseguir tanto quanto o aluno da escola particular.

**4-** *Analisando todo o período que você vem trabalhando com alunos de diversas localidades, pode ser notada uma progressão ou regressão nas competências e habilidades que os alunos deveriam ter, de acordo com os parâmetros do MEC?*

Com certeza há uma regressão. Às vezes os alunos chegam ao pré-vestibular como se nunca tivessem frequentado uma escola na vida, é impressionante. Há uma boa parcela de alunos onde são visíveis a falta de informação, conteúdo, leitura e, inclusive, a falta de educação.

**5-** *Quais são as suas perspectivas para o futuro da educação no âmbito regional?*

Acredito que se não houverem mudanças, estaremos migrando para uma sociedade desinformada, sem capacidade de analisar os fatos, ou até mesmo interpretar os fatos. Não gosto dessa idéia de que o aluno não pode ser reprovado... isso permite que boa parte daqueles que não

têm condições de trocar de nível avancem e nunca mais preencham as lacunas do seu desenvolvimento cognitivo. A sociedade está perdendo a capacidade de pensar e, com isso, se tornando manipulável.

**6-** *Com relação aos conteúdos de química apresentados, os alunos estão, de modo geral, sendo bem instruídos no ensino médio?*

Ainda existem muitos problemas com o conteúdo. Os professores precisam se dar conta de que não adianta tentar explicar química quântica para alunos da 1. série...

**7-** *Na sua opinião, analisando o preparo dos alunos que frequentam seu curso, em que tipo de instituição (pública ou privada) é verificado um melhor aproveitamento?*

Os meus melhores alunos vêm de escolas particulares (infelizmente).

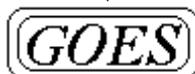
**8-** *Quais são as regiões do estado que você considera >>*

<p><i>como sendo as mais desenvolvidas no âmbito do ensino de química?</i></p> <p>Seria injusto opinar a esse respeito por não ter conhecimento sobre o ensino de química em diversas localidades do estado.</p> <p><b>9- Quanto ao concurso vestibular, o que você espera para a prova de Química da UFRGS neste ano?</b></p> <p>Espero uma prova mais seletiva e mais preocupada em não deixar os conceitos importantes da ciência de lado ou com interpretação incorreta. A prova tem que apresentar um certo nível de dificuldade que seja suficiente para classificar o aluno mais preparado.</p> <p><b>10 – Na sua opinião, qual a melhor forma de preparo para um aluno em um concurso vestibular? Você acredita que seja necessária uma dedicação especial ao longo de todo o ano, ou basta dar uma “estudadinha” alguns dias antes da prova?</b></p> <p>Vestibular é uma preparação longa. Não se estuda de última hora. Dependendo do curso, a preparação leva 2 ou 3 anos, e a dedicação tem que ser total, porém equilibrada, sem exageros. Vale a pena se dedicar, os resultados aparecem no futuro, basta acreditar.</p>	<p><b>11- Qual a importância do curso pré-vestibular para o aluno?</b></p> <p>Depende do aluno. Tem gente que vai para lá pensando que vai se divertir, mas está enganado. O pré-vestibular hoje tenta fazer um milagre: fazer o aluno aprender tudo aquilo que ele já deveria saber e ainda revisar todo o conteúdo em um ano.</p> <p><b>12- De que maneira a infraestrutura que o seu curso apresenta tem ajudado os alunos a alcançarem os objetivos?</b></p> <p>Os alunos dos meus grupos de estudo são submetidos a um estudo profundo de química, pautado na resolução de exercícios de todos os tipos e em grande quantidade. Através dos recursos multimídia, a gente consegue "abrir" a mente dos alunos, fazendo-os enxergar melhor o mundo, muitas vezes pelo simples fato de fazer ele se dar conta de que no mundo e na natureza, o que vemos está em 3D. E isso já é uma diferença imensa. Trabalhamos de forma muito séria, preocupados com o desempenho dos alunos, mas respeitando as individualidades e as potencialidades de cada um. Nosso trabalho tem tido um grande sucesso, pois os</p>	<p>resultados têm sido muito animadores.</p> <p><b>13- Quando o aluno está se preparando para o vestibular, o que você considera mais eficiente: o aluno estudar na sua casa, de maneira organizada (com acesso à Internet, livros e revistas) e sem interrupções e distrações, ou de um curso pré-vestibular hipotético, que não ofereça uma infraestrutura adequada à aprendizagem?</b></p> <p>Depende do tipo de aluno. O ideal é oferecer um leque de oportunidades para que ele se enquadre em um modelo que achar mais conveniente ou mais agradável. Eu, por exemplo, sempre fui um aluno que rendeu mais em casa, rodeado de livros. Mas há alunos que precisam assistir aulas, copiar conteúdo etc...</p> <p><b>14- Sem comparar o seu curso pré-vestibular com os demais, quais aspectos que você destacaria que podem ser determinantes para a aprendizagem do aluno.</b></p> <p>O número reduzido de alunos (máximo 16 por turma), os recursos multimídia e o material didático.</p>
--	---	--



Sala de aula do Núcleo Educacional

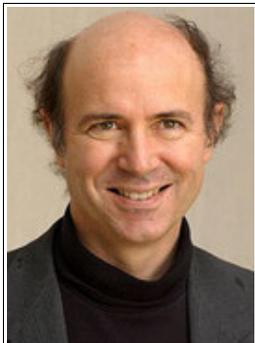
Professor Gustavo Piaia  
piaia@piaia.com  
[www.piaia.com](http://www.piaia.com)



Goes Vidros Especiais  
Soldado José da Silva 611, CEP: 91530-630  
Porto Alegre-RS  
Fone: 3336-6044 3339-0680  
[goesvidros@brturbo.com](mailto:goesvidros@brturbo.com)

# The Origin of Mass

Frank Wilczek



Everyday work at the frontiers of modern physics usually involves complex concepts and extreme conditions. We speak of quantum fields, entanglement, or supersymmetry, and analyze the ridiculously small or conceptualize the incomprehensibly large. Just as Willie Sutton famously explained that he robbed banks because “that’s where the money is,” so we do these things because “that’s where the Unknown is.” It is an amazing and delightful fact, however, that occasionally this sophisticated work gives answers to childlike questions about familiar things. Here I’d like to describe how my own work on subnuclear forces, the world of quarks and gluons, casts brilliant new light on one such child-like question: What is the origin of mass?

## Has Mass an Origin?

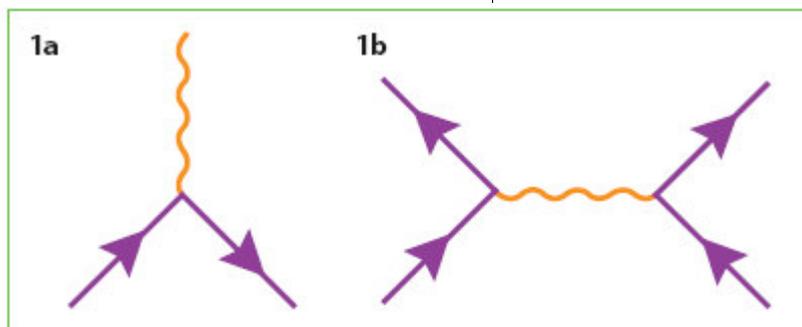
That a question makes grammatical sense does not guarantee that it is answerable, or even coherent.

The concept of mass is one of the first things we discuss in my freshman mechanics class. Classical mechanics is, literally, unthinkable without it. Newton’s second law of motion says that the acceleration of a body is given by dividing the force acting upon it by its mass. So a body without mass wouldn’t know how to move, because you’d be dividing by zero. Also, in Newton’s law of gravity, the mass of an object governs the strength of the force it exerts. One cannot build up an object that gravitates, out of material that does not, so you can’t get rid of mass without getting rid of gravity. Finally, the most basic feature of mass in classical mechanics is that it is conserved. For example, when you bring together two bodies, the total mass is just the sum of the individual masses. This assumption is so deeply ingrained that it was not even explicitly formulated as a law. (Though I teach it as Newton’s Zeroth Law.) Altogether, in the Newtonian framework it is difficult to imagine what would constitute an “origin of mass,” or even what this phrase could possibly mean. In that framework mass just is what it is—a primary concept.

Later developments in physics make the concept of mass seem less irreducible. Einstein’s famous equation  $E=mc^2$  of special relativity theory, written in that way, betrays the prejudice that we should express energy in terms of mass. But we can write the same equation in the alternative form  $m=E/c^2$ . When expressed in this form, it suggests the possibility of explaining mass in terms of energy. Einstein was aware of this possibility from the beginning. Indeed, his original 1905 paper is entitled, “Does the Inertia of a Body Depend on Its Energy Content?” and it derives  $m=E/c^2$  not  $E=mc^2$ . Einstein was thinking about fundamental physics, not bombs.

## QED and QCD in Pictures (FIGURES 1A, 1B, 1C, AND 1D)

The physical content of quantum electrodynamics (QED) is summarized in the algorithm that associates a probability



amplitude with each of its Feynman graphs, depicting a possible process in space-time. The Feynman graphs are constructed by linking together hubs, more conventionally called interaction vertices, of the form shown in 1a. The solid line depicts the world-line of an electrically charged particle, and the squiggly line straddles the world-line of a photon. By connecting hubs together we can describe physical processes such as the interaction between electrons, as shown in 1b. Quantum chromodynamics (QCD) can be summarized similarly, but with a more elaborate set of ingredients and hubs.

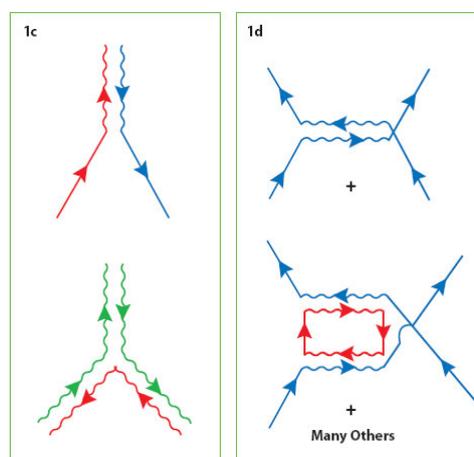
There are three kinds of charges, called colors. Quarks resemble electrons in their mechanical properties (technically, they are spin- $\frac{1}{2}$  fermions), but their interactions are quite different, because they carry a unit of color charge. Quarks come in several flavors— $u, d, s, c, b,$  and  $t$ —so we have  $u u u d d d$  and so forth. Only  $u$  and  $d$ , which have very small masses, are important in ordinary matter. The others are heavy and unstable. Gluons resemble photons in their mechanical properties (technically, they are massless spin-1 bosons), but their interactions are quite different. There are eight different types of color gluons, which respond to and change the color charges of quarks they interact with. A typical hub for a quark-gluon interaction is shown in 1c, along with a hub for gluon-gluon interaction. The latter has no analog in QED, because the photon carries no electric charge. Asymptotic freedom, and all the drastic differences between how particles with and without color charges are observed to behave, ultimately arise from these new gluon-gluon interactions. In principle we can try to use Feynman diagrams to calculate the quark-quark interaction, as shown in 1d. But unlike in QED, in QCD contributions from graphs

containing many hubs are not small, and this method is impractical.

At modern particle accelerators, comes to life. For example, in the Large Electron Positron collider (LEP), at the CERN laboratory near Geneva, beams of electrons and antielectrons (positrons) were accelerated to enormous energies.

Powerful, specially designed magnets controlled the paths of the

particles, and caused them to circulate in opposite directions around a big storage ring. The paths of these beams intersected at a few interaction regions, where collisions could occur. [After more than a decade of fruitful operation, in which MIT scientists played a leading role, the LEP machine was dismantled in 2000. It is making way for the Large Hadron Collider (LHC), which will use the same tunnel. LHC will collide protons instead of electrons, and will operate at much higher energy. Hence the past tense.] When a collision between a high-energy electron and a high-energy positron occurs, we often observe that many particles emerge from the event. [See *Figures 2a* and *2b* on page 29.] The total mass of these particles can be thousands of times the mass of the original electron and positron. Thus mass has been created, physically, from energy.



## What Matters for Matter

Having convinced ourselves that the question of the origin of mass might make sense, let us now come to grips with it, in the very concrete form that it takes for ordinary matter.

Ordinary matter is made from atoms. The mass of atoms is overwhelmingly concentrated in their nuclei. The surrounding electrons are of course crucial for discussing how atoms interact with each other—and thus for chemistry, biology, and electronics. But they provide less than a part in a thousand of the mass!

Nuclei, which provide the lion's share of mass, are assembled from protons and neutrons. All this is a familiar, well-established story, dating back seventy years or more.

Newer and perhaps less familiar, but by now no less well-established, is the next step: protons and neutrons are made from quarks and gluons. So most of the mass of matter can be traced, ultimately, back to quarks and gluons.

## QCD: What It Is

The theory of quarks and gluons is called quantum chromodynamics, or QCD. QCD is a generalization of quantum electrodynamics (QED). For a nice description of quantum electrodynamics, written by an MIT grad who made good, I highly recommend *QED: The Strange Theory of Electrons and Light*, by Richard Feynman.

The basic concept of QED is the response of photons to electric charge. Figure 1a shows a space-time picture of this core process. Figure 1b shows how it can be used to describe the effect of one electric charge on another, through exchange of a “virtual” photon. [A virtual photon is simply one that gets emitted and absorbed without ever having a significant life of its own. So it is not a particle you can observe directly, but it can have effects on things you do observe.] In other words, *Figure 1b* describes electric and magnetic forces!

Pictures like these, called Feynman diagrams, may look like childish scribbles, but their naïve appearance is misleading. Feynman diagrams are associated with definite mathematical rules that specify how likely it is for the process they depict to occur. The rules for complicated processes, perhaps involving many real and virtual charged particles and many real and virtual photons, are built up in a completely specific and definite way from the core process. It is like making constructions with TinkerToys®. The particles are different kind of sticks you can use, and the core process provides the hubs that join them. Given these elements, the rules for construction are completely determined. In this way all the content of Maxwell's equations for radio waves and light, Schrödinger's equation for atoms and chemistry, and Dirac's more refined version including spin—all this, and more, is faithfully encoded in the squiggle [*Figure 1a*].

At this most primitive level QCD is a lot like QED, but bigger. The diagrams look similar, and the rules for evaluating them are similar, but there are more kinds of sticks and hubs. More precisely, while there is just one kind of charge in QED—namely, electric charge—QCD has three different kinds of charge. They are called colors, for no good reason. We could label them red, white, and blue;

or alternatively, if we want to make drawing easier, and to avoid the colors of the French flag, we can use red, green, and blue.

Every quark has one unit of one of the color charges. In addition, quarks come in different “flavors.” The only ones that play a role in ordinary matter are two flavors called  $u$  and  $d$ , for up and down. [Of course, quark “flavors” have nothing to do with how anything tastes. And, these names for  $u$  and  $d$  don’t imply that there’s any real connection between flavors and directions. Don’t blame me; when I get the chance, I give particles dignified scientific-sounding names like axion and anyon.]

There are  $u$  quarks with a unit of red charge,  $d$  quarks with a unit of green charge, and so forth, for six different possibilities altogether. And instead of one photon that responds to electric charge, QCD has eight color gluons that can either respond to different color charges or change one into another.

So there is quite a large variety of sticks, and there are also many different kinds of hubs that connect them. It seems like things could get terribly complicated and messy. And so they would, were it not for the overwhelming symmetry of the theory.

If you interchange red with blue everywhere, for example, you must still get the same rules. The more complete symmetry allows you to mix the colors continuously, forming blends, and the rules must come out the same for blends as for pure colors. I won’t be able to do justice to the mathematics here, of course. But the final result is noteworthy, and easy to convey: there is one and only one way to assign rules to all the possible hubs so that the theory comes out fully symmetric. Intricate it may be, but messy it is not!

With these understandings, QCD is faithfully encoded in squiggles like *Figure 1c*, and the force between quarks emerges from squiggles like *Figure 1d*. We have definite rules to predict how quarks and gluons behave and interact. The calculations involved in describing specific processes, like the organization of quarks and gluons into protons, can be very difficult to carry through, but there is no ambiguity about the outcome. The theory is either right or wrong—there’s nowhere to hide.

### **How We Know It’s Right**

Experiment is the ultimate arbiter of scientific truth. There are many experiments that test the basic principles of QCD. Most of them require rather sophisticated analysis, basically because we don’t get to see the underlying simple stuff, the individual quarks and gluons, directly. But there is one kind of experiment that comes very close to doing this, and that is what I’d like to explain to you now.

I’ll be discussing what was observed at LEP. But before entering into details, I’d like to review a fundamental point about quantum mechanics, which is necessary background for making any sense at all of what happens. According to the principles of quantum mechanics, the result of an individual collision is unpredictable. We can, and do, control the energies and spins of the electrons and positrons precisely, so that precisely the same kind of collision occurs repeatedly; nevertheless, different results emerge. By making many repetitions, we can determine the probabilities for different outcomes. These probabilities encode basic information about the underlying fundamental interactions; according to quantum mechanics, they contain *all* the meaningful information.

When we examine the results of collisions at LEP, we find there are two broad classes of outcomes. Each happens about half the time.

In one class, the final state consists of a particle and its antiparticle moving rapidly in opposite directions. These could be an electron and an antielectron ( $e^-e^+$ ), a muon and an antimuon ( $\mu^-\mu^+$ ), or a tau and an antitau ( $\tau^-\tau^+$ ). The little superscripts denote signs of their electric charges, which are all of the same absolute magnitude. These particles, collectively called leptons, are all closely similar in their properties.

Leptons do not carry color charges, so their main interactions are with photons, and thus their behavior should be governed by the rules of QED. This is reflected, first of all, in the simplicity of their final states. Once produced, any of these particles could—in the language of Feynman diagrams—attach a photon using a QED hub, or alternatively, in physical terms, radiate a photon. The basic coupling of photons to a unit charge is fairly weak, however. Therefore each attachment is predicted to decrease the probability of the process being described, and so the most usual case is no attachment.

In fact, the final state  $e^-e^+\gamma$ , including a photon, does occur, with about 1% of the rate of simply  $e^-e^+$  (and similarly for the other leptons). By studying the

**Figures 2a and 2b:**

**Real Jets**

*These are pictures of the results of electron-positron collisions at LEP, taken by the L3 collaboration led by Professors Ting, Becker, and Fisher. The alignment of energetic particles in jets is visible to the naked eye.*

**Figures 2c and 2d:**

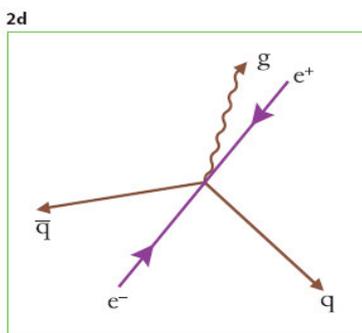
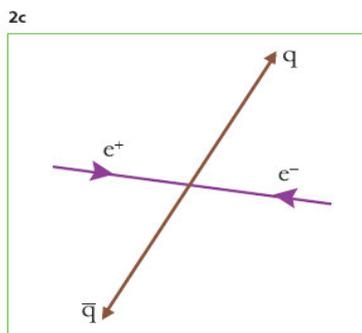
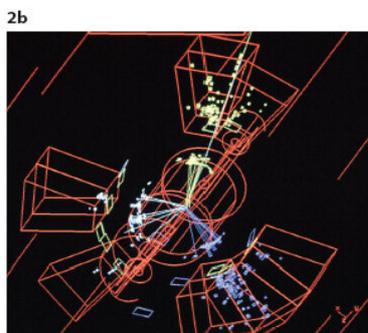
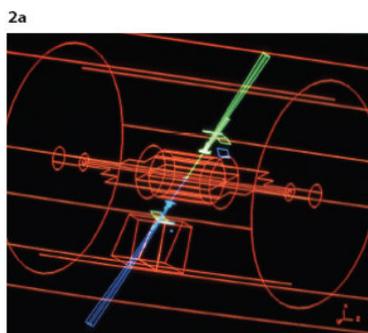
**Conceptual Jets** *These diagrams represent our conceptual model of the deep structure beneath jet production as it is observed. Electrons and positrons annihilate into “pure energy”*

*(a virtual photon, actually), which materializes into a quark-antiquark pair.*

*The quark and antiquark usually dress themselves with soft radiation, as described in the text, and we observe a two-jet event.*

*About 10% of the time, however, a hard gluon is radiated. Then quark, antiquark, and gluon all dress themselves with soft radiation, and we see three jets.*

*Figures 2c and 2d have been drawn to parallel the geometry of the observations shown in Figures 2a and 2b. (N.B. To keep things simple, I have not tried to maintain the full color scheme from Figure 1.)*



details of these 3-particle events, such as the probability for the photon to be emitted in different directions (the “antenna pattern”) and with different energy, we can check all aspects of our hypothesis for the underlying hub. This provides a wonderfully direct and incisive way to check the soundness of the basic conceptual building block from which we construct QED. We can then go on to address the extremely rare cases (.01%) where two photons get radiated, and so forth.

For future reference, let’s call this first class of outcomes “QED events.”

The other broad class of outcomes contains an entirely different class of particles, and is in manyways far more complicated. In these events the final state typically contains ten or more particles, selected from a menu of pions, rho mesons, protons and antiprotons, and many more. These are all particles that in other circumstances interact strongly with one another, and they are all constructed from quarks and gluons. Here, they make a smorgasbord of Greek and Latin alphabet soup. It’s such a mess that physicists have pretty much given up on trying to describe all the possibilities and their probabilities in detail.

**“It’s such a mess that  
physicists have pretty much  
given up on trying to describe  
all the possibilities and their  
probabilities in detail.”**

Fortunately, however, some simple patterns emerge if we change our focus from the individual particles to the overall flow of energy and momentum.

Most of the time—in about 90% of the cases—the particles emerge all moving in either one of two possible directions, opposite to one another. We say there are back-to-back jets. (Here, for once, the scientific jargon is both vivid and appropriate.) About 9% of the time, we find flows in three directions; about .9% of the time, four directions; and by then we’re left with a very small remainder of complicated events that are hard to analyze this way.

I’ll call the second broad class of outcomes “QCD events.” Representative 2-jet and 3-jet QCD events, as they are actually observed, are displayed in *Figure 2*. Now if you squint a little, you will find that the QED events and the QCD events begin to look quite similar. Indeed, the pattern of energy flow is qualitatively the same in both cases, that is, heavily concentrated in a few narrow jets. There are two main differences. One, relatively trivial, is that multiple jets are more common in QCD than in QED. The other is much more profound. It is that, of course, in the QED events the jets are just single particles, while in the QCD events the jets are sprays of several particles.

In 1973, while I was a graduate student working with David Gross at Princeton, I discovered the explanation of these phenomena. We took the attitude that the deep similarities between the observed basic behaviors of leptons (based on QED) and the strongly interacting particles might indicate that the strongly interacting particles are also ultimately described by a simple, rule-based theory, with sticks and hubs. In other words, we squinted.

To bring our simplified picture of the QCD events into harmony with the observations, we relied on a theoretical discovery I’ll describe momentarily, which we christened asymptotic freedom. (Please notice that our term is not “cute.”) Actually, our discovery of asymptotic freedom preceded these specific experiments, so we were able to predict the results of these experiments before they were performed.

As a historical matter, we discovered QCD and asymptotic freedom by trying to come to terms with the MIT-SLAC “scaling” experiments done at the Stanford Linear Collider in the late 1960s, for which Jerome Friedman, Henry Kendall, and Richard Taylor won the Nobel Prize in 1990. Since our analysis of the scaling experiments using QCD was (necessarily) more complicated and indirect, I’ve chosen to focus here on the later, but simpler to understand, experiments involving jets.

The basic concept of asymptotic freedom is that the probability for a fastmoving quark or gluon to radiate away some of its energy in the form of other quarks and gluons depends on whether this radiation is “hard” or “soft”. Hard radiation is radiation that involves a substantial deflection of the particle doing the radiating, while soft radiation is radiation that does not cause such a deflection. Thus hard radiation changes the flow of energy and momentum, while soft radiation merely distributes it among additional particles, all moving together. Asymptotic freedom says that hard radiation is rare, but soft radiation is common.

This distinction explains why on the one hand there are jets, and on the other hand why the jets are not single particles. A QCD event begins as the materialization of quark and antiquark, similar to how a QED event begins as the materialization of lepton-antilepton. They usually give us two jets, aligned along the original directions of the quark and antiquark, because only hard radiation can change the overall flow of energy and momentum significantly, and asymptotic freedom tells us hard radiation is rare.

When a hard radiation does occur, we have an extra jet! But we don’t see the original quarks or antiquarks, individually, because they are always accompanied by their soft radiation, which is common.

**“Just as for QED, such antenna patterns provide a wonderfully direct and incisive way to check the soundness of the basic conceptual building blocks from which we construct QCD.”**

By studying the antenna patterns of the multi-jet QCD events we can check all aspects of our hypotheses for the underlying hubs. Just as for QED, such antenna patterns provide a wonderfully direct and incisive way to check the soundness of the basic conceptual building blocks from which we construct QCD.

Through analysis of this and many other applications, physicists have acquired complete confidence in the fundamental correctness of QCD. By now experimenters use it routinely to design experiments searching for new phenomena, and they refer to what they’re doing as “calculating backgrounds” rather than “testing QCD”!

Many challenges remain, however, to make full use of the theory. The difficulty is always with the soft radiation. Such radiation is emitted very easily, and that makes it difficult to keep track of. You get a vast number of Feynman graphs, each with many attachments, and they get more and more difficult to enumerate, let alone calculate. That’s very unfortunate, because when we try to assemble a proton from quarks and gluons none of them can be moving very fast for very long (they’re supposed to be inside the proton, after all), so all their interactions involve soft radiation.

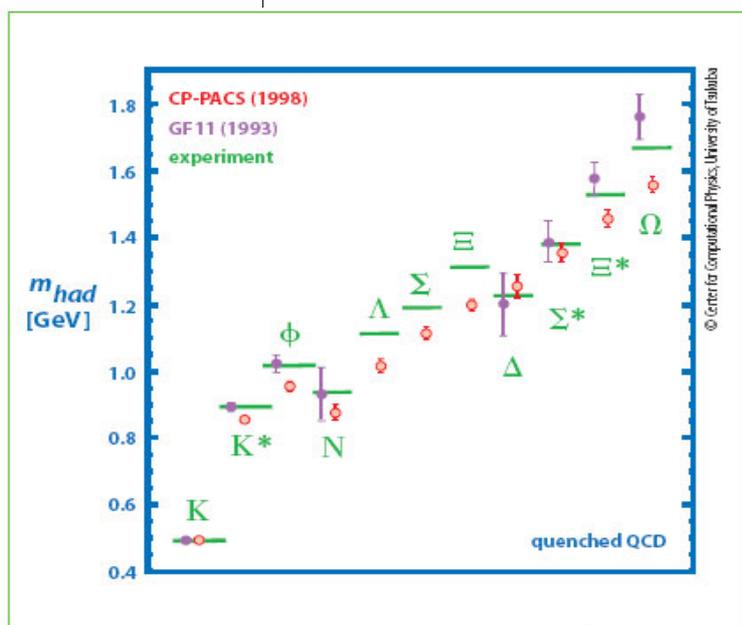
### Its from Bits (FIGURE 3)

This plot, taken from the CP-PACS collaboration, shows a comparison between the predictions of QCD and the masses of particles. The green level lines indicate observed values of particle masses, while the circles within intervals indicate

To meet this challenge, a radically different strategy is required. Instead of calculating the paths of quarks and gluons through space and time, using Feynman graphs, we let each segment of space-time keep track of how many quarks and gluons it contains. We then treat these segments as an assembly of interacting subsystems.

Actually in this context “we” means a collection of hard-working CPUs. Skillfully orchestrated, and working full time at teraflop speeds, they manage to produce quite a good account of the masses of protons and other strongly interacting particles, as you can see from *Figure 3*.

The equations of QCD, which we discovered and proved from very different considerations, survive this extremely intense usage quite well. There’s a big worldwide effort, at the frontiers of computer technology and human ingenuity, to do calculations like this more accurately, and to calculate more things.



computational results and their statistical uncertainties. The  $K$  meson is the left-most entry, while the proton and neutron are  $N$ . The calculations employ cutting-edge computer technology with massive parallelism, and even then some approximations must be introduced to make the computations feasible. These results are a remarkable embodiment of the vision that elements of reality can be reproduced by purely conceptual constructions—“Its from Bits”—because the underlying theory, based on profoundly symmetrical equations, contains very few adjustable parameters.

### The Ingredients of QCD, Lite and Full-Bodied

With the answer in hand, let’s examine what we’ve got. For our purposes it’s instructive to compare two versions of QCD, an idealized version I call QCD Lite, and the realistic Full-Bodied version. QCD Lite is cooked up from massless gluons, massless  $u$  and  $d$  quarks, and nothing else. (Now you can fully appreciate the wit of the name.) If we use this idealization as the basis for our calculation, we get the proton mass low by about 10%.

Full-Bodied QCD differs from QCD Lite in two ways. First, it contains four additional flavors of quarks. These do not appear directly in the proton, but they do have some effect as virtual particles. Second, it allows for non-zero masses of the  $u$  and  $d$  quarks.

The realistic value of these masses, though, turns out to be small, just a few percent of the proton mass. Each of these corrections changes the predicted mass of the proton by about 5%, as we pass from QCD Lite to Full-Bodied QCD. So we find that 90% of the proton (and neutron) mass, and therefore 90% of the mass of ordinary matter, emerges from an idealized theory whose ingredients are entirely massless.

### The Origin of (most) Mass

Now I’ve shown you the theory that describes quarks and gluons, and therefore has to account for most of the mass of matter. I’ve described some of the experiments that confirm the theory.

And I've displayed successful calculations of hadron masses, including the masses of protons and neutrons, using this theory.

In a sense, these calculations settle the question. They tell us the origin of (most) mass. But simply having a computer spit out the answer, after gigantic and totally opaque calculations, does not satisfy our hunger for understanding. It is particularly unsatisfactory in the present case, because the answer appears to be miraculous.

The computers construct for us massive particles using building blocks—quarks and gluons—that are themselves massless. The equations of QCD Lite output Mass without Mass, which sounds suspiciously like Something for Nothing. How did it happen?

The key, again, is asymptotic freedom. Previously, I discussed this phenomenon in terms of hard and soft radiation. Hard radiation is rare, soft radiation is common. There's another way of looking at it, mathematically equivalent, that is useful here. From the classical equations of QCD, one would expect a force field between quarks that falls off as the square of the distance, as in ordinary electromagnetism (Coulomb's law). Its enhanced coupling to soft radiation, however, means that when quantum mechanics is taken into account a "bare" color charge, inserted into empty space, will start to surround itself with a cloud of virtual color gluons.

These color gluons fields themselves carry color charge, so they are sources of additional soft radiation. The result is a self-catalyzing enhancement that leads to runaway growth. A small color charge, in isolation, builds up a big color thundercloud.

**“But simply having a computer  
spit out the answer, after  
gigantic and totally opaque  
calculations, does not satisfy  
our hunger for understanding.”**

All this structure costs energy, and theoretically the energy for a quark in isolation is infinite. That's why we never see individual quarks. Having only a finite amount of energy to work with, Nature always finds a way to short-circuit the ultimate thundercloud.

One way is to bring in an antiquark. If the antiquark could be placed right on top of the quark, their color charges would exactly cancel, and the thundercloud would never get started. There's also another more subtle way to cancel the color charge by bringing together three quarks, one of each color.

In practice these exact cancellations can't quite happen, however, because there's a competing effect. Quarks obey the rules of quantum mechanics. It is wrong to think of them simply as tiny particles, rather they are quantum-mechanical wavicles.

They are subject, in particular, to Heisenberg's uncertainty principle, which implies that if you try to pin down their position too precisely, their momentum will be wildly uncertain. To support the possibility of large momentum, they must acquire large energy. In other words, it takes work to pin quarks down. Wavicles want to spread out.

So there's a competition between two effects. To cancel the color charge completely, we'd like to put the quark and antiquark at precisely the same place; but they resist localization, so it's costly to do that.

This competition can result in a number of compromise solutions, together, but where the quark and antiquark (or three quarks) are brought close are not

perfectly coincident. Their distribution is described by quantum mechanical wave functions. Many different stable wave-patterns are possible, and each corresponds to a different kind of particle that you can observe. There are patterns for protons, neutrons, and for each entry in the whole Greek and Latin smorgasbord. Each pattern has some characteristic energy, because the color fields are not entirely cancelled particles and because the wavicles are somewhat localized. And that, through  $m=Ec^2$ , is the origin of mass.

A similar mechanism, though much simpler, works in atoms. Negatively charged electrons feel an attractive electric force from the positively charged nucleus, and from that point of view they'd like to snuggle right on top of it. Electrons are wavicles, though, and that inhibits them. The result, again, is a series of possible compromise solutions.

**“The wave patterns that describe  
protons, neutrons, and their  
relatives resemble the vibration  
patterns of musical instruments.”**

These are what we observe as the energy levels of the atom. When I give the talk on which this article is based, at this point I use Dean Dager's marvelous “Atom in a Box” program to show the lovely, almost sensuous patterns of undulating waves that describe the possible states of that simplest of atoms, hydrogen. I hope you will explore “Atom in a Box” for yourself. You can link to it at <http://www.dager.com>.

In its absence, I will substitute a classic metaphor. The wave patterns that describe protons, neutrons, and their relatives resemble the vibration patterns of musical instruments. In fact the mathematical equations that govern these superficially very different realms are quite similar.

Musical analogies go back to the prehistory of science. Pythagoras, partly inspired by his discovery that harmonious notes are sounded by strings whose lengths are in simple numerical ratios, proposed that “All things are Number.” Kepler spoke of the music of the spheres, and his longing to find their hidden harmonies sustained him through years of tedious calculations and failed guesses before he identified the true patterns of planetary motions.

Einstein, when he learned of Bohr's atomic model, called it “the highest form of musicality in the sphere of thought.” Yet Bohr's model, wonderful as it is, appears to us now as a very watered-down version of the true wave-mechanical atom; and the wave-mechanical proton is more intricate and symmetric by far!

I hope that some artist/nerd will rise to the challenge, and construct a “Proton in a Box” for us to play with and admire.

### **The World as Concept, Algorithm, and Number**

I will conclude with a few words concerning the broader significance of these developments for our picture of the world.

A major goal of theoretical physics is to describe the world with the greatest possible economy of concepts. For that reason alone, it is an important result that we can largely eliminate mass as an independent property that we are forced to introduce in order to describe matter accurately.

But there is more. The equations that describe the behavior of elementary particles become fundamentally simpler and more symmetric when the mass of the particles is zero. So eliminating mass enables us to bring more symmetry into the mathematical description of Nature.

**“Eliminating mass enables us  
to bring more symmetry into  
the mathematical description  
of Nature.”**

The understanding of the origin of mass that I’ve sketched for you here is the most perfect realization we have of Pythagoras’ inspiring vision that the world can be built up from concepts, algorithms, and numbers. Mass, a seemingly irreducible property of matter, and a byword for its resistance to change and sluggishness, turns out to reflect a harmonious interplay of symmetry, uncertainty, and energy. Using these concepts, and the algorithms they suggest, pure computation outputs the numerical values of the masses of particles we observe.

Still, as I’ve already mentioned, our understanding of the origin of mass is by no means complete. We have achieved a beautiful and profound understanding of the origin of *most* of the mass of ordinary matter, but not of *all* of it. The value of the electron mass, in particular, remains deeply mysterious even in our most advanced speculations about unification and string theory. And ordinary matter, we have recently learned, supplies only a small fraction of mass in the Universe as a whole. More beautiful and profound revelations surely await discovery. We continue to search for concepts and theories that will allow us to understand the origin of mass in all its forms, by unveiling more of Nature’s hidden symmetries.

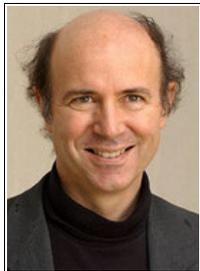
---

Frank Wilczek is considered one of the world’s most eminent theoretical physicists. He is known, among other things, for the discovery of asymptotic freedom, the development of quantum chromodynamics, the invention of axions, and the discovery and exploitation of new forms of quantum statistics (anyons).

When only 21 years old and a graduate student at Princeton University, in work with David Gross he defined the properties of color gluons, which hold atomic nuclei together. Presently his main obsessions are exotic superfluidities on the one hand and dark energy on the other. He suspects the two are connected. Professor Wilczek received his B.S. degree from the University of Chicago and his Ph.D. from Princeton University. He taught at Princeton from 1974 to 1981. During the period 1981 to 1988, he was the Chancellor Robert Huttenback Professor of Physics at the University of California at Santa Barbara, and the first permanent member of the National Science Foundation’s Institute for Theoretical Physics. In the fall of 2000, he moved from the Institute for Advanced Study, where he was the J.R. Oppenheimer Professor, to the Massachusetts Institute of Technology, where he is the Herman Feshbach Professor of Physics. He has been a Sloan Foundation Fellow (1975–77) and a MacArthur Foundation Fellow (1982–87). He has received UNESCO’s Dirac Medal, the American Physical Society’s Sakurai Prize, the Michelson Prize from Case Western University, and the Lorentz Medal of the Netherlands Academy for his contributions to the development of theoretical physics, and the Lilienfeld Prize for his writing.

He is a member of the National Academy of Sciences, the Netherlands Academy of Sciences, and the American Academy of Arts and Sciences. He is a Trustee of the University of Chicago, and an official

advisor to CERN and to Daedalus. He contributes regularly to Physics Today and to Nature, explaining topics at the frontiers of physics to wider scientific audiences.



Frank Wilczek  
Feshbach Professor of Physics  
**MIT** 6-305 (Massachusetts Institute of Technology)  
77 Massachusetts Ave.  
Cambridge, Mass. 02139  
wilczek@mit.edu  
[http://web.mit.edu/physics/facultyandstaff/faculty/frank\\_wilczek.html](http://web.mit.edu/physics/facultyandstaff/faculty/frank_wilczek.html)

A Tchê-Química Group irá traduzir o artigo do Professor Frank Wilczek e reeditá-lo em Português na sua próxima edição.

This article had its print authorized by the Professor Frank Wilczek himself, by e-mail:

Message-Id: <p06020400bc1fd843af34@[10.0.1.2]>

In-Reply-To: <002e01c3d3c5\$38965460\$165aafc8@user>

References: <002e01c3d3c5\$38965460\$165aafc8@user>

Date: Mon, 5 Jan 2004 22:17:48 -0500

Este artigo teve sua impressão autorizada pelo Professor Frank Wilczek em pessoa, por e-mail:

Message-Id: <p06020400bc1fd843af34@[10.0.1.2]>

In-Reply-To: <002e01c3d3c5\$38965460\$165aafc8@user>

References: <002e01c3d3c5\$38965460\$165aafc8@user>

Date: Mon, 5 Jan 2004 22:17:48 -0500

## **Catalisador automotivo: um grande aliado na diminuição de gases poluentes.**

**\* Eduardo Goldani**

<p>A partir da década de 50, pós Segunda Guerra Mundial, o Brasil participou de um grande processo de industrialização, sobretudo indústrias de automóveis que, atraídas pela mão de obra abundante e barata, bem como um mercado promissor e inexplorável, instalaram-se em grande quantidade no país, principalmente na região sudeste. Até então, outros meios de transporte eram os mais utilizados, como bondes e trens, ou seja, meios menos poluentes. Desde então, a quantidade de veículos transitando nas ruas das grandes cidades vem crescendo de maneira contínua não só no Brasil, mas também em outras cidades ao redor do mundo, sendo que hoje estima-se em mais de 500 milhões a frota de carros trafegando por ruas e avenidas dos cinco continentes. Este crescente número de veículos, aliado a uma forte concentração de indústrias manufactureiras, fez com que a quantidade de poluentes lançada diariamente na atmosfera atingisse valores muito grandes, comprometendo seriamente a</p>	<p>saúde das pessoas.</p> <p>Devido ao rápido movimento de seu meio fluido, a atmosfera tornou-se um dos mais convenientes lugares para o depósito de materiais indesejáveis, causando inúmeros problemas ambientais. Entre os principais, nos dias atuais, estão a chuva ácida e o efeito estufa. Este último é causado por gases quimicamente estáveis e inertes o suficiente para se acumularem na atmosfera, tais como o dióxido de carbono, o metano, os óxidos de nitrogênio e os compostos fluorcarbonados clorados. Um dos agentes que mais contribui para a poluição do ar é o automóvel. Em áreas urbanas, isso é facilmente observado pela fumaça fotoquímica ou <i>smog</i> fotoquímico, resultante da interação entre óxidos de nitrogênio, hidrocarbonetos e luz solar (raios ultravioleta), para formar produtos de oxidação, que causam irritação aos olhos, ao aparelho respiratório e danos às plantas.</p> <p>Os motores do ciclo Otto (motores a combustão presentes nos automóveis) geram na sua exaustão uma mistura</p>	<p>complexa de poluentes constituída de monóxido e dióxido de carbono, óxidos de nitrogênio, hidrocarbonetos e dióxido de enxofre, contribuindo diretamente para a fumaça fotoquímica e outras formas de poluição. A concentração destes compostos, acima de níveis aceitáveis, interfere diretamente na qualidade de vida dos habitantes das grandes cidades, pois estes poluentes afetam as vias respiratórias e, conseqüentemente, a saúde do indivíduo. A partir da década de 70, visando minimizar a presença desses poluentes na atmosfera, alguns países do primeiro mundo estabeleceram legislações restritivas às emissões de CO, NOx e hidrocarbonetos. Esse fato motivou o desenvolvimento do catalisador automotivo que, hoje em dia, está difundido mundialmente. Mas, afinal, o que é um catalisador automotivo? Trata-se de um dispositivo, localizado no sistema de escapamento, depois do coletor de gases de escape e próximo ao motor, para melhor aproveitar a temperatura decorrente da combustão, que apresenta como principal &gt;&gt;</p>
---	--	---

<p>função a conversão dos gases tóxicos gerados na combustão do motor - CO, NO<sub>x</sub> e hidrocarbonetos - em gases menos poluentes, como o CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub> e H<sub>2</sub>O<sub>(v)</sub>. Para converter os gases da queima, o catalisador realiza um série de reações químicas em seu interior que utiliza como suporte um material cerâmico (cordierita - (Mg,Fe)<sub>2</sub>Al<sub>4</sub>Si<sub>5</sub>O<sub>18</sub>·nH<sub>2</sub>O) em forma de colméia. Essa transformação dos gases nada tem a ver com filtro. Nesse suporte é depositado o material catalítico (onde ocorrerão as reações químicas), composto por alumina de alta área específica, sobre a qual são adicionados elementos ativos tais como a Platina (Pt), o Paládio (Pd), o Ródio (Rh) e</p>	<p>promotores, como o óxido de cério (CeO<sub>2</sub>), além de outros elementos, como o Níquel (Ni), o Zircônio (Zr), o Bário (Ba) e o Lantânio (La). Basicamente, o efeito catalítico destes catalisadores se deve aos metais nobres, auxiliados pelo CeO<sub>2</sub>. Os produtos desejados (dióxido de carbono, água e nitrogênio) são termodinamicamente favorecidos nas temperaturas típicas de exaustão (770K), por isso o catalisador está localizado perto do motor, para melhor aproveitar o calor por ele gerado e atingir a temperatura ideal em que se darão as reações.</p> <p>No Brasil, o controle dos gases gerados pelos automóveis teve início em 1997, com o</p>	<p>PROCONVE (Programa de Controle de Poluição do Ar por Veículos Automotores) em que os fabricantes foram obrigados a instalarem em todos os veículos saídos da fábrica o catalisador, com o intuito de reduzir a carga de poluentes lançada pelos carros. Programas como este, juntamente com outros ligados às mais diversas indústrias instaladas no Brasil, têm contribuído para que a qualidade do ar que respiramos sofra consideráveis melhoras nos últimos anos, trazendo menos prejuízos à saúde da nossa população. Como estaria a qualidade do ar das grandes cidades sem a presença dos catalisadores nos automóveis? É bom nem imaginar!</p> <p style="text-align: right;">.</p>
---	--	---

**\* Licenciado em Química pela PUCRS  
(eduardogoldani@yahoo.com)**

# PREPARO DE GELÉIA DE MAÇÃ: VARIÁVEIS E A QUALIDADE DO PRODUTO FINAL

GABRIEL RÜBENSAM\*, ADRIANA BARBOSA\*, CIBELE BATISTA\*, DANIELA VEIGA\*, RODRIGO BRAMBILLA\*, CLEYDI V. ANDRETTA†, TIZIANO DALLA ROSA†

(\*): Autores, (†): Orientadores.

## FAQUI, Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul

### Resumo

Neste estudo foram analisadas variáveis do processo de preparo da geléia de maçã como o pH, quantidade de pectina, palatabilidade, consistência e a variação do conteúdo fenólico entre o suco de maçã *in natura* e a sua geléia. Após o processamento das frutas, foram separados volumes iguais de suco em quatro recipientes diferentes (PA, A, P e Puro). No primeiro (PA), foram acrescentados sacarose comercial, ácido cítrico e pectina neutralizada, no segundo (A) sacarose comercial e ácido cítrico, no terceiro (P) sacarose comercial e pectina neutralizada e, no quarto (Puro), somente sacarose comercial. Quanto ao conteúdo fenólico (em equivalentes de ácido gálico) identificou-se 264 • g/mL em R1, 244,8 • g/mL em R2, 120 • g/mL em R3 e 236,5 • g/mL em R4 após cocção por 20 minutos a 95 °C e, para o suco *in natura*, 283,2 • g/mL. Após a cocção e resfriamento das geléias, observou-se consistência crescente na forma PA>P=puro>A e melhor palatabilidade na forma puro>PA>P>>A.

**Palavras-chave:** Geléia de maçã, fenólicos totais.

<p><b>1. INTRODUÇÃO</b></p> <p>O preparo dos alimentos é uma prática que acompanha o homem desde os tempos mais remotos. O seu significado na forma mais concisa é de tornar determinados nutrientes disponíveis ao nosso organismo e de preservá-los, entre outros.</p> <p>Com o passar dos tempos, foram sendo descobertas variações dos preparos alimentícios e também de substâncias conservantes, gerando uma grande área de atuação para o setor químico. Esta evolução se deu numa forma</p>	<p>desordenada e a qualidade dos produtos finais decaiu.</p> <p>Avanços de tecnologia dos alimentos vêm sendo demonstrados em inúmeras referências por estudos realizados ao longo das últimas décadas. A atuação das novas pesquisas na indústria alimentícia teve como precedente a boa qualidade dos produtos alimentícios, quanto à integridade dos seus valores nutricionais, e a boa aparência. Uma maior importância vem sendo atribuída aos resultados de tais avanços devido à intrínseca relação da alimentação ao bem-estar huma-</p>	<p>no, além dos sabidos efeitos da reposição das vitaminas, proteínas, sais minerais, entre outros, para a manutenção bioquímica dos organismos. Para tanto, deve-se trabalhar com fatores representativos tanto da qualidade do substrato como da qualidade do produto final.</p> <p>Da qualidade do produto na forma <i>in natura</i>, obtemos os parâmetros necessários para a determinação da qualidade do produto industrializado ou processado. Estes parâmetros, atualmente, vêm sendo apresentados na forma de equivalentes de &gt;&gt;</p>
---	--	---

<p>substâncias (conteúdo químico) que sejam inferidas como protetoras de doenças no homem, como câncer, doenças cardiovasculares, cataratas e disfunções cerebrais, por exemplo, causadas por deficiências de nutrientes requeridos para a proteção do DNA [Ames, 2001]. Este é o caso para os polifenóis presentes na maçã.</p> <p>Os polifenóis são parte de uma classe bioquímica de substâncias com alto poder seqüestrador de radicais livres e de compostos oxidantes com funções características de antimutagenicidade [Ferguson, 2001; Kähkönen, 1999] e que têm grande interesse industrial, já que retarda a degradação oxidativa dos lipídios e contribui para aumento do valor nutricional dos alimentos. São polifenóis as substâncias provenientes de metabolização secundária dos vegetais que contém mais de um grupo fenólico. Dentro do grupo dos polifenóis, há uma predominância dos flavonóides, compostos de estrutura química característica (isoflavona) que diferem entre si por variações nas posições das hidroxilas e de certas funções químicas. Entre estes, a quercetina, as antocianinas e as isoflavonas, estão presentes.</p> <p>Apesar dos polifenóis apresentarem uma elevada gama de substâncias, e algumas delas, de</p>	<p>elevada massa molecular (como os taninos), a quantificação é extremamente viável. Isto porque os polifenóis, na presença do reagente Folin-Ciocalteu, oxidam o molibdênio e o tungstênio presentes, levando-os a um estado onde absorvam energia na gama visível, tornando a mistura azulada. Assim, por espectrofotometria, ou determinação colorimétrica, a quantificação é realizada em equivalentes de ácido gálico [IKAWA, 2003].</p> <p>O parâmetro da boa aparência dos produtos industrializados, como as geléias, é muito subjetivo e depende da região a ser comercializado. Porém, há uma maior aprovação para as geléias que apresentam maior consistência (ou resistência ao corte), menor coloração (ou coloração suave) e que não formem separação entre as fases de constituição. Para tanto, deve-se partir de frutas de boa qualidade. Este parâmetro está relacionado com a composição da geléia.</p> <p>As geléias são equivocadamente apontadas como um produto contendo polpas de frutas e cascas em suspensão que, na verdade, constituem os geleados e os polpados. Uma geléia deve ser livre de suspensão grosseira e composta por três substâncias essenciais: pectina, açúcar e ácido. Variações nas concentrações destas substâncias afetam</p>	<p>diretamente sobre a aparência do produto e uma razão deve ser definida como padrão para que se tenha um composto de característica definida, que não apresente variações. Muita importância deve ser dada aos parâmetros físico-químicos durante o preparo da geléia, como o controle do pH, tempo e temperatura, formação do colóide e aos parâmetros de agitação durante o preparo e a inversão do açúcar.</p> <p><b>2. OBJETIVOS</b></p> <p>No intuito de investigar algumas variáveis determinantes da qualidade da geléia de maçã, este trabalho propôs a apresentação de metodologia não muito comum à produção industrial, como a determinação do conteúdo de fenólicos totais, além do controle da produção no preparo da geléia em diferentes condições de pH, tempo de preparo e da adição ou não de pectina e ácido cítrico.</p> <p><b>3. MATERIAIS E METODOLOGIA</b></p> <p><b>3.1 REAGENTES</b></p> <p>Para o preparo das geléias, utilizou-se ácido cítrico (NUCLEAR), Glucose comercial, pectina comercial (reconstituída por ácido cítrico) e bicarbonato de sódio (REAGEN).</p> <p>Como o descrito por Ikawa e colaboradores (IKAWA e col., 1988), para uma mistura de volume final de 6 mL, foram adicionados 0,1 mL de &gt;&gt;</p>
<p>Periódico Tchê Química, Porto Alegre: Tchê-Química Group v. 1, n.1, jan. 2004</p>		<p>32</p>

amostra, 0,5 mL de carbonato de sódio a 20% e 0,25 mL de reagente Folin-Cicalteu 1N (Fisher Scientific Co. Pittsburg, PA).

### 3.1 Preparo das amostras

Para o preparo das amostras de geléia de maçã, foram utilizadas maçãs sazonais de boa aparência e sem perfurações. Das maçãs, obteve-se suco por trituração da fruta. Mediram-se 250 mL para cada amostra e, a eles, foram adicionados 200 g de açúcar comercial e 200mL de água.

Obtiveram-se, então quatro frações iguais destas misturas, sendo identificadas como se segue: puro (somente a mistura citada), PA (adição de pectina e ácido cítrico) A (somente com a adição de ácido cítrico) e P (somente com a adição da pectina).

Por dispormos somente de pectina misturada com ácido cítrico, se fez necessária a adição de bicarbonato de sódio para

neutralizar a acidez do ácido cítrico. Tomou-se o cuidado de acertar o pH das misturas tendo como parâmetro à mistura "pura". Após a adição das demais substâncias nas referidas amostras, mediu-se novamente o pH, sendo ele anotado.

Sob aquecimento (95 °C), o primeiro experimento teve o tempo controlado a partir da colocação das amostras sob aquecimento e, após terem passados 25 minutos, as amostras foram descansadas cuidadosamente sobre superfície plana, para que não houvesse o rompimento da formação do estado gel.

O segundo experimento sofreu o mesmo procedimento, porém, houve um incremento no tempo, passando a ser controlado os 25 minutos de cozimento a partir da primeira fervura das misturas.

### 3.2 Medições Instrumentais

Após o descanso das amostras, cerca de 7 dias sob refrigeração a 4°C, foram anali-

sados o pH e o conteúdo de fenólicos totais de todas as amostras, incluindo uma alíquota de cada suco de maçã utilizado.

Posterior a isto, aplicou-se a identificação dos fenólicos totais.

Com um espectrofotômetro Micronal, foram realizadas análises das amostras de geléias e sucos de maçã, segundo processo descrito por LOWRY em 1951.

Todas as amostras foram cuidadosamente preparadas, assim como as diluições das soluções-padrão de ácido gálico. Uma curva de trabalho foi obtida e, após a medição dos valores de absorção das amostras testadas, jogou-se os resultados contra a curva de trabalho e obteve-se a concentração do conteúdo de fenólicos totais em equivalentes de ácido gálico para todas as amostras.

Parâmetros muito subjetivos também foram adotados neste estudo. A palatabilidade, a sensibilidade ao corte e as propriedades ópticas complementaram o presente estudo.

>>

## 4. RESULTADOS

### 4.1 pH

As medições de pH após o cozimento das geléias estão apresentados na tabela 1, a seguir.

Tabela 1: Resultados das medições de pH.

Experimento 1			Experimento 2		
Amostra	pH pré -cocção	pH pós-cocção	Amostra	pH pré -cocção	pH pós-cocção
Puro	4,5	4,0	Puro	4,0	4,0
PA	3,5	3,5	PA	4,0-4,5	4,0
P	4,5	4,5	P	4,5-5,0	4,5
A	2,5	2,5	A	2,0-3,0	2,5

#### 4.2 Determinação de Folin para ácido gálico

O gráfico 1 apresenta a curva de trabalho utilizada nas medições de fenólicos total.

Figura 1: Curva de trabalho em equivalentes de ácido gálico

Assim, pode-se obter os resultados para as amostras analisadas. Os resultados estão apresentados na tabela 2, a seguir.

Tabela 2: Resultados das análises de Fenólicos totais em eq. ác. Gálico.

Amostras	Experimento 1 (• g/mL)	Experimento 2 (• g/mL)	Variância
maçã	56,6	65,5	39,605
puro	47,4	17,1	459,045
A	49,0	15,0	578
PA	52,8	17,6	619,52
P	24,0	14,6	44,18

Após a cocção e resfriamento das geléias, observou-se consistência crescente na forma PA>P=puro>A e melhor palatabilidade na forma puro>PA>P>>A.

#### 5. CONCLUSÃO E DISCUSSÃO

Pela análise dos resultados obtidos pudemos ter concluído, ao final deste estudo, que mesmo alterando o tempo de cozimento das amostras, o comportamento do conteúdo de fenólicos totais permaneceu o mesmo, sendo a amostra que continha pectina combinada com ácido cítrico a que permaneceu com maior quanti-

dade destas substâncias.

Observou-se também que a diminuição o conteúdo de fenólicos baixou proporcionalmente para todas as amostras, com maior efeito para as amostras de maior tempo de cocção.

Concluimos que a adição de pectina tem validade somente para condições específicas de preparo de geléias, respondendo

à relação da sua ação geleificante com o pH da amostra.

Por fim, discutiu-se a interessante relação entre a sua quantidade e a quantidade de fenólicos totais, determinando uma possível atividade que inibe a degradação dos fenólicos. Este efeito pode ter sido contribuído pela diferença de pH das amostras.

#### 6. REFERÊNCIAS

1. AMES, N. B., **DNA damage from micronutrient deficiencies is likely to be a major cause of cancer**, Mut. Res. 475 (2001) 7-20;
2. AMES, N. B., Shigenega M. K., Hagen, T. M. **Oxidants, antioxidants and the degenerative diseases of aging**, Proc. Natl. Acad. Sci. USA 90 (1993) 7915-7922;
3. CAVALCANTE, A. A. M., Rübensam, G., Picada, J. N., da Silva, E. G., Moreira, J. C. F., Henriques, J. A. P., **Mutagenicity, antioxidant potential and antimutagenic activity against hydrogen peroxide of cashew (*Anacardium occidentale*) apple juice and Cajuina**, Environmental and Molecular Mutagenesis 41:5 (2003) 360-369;
4. FERGUSON, L. R., **Antimutagens as câncer chemopreventive agents in the diet**, Mutat. Res.

307 (1994) 395-410;

5. IKAWA, M., Schaper, T. D., Sasner, J. J., ***Utilization of Folin-Cicalteu phenol reagent for the detection of certain nitrogen compounds***, Agric. And Food Chem. 51 (2003) 1811-1815;
6. IKAWA, M., Dollard, C. A., Schaper, T. D., ***Reaction of Folin-Cicalteu phenol reagent with purines, pyrimidines and pteridinas and its relationship with struture***, J. Agic. Chem. 36 (1988) 309-311.

# REVISÃO EM GEOQUÍMICA E ECOTOXICOLOGIA DOS METAIS CHUMBO, COBRE, CROMO E ZINCO

Por GABRIEL RÜBENSAM

## 1. Introdução

A presença dos metais no meio ambiente tem sido relacionada aos processos evolutivos do homem e da natureza. Sua influência sobre os mecanismos bioquímicos nos organismos vem sendo comprovada por inúmeras pesquisas nos últimos anos. Porém, devido às influências das atividades antropogênicas a presença de importantes quantidades de metais vem sendo encontrada principalmente nas regiões próximas às indústrias de manufatura de metais, ocasionando uma alteração geoquímica local, agravada pelos fatores naturais como as precipitações pluviais, contaminando todos os níveis da cadeia trófica da região.

Os efeitos do aumento da quantidade destes metais têm sido, em geral, a indução de quadros cancerígenos na população devido ao consumo de substâncias contaminadas por metais, como vegetais e águas. O fator-chave das contaminações pelos metais está diretamente relacionado com as suas propriedades físico-químicas e as formas como estes migram nas distintas geosferas.

No entanto, se torna necessária a identificação do metal e dos seus compostos, o conhecimento das suas propriedades físico-químicas, sua ocorrência, uso e fontes de exposição, bem como o conhecimento da distribuição e transformação do elemento no meio ambiente. Alguns dados se tornam complementares quando associados aos efeitos sobre a saúde humana, como a sua toxicocinética e toxicodinâmica, possibilitando uma completa avaliação dos riscos à saúde humana e ao meio ambiente.

## 2. Características dos Metais e Seus Compostos

Todos os metais apresentam propriedades físicas características como as de serem bons condutores de eletricidade e calor, lustrosos e altamente refletores, maleáveis e dúcteis, possuem estruturas cristalinas que são quase sempre de empacotamento cúbico denso, hexagonal denso, ou cúbico de corpo centrado. Facilmente formam ligas.

A boa condutibilidade elétrica é devida ao número de elétrons presentes no nível mais

externo e à presença de orbitais vagos. Este é um fator importante e que também explica a mobilidade dos metais nas deposições em sedimentos.

### 2.1. Chumbo

#### 2.1.1. Propriedades e Ocorrências

Metal de peso molecular 207,19 g/mol, de cor cinza-azulada, inodoro, maleável, sensível ao ar. Possui quatro isótopos de ocorrência natural:  $^{204}\text{Pb}$  (1,4%),  $^{206}\text{Pb}$  (24,1%),  $^{207}\text{Pb}$

(22,1%) e  $^{208}\text{Pb}$  (52,4%), podendo diferir para cada fonte mineral. Contudo, a sua principal forma é o minério galena,  $\text{PbS}$  (sulfeto de chumbo), sendo encontrado principalmente na Rússia (17%), Austrália (14%), EUA (10%), Canadá (9%) e Peru, México e China (6% cada). Além deste mineral, existem muitas outras formas naturais de chumbo, como as que são apresentadas na tabela 1, juntamente com as principais propriedades físico-químicas.

>>

Tabela 1: Principais propriedades físico-químicas do chumbo e alguns sais

PROPRIEDADE	Chumbo	Acetato	Carbonato	Sulfato	Sulfeto	Monóxido	Dióxido	Tetraetil
<b>Fórmula Molecular</b>	Pb	PbC <sub>4</sub> H <sub>6</sub> O <sub>4</sub>	PbCO <sub>3</sub>	PbSO <sub>4</sub>	PbS	PbO	PbO <sub>2</sub>	C <sub>8</sub> H <sub>20</sub> Pb
<b>Peso Molecular</b>	207,19	325,28	267,20	303,25	239,25	223,19	239,19	232,45
<b>Ponto de Ebulição (°C)</b>	1740	-	-	-	281	1470	-	200 (227,7 decompõe-se)
<b>Ponto de Fusão</b>	327,50	280	315 (decompõe-se)	1170	1114	888	290 (decompõe-se)	-130
<b>Reatividade</b>	Materiais oxidantes, peróxidos, carbeto, azida, fluoretos, Zr e NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub>	Explosivo com KbrO <sub>3</sub> , inerte com ácidos, álcalis, sulfatos sol., fosfatos, AS. e sulfitos	Adsorvente matricial	Adsorvente matricial	Oxigênio a alta temperatura	Sulfetos em condições extremas	Inerte com carbeto de alumínio, sulfeto de bário, hidroxilamina, moloibdênio, fenilidrazina e fósforo	-
<b>Solubilidade* (g/L)</b>	Insolúvel	443	0,0011	Pouco solúvel	Insolúvel	Insolúvel	Insolúvel	0,00029

FONTE: ATSDR, 1993; NTP, 2001; WHO, 1995, (\*): temperatura ambiente

O Pb é relativamente abundante na crosta terrestre, tendo uma concentração média de até 20 ppm (p/p), proveniente em grande parte de intemperismos geoquímicos e emissões vulcânica. Ocorre também em vegetais, devido a sua presença nos solos. Há uma boa relação entre as quantidades absorvidas pelos vegetais e as quantidades existentes nos solos e águas quando as concentrações do chumbo se encontram em nível muito baixos. Quanto a sua concentração média natural em águas superficiais, estimou-se ter cerca de 20 ppb

(p/v), variando até 300 ppb (p/v) para as águas subterrâneas, dependendo da composição do solo subaquático (CRA, 2001).

Caracteristicamente, o chumbo mineral, ou inorgânico, se apresenta nos estados de oxidação +II e +IV, predominando o estado +II. Em compostos orgânicos, seus estados variam de acordo com a complexação da substância.

### 2.1.2. Beneficiamento e Aplicações

O beneficiamento de chumbo nos últimos anos ocorreu em

grande parte nos Estados Unidos, China e Alemanha, chegando a uma produção de mais de 6 milhões de toneladas (DNPM, 2000), já o Brasil teve uma produção de 0,63% da produção mundial, referindo-se exclusivamente à recuperação do metal de sucatas e rejeitos. Isto não supriu a necessidade comercial do metal e a sua importação (chumbo primário) alcançou, no ano de 2000, 56 mil toneladas (CRA, 2001).

Ultimamente, o Brasil vem diminuindo as quantidades de importação do metal, seguindo >>

<p>a sua baixa procura provocada pela implantação de rigorosas leis ambientais. Em 1999, o Brasil atingiu uma quantidade 6,54% inferior aquela registrada no ano anterior. No entanto, no mesmo período, houve um aumento de procura, na Europa, entorno de 3,1%, atingindo cerca de 6,5 milhões de toneladas em 2000 (CRA,2001).</p> <p>A forma de produção de chumbo elementar compreende o</p>	<p>método de oxidação/redução a partir do minério galena, que possui entorno de 8% de chumbo. O minério é extraído, passando por processos de britagem e, logo após é moído. O PbS é oxidado por aquecimento e passagem de ar. Depois de algum tempo o fornecimento de ar é interrompido, continuando o aquecimento, fazendo com que ocorra a auto-redução do metal. Dessa forma se obtém chumbo</p>	<p>contaminado por outros metais, como o zinco, cobre, ouro, prata, entre outros. Sua purificação é feita através de resfriamento ao seu ponto de congelamento, onde há, antes, o congelamento dos seus contaminantes (LEE, 1991). As reações e os compostos tóxicos do processo de beneficiamento de chumbo estão apresentados na tabela 2.</p>
---	--	--

Tabela 2: Reações durante a fundição do chumbo e exposição ocupacional

OPERAÇÃO	Finalidade	Equipamentos	Reações	Exposição Ocupacional
Sinterização	Converter sulfetos em óxidos e sulfatos	Máquina de sinterizar	$2PbS + 3O_2 \cdot$ $2PbO + 2SO_2$	$SO_2$ (0-6,5% no fluxo) poeira contendo Pb (20-65%)
Fundição (redução)	Remove as impurezas, reduz componentes do Pb contendo 98% de Pb e escória	Alto-forno (1000° C) de chumbo	$2PbO + 2C \cdot 2Pb$ $+ 2CO$ $PbO + CO \cdot Pb +$ $CO_2$	$CO$ (2%), $SO_2$ (0,01-0,25%), poeira de silício, poeira de Pb, outros óxidos metálicos
Drossagem	Remoção de Cu, S, As, Sb e Ni da solução	Painéis de drossagem	várias	Impurezas na barra: Cu, Sn, Bi, As, CdO, Sb, CO, $SO_2$ e poeira de Pb

FONTE: BURGUESS,1995

<p>O chumbo pode ser comercializado na forma de metal, puro (40%) ou em ligas (25%), ou como compostos químicos (35%) (ATSDR, 1995 e CRA, 2001). Na forma metálica, é utilizado em lâminas e tubulações em função da sua resistência à corrosão. É utilizado, na forma de ligas, em revestimentos isolantes de materiais radioativos e em soldas. Como compostos químicos, na</p>	<p>forma de óxidos, é utilizado nas placas de baterias (PbO e <math>2PbO.PbO_2</math>), como agentes componentes na manufatura da borracha (PbO), como ingrediente nas tintas (<math>Pb_3O_4</math>) e como constituintes do vidro, na produção de vidros finos.</p> <p>Nas formas de carbonato e sulfato, é constituinte de pigmentos brancos e, como cromato, pigmentos laranja, amarelo,</p>	<p>vermelho e verde em tintas. Ainda pode ser utilizado como defensivo agrícola, na forma de arseniato, e, chumbo tetraetila, como aditivo antidetonante da gasolina em determinados países.</p> <p><b>2.1.3. Fontes e Formas de Contaminação Ambiental</b></p> <p>A contaminação com chumbo abrange o ar, a água e o solo. No ar, o maior volume de substâncias contendo &gt;&gt;</p>
---	---	--

<p>chumbo resulta da liberação de processos industriais e, até pouco tempo atrás, da liberação de descargas automotivas pela presença de aditivos antidetonantes na gasolina, como o chumbo tetraetila (atualmente em extinção). Existem duas formas de transição aérea de chumbo, a particulada inorgânica, com cerca de 90% em peso das emissões, e a forma de vapores orgânicos, geralmente encontrados em ambientes confinados de trabalho (CRA, 2001). A tabela 3 indica as emissões globais estimadas de chumbo na atmosfera em 1983.</p> <p>Neste ano (1983), havia uma grande liberação de chumbo na atmosfera resultante da liberação do chumbo tetraetila pela queima da gasolina. Hoje em dia, estudos mostram que houve uma sensível alteração das quantidades de chumbo liberadas na atmosfera em função da drástica redução do teor deste metal na gasolina em muitos países, e a eliminação em outros. As formas como o chumbo se apresenta na atmosfera podem ser removidas facilmente para</p>	<p>superfícies ambientais por deposição seca ou úmida. Geralmente, ocorrem deposições por precipitações úmidas, correspondendo a uma razão anual de <math>0,18 \cdot 10^{-6}</math> (valor adimensional) (CRA, 2001). Na precipitação seca se tem como principal fator o tamanho da partícula.</p> <p>Partículas de diâmetros superiores a <math>2 \cdot \mu\text{m}</math> tendem a precipitarem antes que alcancem longas distâncias, ao contrário das partículas menores. Dependendo da região e o respectivo tipo de clima, estas partículas podem chegar até 0,5 cm/s, como aponta estudo realizado na Suécia. Assim, cerca de 410000 t/ano de chumbo particulado são depositados por via seca e úmida no planeta. Este é um resultado apresentado pela EPA americana, levando-se em conta a concentração atmosférica global do chumbo, as velocidades dos ventos e a área de superfície atingida.</p> <p>Na água, como lagos, rios e oceanos, o chumbo depositado é proveniente da atmosfera ou do escoamento superficial do solo,</p>	<p>resultantes tanto da forma natural como das atividades antropogênicas. O metal em suspensão na água geralmente está adsorvido em substâncias inorgânicas, ou orgânicas e nos sedimentos, dividindo-se em duas fases a depender das características físico-químicas da água, como pH e dureza (quantidade cálcio e magnésio neste meio). O que se encontra nas análises de amostras de água, são estados de adsorção total do chumbo em partículas orgânicas complexantes (presente por motivos antropogênicos), como o EDTA (quelante), e estados salinos (em menor quantidade) como carbonatos e sulfatos, de concentrações limitadas em pH ácido. Suas concentrações variam de <math>30 \cdot \text{g/L}</math>, para águas duras, e <math>500 \cdot \text{g/L}</math>, para águas moles. Grande parte do chumbo presente e carregado pelas águas dos rios tem sido encontrada nas formas de colóides insolúveis, como os óxido e hidróxidos de chumbo, também sendo apresentada em grande quantidade nas regiões mais industrializadas.</p> <p style="text-align: right;">&gt;&gt;</p>
---	--	--

Tabela 3: Emissão mundial de chumbo na atmosfera no ano de 1983.

CATEGORIA DA FONTE	TAXA DE EMISSÃO (t/ano)
<b>Combustão do carvão:</b>	
Utensílios elétricos	775-4650
Doméstica e industrial	990-9900
<b>Combustão do Petróleo:</b>	
Utensílios elétricos	252-1740
Doméstica e industrial	716-2150
<b>Produção de metais não-ferrosos:</b>	
Mineração	1700-3400
Produção de Cu-Ni	11050-22100
Produto do chumbo	11700-31200
Produção de Zn-Cd	5520-11500
Produção secundária de metais não-ferrosos	90-1440
Fabricação do ferro e aço	1065-14200
<b>Incineração:</b>	
Municipal	1400-2800
Resíduos de esgoto	240-300
Fertilizantes de fosfatos	550274
Produção de cimentos	18-14240
Combustão da madeira	1200-3000
Fontes móveis	248030
Fontes mistas	3900-5100
Emissão total	288700-376000
Valor médio	332350

FONTE: THORNTON. 1995 (modificado).

Estudos vêm indicando que, no Brasil, apesar da baixa atividade produtora de chumbo, uma importante quantidade de rios está contaminada. Desde as regiões de extração mineral, como as jazidas de ferro de Ouro Branco (Minas Gerais), até as regiões de atividades agrícolas e industriais do Vale dos Sinos (Rio Grande do Sul), foram encontradas em vários pontos de análise (águas superficiais) concentrações máximas de

0,15 a 25 ppm (p/v) em chumbo. (Vargas, 2001, CRA, 2001)

No solo, em áreas próximas às indústrias, a quantidade de chumbo se apresenta, em muitos casos, 3000 vezes superior à quantidade encontrada nas regiões de controle (30 ppm).

A forma que ocorre a deposição deste metal no solo depende das propriedades físico-químicas do solo. Muitas vezes o chumbo inorgânico é depositado

nas matrizes das rochas e a sua mobilidade se torna estática. A composição do solo faz com que o chumbo tenha uma mobilidade característica, ou seja, quando compostos orgânicos quelantes, como os ácidos úmidos (naturais), bem como material argiloso (barreiras físicas), estão presente no meio, haverá uma maior retenção de chumbo no local e a sua mobilidade praticamente

>>

<p>inexiste. Dependendo do pH do meio, pode ocorrer o processo de lixiviação com a formação de sulfatos (mais solúvel) de chumbo. Em pH menor que 5, há a disponibilidade de chumbo solúvel e sua presença é identificada em camadas superficiais, cerca de 2-5 cm, e a sua absorção por vegetais aumenta. (MUNDELL, et al., 1989)</p> <p>Alguns municípios brasileiros apresentaram altos níveis de chumbo no solo. No Vale do Ribeira (Adrianópolis, PR), foram analisadas amostras de coletas realizadas próximas a uma refinaria desativada de chumbo que apresentaram resultados entre 117 a 6400 ppm (p/p) em chumbo.</p> <p>Entretanto, a elevada presença de chumbo, principalmente na forma iônica (<math>Pb^{2+}</math>, forma bioviável), tem sido identificada não só em vegetais, mas também em microorganismos resultante do efeito da bioacumulação.</p> <p>A interferência do chumbo bioviável (<math>Pb^{2+}</math>) num organismo é grande, pois possui grande afinidade por proteínas que tenham como co-fatores protéicos, zinco e cálcio. Foram constatados diversos casos de problemas neurológicos e câncer em crianças que tiveram exposições crônicas, como alimentação a partir de produtos contendo chumbo na forma mais tóxica, a de sal (existentes em vegetais, água e carnes)</p>	<p>(GODWIN, 2001).</p> <p>A maioria dos acidentes com chumbo, relatada na literatura, ocorreu durante o transporte de compostos derivados, como o chumbo tetraetila. Mas, também há referências de contaminações por exposições ocupacionais.</p> <p>No Período de 1994 a 1997, de um total de 1369 atendimentos de acidentes com chumbo, provenientes de seis centros de controle de intoxicação, 1,1% dos casos foram acidentes com crianças (até 12 anos), outros 35,9% por intoxicação ocupacional. No Centro de Informações Toxicológicas do Rio Grande do Sul, dos 57 casos de acidentes por chumbo atendidos no período de 1995 2000, 5,2% ocorreram com crianças de 1 a 4 anos, outros 64%, por intoxicação ocupacional.(CRA, 2001).</p> <p><b>2.1.4. Monitoramento e Padrões</b></p> <p>As formas tóxicas do chumbo são os tetraetil e tetraetil compostos, seguidos pelo íon de chumbo tetravalente e o íon de chumbo bivalente (sais de chumbo). Estudos apontaram que a forma tetraetil é mais rapidamente absorvida por peixes e microorganismos, sendo acumulado nas brânquias, fígado, rins e ossos do peixe e na parede celular dos microorganismos.</p> <p>Nos vegetais, as determinações de chumbo são difíceis,</p>	<p>principalmente porque muitos deles são tratados com adubos a base de sais de chumbo. Outro fator marcante nas determinações de chumbo em plantas é a fácil precipitação das formas salinas do metal que ocorrem dependendo das condições do meio como pH, dureza da água e salinidade. Esta característica faz com que a disponibilidade do metal nos vegetais seja drasticamente reduzida. Porém, determinações de altas concentrações de chumbo em vegetais pode representar más condições das águas de abastecimento, do solo e a falta de controle da adição de defensivos agrícolas.</p> <p>Em Montevideo, no Uruguai, para avaliar a extensão da contaminação por chumbo na área urbana, foram obtidas plumbemias de cães. A média encontrada foi igual a 15,5 • g/dL, mais alta do que as obtidas em crianças (9,5 • g/dL), no mesmo estudo. Devido aos seus hábitos inerentes a alta susceptibilidade ao chumbo, os cães podem ser usados como marcadores da bioacumulação do metal na avaliação do risco ambiental (MAÑAY et al., 1999 e CRA, 2001).</p> <p>Atualmente, existem várias formas de monitoramento de chumbo em organismos.</p> <p>No homem, o chumbo é determinado através da análise do sangue, urina, fezes, tecidos e ossos por &gt;&gt;</p>
<p>Periódico Tchê Química, Porto Alegre: Tchê-Química Group v. 1, n.1, jan. 2004 <span style="float: right;">41</span></p>		

<p>espectrofotometria de fluorescência atômica, espectrofotometria de absorção atômica e forno de grafite e fluorescência por raios-X.</p> <p>No meio ambiente, o monitoramento se dá, além das quantificações acima citadas, através das determinações bioquímicas, verificando-se o efeito global do metal num determinado meio. Estas determinações consistem em ensaios com microorganismos geneticamente modificados para serem mais sensíveis aos efeitos do analito, como o que acontece em ensaios de mutagenicidade em <i>Salmonella typhimurium</i> para o teste de Ames.</p> <p>Existem níveis de quantidade de chumbo em ar, solo e água que, em longo prazo, não apresentaram danos ambientais e ao homem e que se tornaram referência de quantidades limites na implantação de padrões de qualidade ambientais por diversas agências governamentais.</p> <p>São padrões de qualidade do ar as concentrações de poluentes atmosféricos que, ultrapassadas, poderão afetar a saúde, a segurança e o bem-estar da população (padrão primário), bem como ocasionar danos à flora e à fauna, aos materiais e ao meio ambiente em geral (padrão secundário).</p> <p>Nos Estados Unidos, por exemplo, o <i>Ambient Air Quality</i></p>	<p><i>Standarts</i>, estabeleceu o valor padrão para concentrações de chumbo no ar em <math>1,5 \cdot \text{g/m}^3</math> para padrões primários e secundários. De modo geral, observa-se uma tendência à diminuição para este valor em diversos países, como no Canadá, Alemanha, Noruega e Reino Unido. (WHO, 1995 &amp; CRA, 2001)</p> <p>No solo, as concentrações aumentam e chagam a valores de <math>500 \cdot \text{g/g}</math> (nos Estados Unidos) em função da maior afinidade das formas de chumbo por este meio.</p> <p>No Brasil, segundo a resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) Nº 20, de 18 de junho de 1986, para as águas de abastecimento doméstico após tratamento (classe 1), a quantidade máxima de chumbo é de <math>30 \cdot \text{g/L}</math> e de <math>50 \cdot \text{g/L}</math> em águas de irrigação (classe 2).</p> <p><b>2.1.5. Gestão de Resíduos</b></p> <p>Nas indústrias de diversos setores que, de alguma forma, utilizam chumbo, devem ser adotados sistemas de tratamento de efluentes, como a implementação de centros de tratamentos e biorreatores, que tenham o objetivo de tornar todas as espécies de chumbo em uma forma menos disponível à natureza. Geralmente, nos corpos coletores e nos centros de tratamento de chumbo, se faz a precipitação do metal nas formas</p>	<p>de hidróxidos e carbonatos.</p> <p>Precipitações na forma de fosfato de chumbo têm apresentado melhores resultados, já que este é a forma mais insolúvel e responsável pela imobilidade permanente do metal, reduzindo, assim a sua disponibilidade.</p> <p>O uso do fósforo tem sido uma opção de remediação efetiva, em relação ao custo.</p> <p>Outro processo importante de redução da disponibilidade do chumbo é adição de óxido de manganês nos efluentes, já que se trata de um adsorvente específico do chumbo e, quando associado ao fósforo (mais que os fosfatos), forma um conjunto de adsorventes mais efetivo, quando comparados à adição de ambos separadamente. São citados valores de 15 a 41% de adsorção de chumbo para o fósforo sozinho, e 23 a 67%, para a adição de fósforo e manganês. Assim, fazendo-se uma extração adequada do chumbo dos sedimentos gerados no tratamento, tem-se a possibilidade, com os devidos controles de dispersão aérea e cuidados ocupacionais, de se obter chumbo metálico pela queima dos produtos, livrando a natureza da sua exposição.</p> <p><b>2.2. Cobre</b></p> <p><b>2.2.1. Propriedades e Ocorrências</b></p> <p>Metal de peso molecular 63,54 g/mol, de cor marrom-avermelhado. &gt;&gt;</p>
<p>Periódico Tchê Química, Porto Alegre: Tchê-Química Group v. 1, n.1, jan. 2004</p>		<p>42</p>

<p>Possui dois isótopos de ocorrência natural: <math>^{63}\text{Cu}</math> (69,17%) e <math>^{65}\text{Cu}</math> (30,83%). Contudo, a sua principal forma é o minério calcopirita, <math>\text{CuFeS}_2</math> (sulfeto duplo de ferro e cobre), tendo como principais fornecedores o Chile (17%), EUA (16%), Rússia (11%), Canadá (8%), Zâmbia (5,5%) e Zaire e Polônia (5% cada). Além deste mineral, existem muitas outras formas naturais de cobre que são os minérios calcocita (<math>\text{Cu}_2\text{S}</math>, sulfeto de cobre), de cor cinza escura, malaquita (<math>\text{CuCO}_3 \cdot \text{Cu}(\text{OH})_2</math>, carbonato alcalino de cobre), de cor verde, cuprita (<math>\text{Cu}_2\text{O}</math>, óxido de cobre), de cor vermelha, e a bornita (<math>\text{Cu}_5\text{FeSO}_4</math>, sulfato com-plexo de ferro e cobre), de cores iridescentes: azul, vermelho, castanho e púrpura. Há, também, minerais como pedras semi-preciosas como a turquesa (<math>\text{CuAl}_6(\text{PO}_4)_4(\text{OH})_8 \cdot 4\text{H}_2\text{O}</math>), apreciada por sua coloração azul e veios delicados (LEE, 1991).</p> <p>Os minérios de sulfetos são pobres em cobre, geralmente contendo de 0,6 a 1%.</p> <p>O cobre apresenta quatro estados de oxidação: metálico (<math>\text{Cu}^0</math>), cuproso (<math>\text{Cu}^+</math>), cúprico (<math>\text{Cu}^{2+}</math>) e o íon trivalente (<math>\text{Cu}^{3+}</math>).</p> <p>O cobre metálico é estável em temperatura ambiente em ambientes secos e se torna</p>	<p>solúvel na presença de ácidos oxidantes como o sulfúrico e o nítrico, sendo também solúvel em soluções alcalinas de amônia, carbonato de sódio e de cianeto, na presença de oxigênio.</p> <p>O íon cuproso é instável em soluções aquosas, dissociando-se rapidamente em cúprico e cobre elementar, e nas formas mais estáveis, é completamente insolúvel em água, como o cloreto cuproso.</p> <p>Na natureza, encontra-se, em grande parte, cobre na forma bivalente, que é caracterizado como sendo um poderoso agente oxidante, com ocorrência em poucos compostos. Todo o íon monovalente em solução aquosa é rapidamente complexado ou oxidado. Preferencialmente, a forma bivalente se liga aos inorgânicos como a água, os álcalis, os carbonatos e os sulfatos, via oxigênio, como os orgânicos de grupos fenólicos e carbonílicos. Podem, ainda, serem adsorvidos por vários óxidos metálicos, como os de alumínio e ferro.</p> <p><b>2.2.2. Beneficiamento e Aplicações</b></p> <p>Entre as várias formas presentes na crosta terrestre, como sulfatos e sulfetos, óxidos, arsenitos, cloretos e carbonatos, o cobre apresenta uma abundância natural de aproximadamente 60 mg/Kg e, 2,5 mg/L, nos mares.</p>	<p>Geralmente, seu beneficiamento ocorre próximo ao local de mineração onde é triturado e concentrado por flotação, formando um concentrado de até 15% de cobre. Ele é, a seguir, aquecido na presença de ar. Adiciona-se, então, areia para remover o ferro como escória de silicato, que flutua na superfície. Após retirada do contaminante, o ar é cessado e a auto-oxidação do cobre ocorre com a formação de um metal de 98 a 99% de pureza. Dessa forma, em 1988, 8,7 milhões de toneladas de cobre foram produzidas, além disto, 2,1 milhões de toneladas foram recicladas, levando a produção anual de 10,8 milhões de toneladas. Em 1999, a produção alcançou 12,6 milhões de toneladas, sendo 1,4% do total, produzidos no Brasil. Mesmo assim, o Brasil tem uma dependência de demanda externa entorno de 80%, devido à paralisação e encerramento das atividades da mina a céu aberto da Mineração Caraíba S/A (Jaguarari, Bahia). Neste mesmo ano, a necessidade global de cobre chegou aos 15 milhões de toneladas (CRA, 2001).</p> <p>O metal é utilizado em grandes quantidades na indústria elétrica pela sua elevada condutividade. Também é utilizado em tubulações de água em função da sua inércia química após a formação de uma camada &gt;&gt;</p>
<p>Periódico Tchê Química, Porto Alegre: Tchê-Química Group v. 1, n.1, jan. 2004 <span style="float: right;">43</span></p>		

<p>amorfa de hidroxicarbonatos e hidroxis-sulfatos. São produzidos mais de cem mil tipos de ligas diferentes contendo cobre, como o bronze e ligas para fabricação de moedas e jóias com o ouro. Diversos compostos de cobre são utilizados na agricultura contra certos fungos que atacam as plantações, além de ser aplicado em processos de galvanoplastia, de produção de eletrodos, pigmentos e na manufatura de fios e utensílios domésticos. Atualmente, pesquisas vêm sendo feitas sobre as propriedades supercondutoras que certas ligas de cobre proporcionam, tais como <math>\text{La}_{(2-x)}\text{Ba}_x\text{CuO}_{(4-y)}</math>, a baixas temperaturas (50 K).</p> <p>Por estar presente na crosta terrestre, a principal fonte natural de cobre são as poeiras (<math>0,9</math> a <math>15 \cdot 10^3</math> t.), também os vulcões (de <math>0,9</math> a <math>18 \cdot 10^3</math> t.), os processos biogênicos (de <math>0,1</math> a <math>6,4 \cdot 10^3</math> t), os incêndios florestais (de <math>1</math> a <math>7,5 \cdot 10^3</math> t.) e as névoas aquáticas (de <math>0,2</math> a <math>6,9 \cdot 10^3</math> t.). Sua distribuição através do meio ambiente ocorre pelas movimentações de massas de ar, distribuindo, desta forma, até 65% do cobre emitido pelas fontes naturais. Também é distribuído por precipitação úmida e pelo fluxo das águas fluviais e oceânicas, podendo gerar sedimentos, por deposição, com importantes quantidades do metal.</p>	<p><b>2.2.3. Fontes e Formas de Contaminação Ambiental</b></p> <p>Estima-se que 75000 t sejam liberadas para a atmosfera anualmente somente de fontes naturais, excluindo-se as atividades antropogênicas, que chegam a ser cerca de três vezes maior que a natural. Como o cobre e seus compostos estão presentes na crosta terrestre, sua erosão e lixiviação liberam quantidades significantes do metal. Para o ar atmosférico, entre 5 e 200 <math>\text{ng/m}^3</math>, para o solo, cerca de 971000 t/ano, e, para as águas superficiais, as quantidades variam com a região. Por exemplo, no estreito de Jurubatuba, em Niterói (Rio de Janeiro), foram determinadas quantidades de cobre variando de 5 a 213 ppm. Os valores observados são comparáveis aos obtidos em sedimentos de estuários de regiões urbanizadas e industrializadas, como o golfo de Veneza (de 3 a 44 ppm).</p> <p>Uma das principais atividades antropogênicas responsáveis por este tipo de poluição é o próprio beneficiamento do metal, que libera resíduos contaminantes em toda a geosfera. Na verdade, a forma físico-química do cobre determina o seu comportamento no meio ambiente e a sua disponibilidade, sofrendo significativa influência das próprias características do meio. Por exemplo, a maior parte do cobre</p>	<p>presente no solo, por meio da poluição, encontra-se na forma mineral ou firmamente ligada às matrizes orgânicas.</p> <p>O cobre é liberado para a atmosfera na forma particulada, ou adsorvido a partículas de óxidos, sulfatos ou carbonatos, sendo difundido pelas precipitações e névoas e podendo permanecer na troposfera até 30 dias. Já, no ambiente aquático, o cobre é encontrado nas formas de <math>\text{Cu}^{2+}</math>, <math>\text{Cu}(\text{HCO}_3)</math>, e <math>\text{Cu}(\text{OH})_2</math>, que são as suas formas mais solúveis. Porém, neste meio o cobre encontra barreiras físicas naturais como as argilas, material particulado em suspensão e bioacumuladores que o adsorve e o imobiliza. Também, a concentração do cobre dissolvido depende do pH, do potencial de oxirredução da água, da presença de íons competidores e agentes complexantes orgânicos e inorgânicos.</p> <p>A forma mais tóxica do cobre foi relatada como sendo o íon cúprico. Porém, tendo em vista a sua competição pelos sítios de adsorção em superfícies biológicas, como as proteínas e com os íons de cálcio nas águas duras, a sua característica tóxica é drasticamente reduzida.</p> <p>A maior parte do cobre depositado no solo vem da atmosfera, da aplicação de defensivos agrícolas e da alta movimentação veicular nos centros das grandes cidades. E, geralmente, &gt;&gt;</p>
<p>Periódico Tchê Química, Porto Alegre: Tchê-Química Group v. 1, n.1, jan. 2004</p>		<p>44</p>

<p>está fortemente adsorvida nos primeiros centímetros do solo (WHO, 1998, MANTA, 2002). Sua mobilidade varia com a composição do solo e, em geral, liga-se a matérias orgânicas, carbonatos, argila ou a ferro hidratado e óxidos de manganês.</p> <p>Ainda no solo, por absorção, o cobre é utilizado, pela biota, como co-fator enzimático e catalisador em reações necessárias para o crescimento ótimo das plantas, afetando a sua disponibilidade no meio.</p> <p>Dependendo da densidade da cobertura vegetal de uma região de depósito ou liberação de rejeitos contaminados, a absorção de cobre é tanta que, atualmente, recursos biológicos estão sendo utilizados para a sua remoção na forma de bioacumulação.</p> <p>Porém, o fator da bioacumulação do cobre sobre determinadas espécies aquáticas pode ser fatal, principalmente para as dáfnias e lesmas (importantes na alimentação dos peixes), também utilizadas como indicadores ambientais em monitoramento ambiental.</p> <p>Extensas áreas fluviais e marítimas são contaminadas por cobre devido ao seu transporte pelas correntes de deslocamento de ar e água. Nas águas superficiais, as concentrações deste metal variam de 0,5 a 100 mg/L e na água do mar, de 1 a 5 • g/L.</p> <p>Dentro dos programas de</p>	<p>biomonitoramento, dados físico-químicos devem ser levados em consideração, como o pH e a salinidade da água, já que a solubilidade e, por tanto, a disponibilidade deste metal é afetada por estes parâmetros.</p> <p><b>2.2.4. Monitoramento e Padrões</b></p> <p>Para as mais diversas classificações de águas (CONAMA, 1986), existem quantidades limitantes de cobre dissolvido que não provocam danos aos organismos. Para águas residuais, a concentração do metal não deve ser maior que 1 mg/L. Para águas de irrigação e de abastecimento, não deve ser maior 20 • g/L.</p> <p>Nos solos, as quantidades aumentam. Enquanto na Europa os valores variam de 1000 a 1750mg/Kg de peso seco, no Brasil, segundo ao que rege a norma adaptada da USEPA pela CETESB, o valor máximo de cobre é de 75 Kg/ha para lodos de esgotos.</p> <p>Já, no ar atmosférico, tem-se como concentração máxima, 2• g/m<sup>3</sup>, que são provenientes do hábito de fumar (0,05 • g/cigarro), de pigmentos a base de cobre e algicidas. Porém, muitas vezes ficamos expostos a dosagens altíssimas, quando em atividades ocupacionais, como na indústria de mineração, em ambientes fechados na presença de pessoas fumantes. Assim, são relatados</p>	<p>vários casos de exposição aguda, na utilização de sulfato de cobre, apresentando sintomas de vômitos, letargia, anemia, aumento da pressão sangüínea e, em contatos crônicos, relatos de necrose centrilobular do fígado e necrose tubular do fígado, além de hemólise. Casos como esverdeamento da pele, dentes e cabelos também foram observados.</p> <p>O monitoramento do cobre no meio ambiente e em organismos se dá de mesma forma citada no item 2.1.4.</p> <p><b>2.2.5. Gestão de Resíduos</b></p> <p>Os efluentes industriais que estejam contaminados com cobre particulado e solúvel devem ser direcionados para sistemas de tratamento diferentes. Para a retenção do cobre particulado, é necessário expô-lo a filtros especiais, como os de retenção física. A troca destes filtros deve ser feita periodicamente e os filtros contaminados devem passar por um processo de extração do metal para depois serem destinados ao descarte..</p> <p>Resíduos contendo formas solúveis de cobre podem ser concentrados pelo uso de técnicas eletrolíticas ou resinas de troca iônica, mas nunca fazer a concentração do efluente por evaporação, evitando, assim, a suspensão do metal na atmosfera.</p> <p>Muitas vezes, o tratamento de um efluente não é simples &gt;&gt;</p>
<p>Periódico Tchê Química, Porto Alegre: Tchê-Química Group v. 1, n.1, jan. 2004 <span style="float: right;">45</span></p>		

<p>e as formas apresentadas anteriormente não são suficientes para diminuir uma determinada quantidade de cobre da sua composição. Tratamentos químicos fazem com que o cobre precipite em grande quantidade nas adições de sodas, sulfetos, boroidreto de sódio, entre outros. Há, também, pela adição de agentes complexantes, como o alúmen e o sulfato ferroso, um aumento do tamanho da partícula, que posteriormente contribui para a realização do processo de filtração. O fim para o material retido neste sistema pode ser o mesmo citado anteriormente.</p>	<p>O cromo está presente na crosta terrestre principalmente nos estados de oxidação metálico (<math>\text{Cr}^0</math>) e cromoso (<math>\text{Cr}^{+2}</math>), os mais iônicos e redutores, podendo reduzir a água a <math>\text{H}_2</math>; crômico (<math>\text{Cr}^{3+}</math>), os mais estáveis, como os complexos hexaaquosos; e o íon hexavalente (<math>\text{Cr}^{6+}</math>), compreendendo os oxidantes cromatos, dicromatos, trióxido de cromo, oxoaleto e o hexafluoreto de cromo. Quase tão abundante quanto o cloro, por exemplo, o cromo é o vigésimo primeiro elemento mais abundante em peso encontrado neste meio na crosta terrestre</p>	<p>estáveis ou são complexados .</p>
<p>Quando se trabalha com baixas concentrações de cobre, a rizofiltração partindo de espécies resistentes, é aconselhada (DUSHENKOV, 1995).</p>	<p>O cromo metálico é estável ou inerte em baixas temperaturas por ser revestido por uma camada amorfa de óxido e é solúvel em ácido clorídrico gasoso e sulfúrico concentrado (<math>\text{oleum}</math>, <math>\text{H}_2\text{SO}_4 + \text{SO}_3</math>) havendo passibilidade frente ao ácido nítrico e à água-régia e em soluções aquosas ácidas e alcalinas. Frente ao oxigênio, em temperaturas ambientes, o cromo não reage. Porém, em altas temperaturas, forma <math>\alpha\text{-Cr}_2\text{O}_3</math>. Também reage com halogênios, formando haleto trivalentes, <math>\text{CrX}_3</math>.</p>	<p><b>2.3.2. Beneficiamento e Aplicações</b></p>
<p><b>2.3. Cromo</b></p>	<p>Os íons de cromo instáveis, como os de estado de oxidação – II, -I, I, +IV E +V respectivamente, em soluções aquosas, são dissociados para as formas mais</p>	<p>Entre as várias formas presentes na crosta terrestre, o cromo apresenta uma abundância natural de aproximadamente 122 mg/Kg.</p>
<p><b>2.3.1. Propriedades e Ocorrências</b></p>	<p>Os íons de cromo instáveis, como os de estado de oxidação – II, -I, I, +IV E +V respectivamente, em soluções aquosas, são dissociados para as formas mais</p>	<p>Geralmente, seu beneficiamento ocorre a partir de duas formas: ferrocromo e o metal de cromo puro, dependendo do uso a qual se destina. O ferrocromo é uma liga contendo ferro, cromo e carbono. Em 1988, foram produzidas 3,3 milhões de toneladas de ferrocromo (LEE, 1991). É obtido pela transformação da cromita com carbono na forma de carvão ou grafite. É empregado em muitas ligas do ferro, incluindo aço inoxidável e o aço cromo, muito duro.</p>
<p>Metal quebradiço de peso molecular 51,99 g/mol. A sua principal forma é o minério cromita, <math>\text{FeCr}_2\text{O}_4</math>, de leve brilho e um aspecto semelhante ao piche, com tons de marrom na sua cor. Os principais produtores da cromita são a África do Sul (36%), a Rússia (28%), Turquia (7%), Índia (6,5%), Albânia (6%) e Finlândia e Zimbábue (5% cada). Outras formas menos abundantes de cromo são a crocoíta, <math>\text{PbCrO}_4</math>, e o óxido de cromo, <math>\text{Cr}_2\text{O}_3</math>.</p>	<p>Os íons de cromo instáveis, como os de estado de oxidação – II, -I, I, +IV E +V respectivamente, em soluções aquosas, são dissociados para as formas mais</p>	<p>Diversas etapas são necessárias para a obtenção de cromo puro. Inicialmente a cromita é fundida com hidróxido de sódio em presença de oxigênio, oxidando o cromo a cromato. Como o produto é solúvel e os seus contaminantes são insolúveis, torna-se fácil a sua purificação. Finalmente, o cromo é reduzido por alumínio ou silício, formando o metal puro. Também há a possibilidade do uso de eletrólise da solução contendo cromo, na forma de deposição sobre outros metais.</p>
		<p>O metal é utilizado &gt;&gt;</p>

<p>em grandes quantidades na indústria de galvanoplastia pela formação de uma camada superficial inerte, impedindo a sua oxidação. É bastante utilizado como pigmento em tintas e como mordente têxtil, como algodão, lã e seda. sua elevada condutividade. Também é utilizado como catalisador na obtenção do metanol e em filmes fotossensíveis, como os de revelação fotográfica e de vídeos.</p>	<p>ambientes aquáticos que apresentam cromo nas suas formas mais tóxicas, a hexavalente e a trivalente.</p>	<p>formação de lodos contaminados que, influenciado pelas precipitações úmidas, é distribuído aleatoriamente por toda a região vizinha do plantio.</p>
<p>Uma série de condições físico-químicas faz com que haja a solubilização e a conseqüente extração para a fase líquida. Um exemplo que consta na literatura demonstra que ocorre a lixiviação do cromoarseniato de cobre das vigas de madeira em tais ambientes.</p>	<p>Plataformas aquáticas de madeira liberam importantes quantidades desta substância, afetando a biota local. Os mecanismos desta absorção, nas primeiras horas, ocorrem como na forma de perda dos depósitos superficiais.</p>	<p>Estudos apresentaram um levantamento médio das quantidades de cromo em córregos agrícolas, lodos e solos no ano de 1999. Com os resultados, observou-se uma quantidade 13,5 vezes maior em solos contaminados (540 mg/Kg) com relação aos solos de controle (40 mg/Kg). Para chegar-se a um resultado destes, são necessárias cerca de 1200 t/ha de esgoto contaminado oriundo da lixiviação do lodo agrícola (DUDKLA, MILLER, 1999).</p>
<p><b>2.3.3. Fontes e Formas de Contaminação Ambiental</b></p>	<p>Posteriormente, cerca de semanas, ocorre a absorção, por capilaridade e difusão da água para a madeira e ocorre a perda dos componentes não fixados. Assim, ocorre a solvatação dos produtos de fixação dos preservantes e a formação dos complexos solúveis de cromo como os íons cloreto e hidróxido. Depois de um período de longa duração, meses ou anos, ocorre a dissociação reversível dos metais de sua ligação iônica, ou seja, liberação e distribuição dos íons de cromo na água.</p>	<p>Depois de um certo tempo de exposição, as substâncias a base de cromo e íons de cromo, geralmente, ficam situados a uma profundidade de 15 cm da superfície do solo, provocando mudanças fisiológicas e diminuindo a biomassa local (RULKENS et al., 1998).</p>
<p>O cromo e suas substâncias estão presentes nas águas e no solo não só nas suas formas e quantidades naturais, mas como também, pelas atividades antropogênicas.</p>	<p>A mobilidade destes compostos está relacionada com as suas propriedades físico-químicas com relação às afinidades nos diferentes meios. Ela acontece a partir da liberação das substâncias a base de cromo, via efluentes industriais, onde é separada em duas fases, uma ficando em suspensão e a outra nos sedimentos.</p>	<p><b>2.3.4. Monitoramento e Padrões</b></p>
<p>A liberação de substâncias composta por cromo, na forma de efluentes, é relatada como sendo as principais formas da sua poluição. Alguns casos são apresentados como o da sua utilização em materiais de preservação física de madeiras para</p>	<p>O cromo também é muito utilizado na produção de fertilizantes e defensivos agrícolas. O seu uso provoca a</p>	<p>A identificação do cromo nos diversos organismos é feita da mesma forma analítica citada no item 2.1.4. Os testes que verificam a influência dos compostos de cromo no meio ambiente e nos microorganismos são os mais variados. São adotados como testes de monitoramento ambiental os de <i>Salmonella</i> &gt;&gt;</p>

<p><i>typhimurium</i>/microsoma e de determinações analíticas quantitativas, como sugerido anteriormente.</p> <p>Tendo-se em vista o ciclo geoquímico do cromo, há importância maior no controle de emissões de suas substâncias nos efluentes industriais. Esta maior importância se deve ao fato de que os efluentes liberaram quantidades significantes de cromo próximos aos centros de coleta e abastecimentos urbanos.</p> <p>Exemplos disto são os resultados apresentados de um estudo que avaliou a concentração de cromo e o seu efeito genotóxico nos estuários do lago Guaíba, na região metropolitana de Porto Alegre, citado por Vargas (2001).</p> <p>Assim, segundo ao que rege a resolução nº 20, de 18 de junho de 1986, do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), são apresentadas as quantidades máximas das formas de cromo no meio Ambiente: para águas de abastecimento após tratamento (classe 1), cromo hexavalente 0,05 mg/L, cromo trivalente 0,5 mg/L; águas de irrigação (classe 2), idem à classe 1; águas de esgoto (classe 8) cromo hexavalente 0,5 mg/L.</p> <p><b>2.3.5. Gestão de Resíduos</b></p> <p>A solução mais adequada para o tratamento de efluentes contendo cromo é a de</p>	<p>sedimenta-lo, tornando-o inerte a partir da sua precipitação a hidróxidos e a sulfatos, coletando-o fisicamente por filtração. A matéria retida nos filtros é, então, depositada em cubas eletrolíticas após tratamento com ácido clorídrico gasoso, onde se faz eletrodeposição do cromo nos eletrodos metálicos. Esta não é uma forma economicamente viável hoje em dia, mas, certamente, é a que menos provoca danos biológicos diretos, podendo, ainda, recuperar o metal.</p> <p><b>2.4. Zinco</b></p> <p><b>2.4.1. Propriedades e Ocorrências</b></p> <p>Metal de aspecto prateado de peso molecular 65,37 g/mol. A sua principal forma é o minério calamina, também conhecido como smithsonita (<math>ZnCO_3</math>, carbonato de zinco), são utilizados na manufatura de zinco juntamente com o mineral esfarelita, também chamado de blenda (<math>ZnS</math>, sulfeto de zinco). A esfarelita sempre contém ferro, e a sua fórmula pode ser representada como <math>(ZnFe)S</math>. Junto com estes minerais, encontram-se traços de cádmio, cujas propriedades físico-químicas se assemelham ao do zinco.</p> <p>Caracteristicamente, o zinco apresenta propriedades que o diferencia dos demais metais de transição, bem como aqueles que ao seu grupo pertencem. O</p>	<p>motivo para tanto é a presença de um nível <math>d</math>, não disponível para novas ligações. Este fato também reforça a ausência de variação de valência para este metal, além de deixa-los com uma dureza menor com relação às durezas dos demais metais de transição.</p> <p>O zinco e os metais do seu grupo, apresentam pontos de ebulição menores que os demais metais, dando-lhes uma acentuada reatividade. Mais uma propriedade deste metal é de ter um caráter anfótero marcante. Pode reagir com álcalis formando zincatos, semelhantes aos aluminatos.</p> <p>As principais regiões de produção do zinco são o Canadá (19%), Rússia (13,5%), Austrália (11%), China e Peru (7% cada), Espanha, México e Estados Unidos (4%). É encontrado na crosta terrestre na forma natural, cerca de 132ppm, representando o vigésimo quarto lugar entre os elementos mais abundantes, (LEE, 1991).</p> <p>Os minérios de zinco, principalmente a esfarelita, são concentrados por flotação na manufatura do metal. São expostos ao ar para que ocorra a formação dos óxidos de zinco sob alta temperatura. O Zn é extraído do óxido por dois processos diferentes, pela redução com monóxido de carbono a 1200° C e dissolução do óxido em ácido sulfúrico, com a formação de &gt;&gt;</p>
<p>Periódico Tchê Química, Porto Alegre: Tchê-Química Group v. 1, n.1, jan. 2004 <span style="float: right;">48</span></p>		

<p>sulfato que, eletroliticamente, é depositado com alto grau de pureza.</p> <p><b>2.3.2. Beneficiamento e Aplicações</b></p> <p>O zinco é usado em grandes quantidades no revestimento de ferro, para evitar a corrosão (galvanização). Uma boa fração da produção de zinco é aplicada no fabrico de ligas com outros metais na produção de bronze (Cu/Zn com 20 a 50% de zinco na sua composição). Outras formas de zinco são aplicadas nas tintas, como pigmentos brancos (ZnO, óxido de zinco) de propriedade característica: absorvem luz de comprimento ultravioleta e refletem como luz branca, dando um aspecto alvimetálico à tinta. Também são produzidos amalgamas de zinco de utilização em laboratório na forma de fortes agentes redutores.</p> <p>São utilizados haletos de zinco, como o seu cloreto, que são substâncias bastante corrosivas, na indústria de celulose, na dissolução de papel, e em indústria têxteis.</p> <p>O cloreto de zinco também é utilizado como fundente em soldas, sendo chamado de sal de solda e dissolve óxidos metálicos, permitindo a soldagem de uma superfície limpa de metal.</p> <p>Em 1988, foram produzidas 7,1 milhões de toneladas do metal.</p>	<p><b>2.4.3. Fontes e Formas de Contaminação Ambiental</b></p> <p>Devido às atividades de produção e utilização do zinco e dos seus derivados, promoveu-se, ao longo dos anos, um acúmulo destas substâncias em determinadas regiões. São encontrados principalmente nos lodos de estuários lacustres onde há a liberação dos rejeitos industriais a partir dos seus efluentes. Isto vem provocando alterações das propriedades físico-químicas dos sedimentos e, principalmente, aumentando a carga de zinco bioviável nas águas de superfície.</p> <p>A alteração das características dos sedimentos, pela contaminação do zinco aliado à outras substâncias, vem induzindo uma alteração das condições do meio ambiente, como por exemplo, decaimento do pH das águas superficiais, com o auxílio da chuva ácida, aumentando a competição entre os prótons ácidos e os complexos metálicos, principalmente os de zinco (mais solúveis). A sua presença também interfere nos mecanismos de oxidação das matérias orgânicas da água, que em meios ácidos, deixam de adsorver metais, aumentando a mobilidade e, por conseguinte, a sua bioviabilidade. (PROKOP,2003).</p> <p>O espalhamento, ou transporte, de zinco, como os demais metais apresentados,</p>	<p>também é por lixiviação dos sedimentos. Em função disto, a contaminação do solo ocorre rapidamente, dependendo de sua composição e das propriedades físico-químicas das águas de transporte.</p> <p>Existem relatos de intoxicação por ingestão de vegetais contaminados por zinco.</p> <p>Apesar de desenvolver um papel muito importante em diversas enzimas e representar a segunda colocação entre os metais de transição na importância dos mecanismos bioquímicos dos seres vivos, quando expostos às altas quantidades deste metal, organismos podem sofrer diversas alterações, como uma mutação.</p> <p>Exemplifica-se o fato ocorrido nos Estados Unidos, onde houve a contaminação de solos de cultura vegetal (tubérculos e batatas) por transporte de zinco pela poeira de uma fundição de zinco e chumbo localizada há alguns quilômetros do local de contaminação. Foram analisadas amostras que apresentaram uma quantidade de zinco cerca de 7 vezes maior que as amostras de controle. (DUKA, MILLER, 1999).</p> <p>O que geralmente tem-se apresentado são valores da ordem de 500t/ha para zinco em materiais (amostras líquidas) provenientes da lixiviação das partículas contaminadas de um ambiente para outro.</p> <p>O caso mais conhecido &gt;&gt;</p>
<p>Periódico Tchê Química, Porto Alegre: Tchê-Química Group v. 1, n.1, jan. 2004</p>		<p>49</p>

<p>de contaminação por zinco, através de alimentos, foi o ocorrido nas margens do rio Jintsu, na região de Funch-Machi, no Japão, logo depois da II Guerra Mundial, quando um grande número de pessoas, plantadores de arroz e pescadores foram acometidos de dores reumáticas, distúrbios renais, acompanhadas de deformidades ósseas. Esta epidemia ocorreu devido à intoxicação por zinco que se deu pelo consumo de alimentos contaminados por águas de irrigação, provenientes de efluentes de uma indústria processadora de zinco-chumbo (ATSDR, 1997; MEDITEXT, 2000).</p> <p>Na questão de controle ambiental, é necessário que as quantidades de metal, junto com as dos seus produtos, estejam</p>	<p>dentro das quantidades estabelecidas pelas agências de controle local do meio ambiente.</p> <p>No Brasil, se dá maior importância ao controle fluvial, já que, neste meio, as contaminações ocorrem mais rapidamente. Assim, estipulou-se, para águas de abastecimento urbano e de irrigação, segundo a resolução de nº 20, de 18 de junho de 1986, do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), 0,18 mg/L e 1 mg/L, respectivamente. Em águas de esgoto sem tratamento e efluentes, 5mg/L.</p> <p><b>2.4.5. Gestão de Resíduos</b></p> <p>A solução mais adequada para o tratamento de efluentes contendo zinco é a de sedimentá-</p>	<p>lo, tornando-o inerte a partir da sua precipitação com substâncias quelantes ou complexantes, coletando-o fisicamente por filtração após este processo. A matéria retida nos filtros é, então, depositada em cubas, onde se faz eletrodeposição do zinco nos eletrodos metálicos. Esta não é uma forma economicamente viável hoje em dia, mas, certamente, é a que menos provoca danos biológicos diretos, podendo, ainda, recuperar o metal.</p> <p>No entanto, deve-se verificar a sua quantidade presente na solução eletrolítica de descarte através de métodos analíticos apropriados, como os descritos no item 2.4.1.</p>
--	--	---

### 3. Referências

- [ATSDR] Agency of Toxic Substances and Disease Registry. **Toxicological Profiles for Cadmium**. Atlanta: ATSDR, 1997. 347p.
- [CONAMA] Conselho Nacional do Meio Ambiente. [CONAMA] Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução Normativa nº 20**. Brasil: CONAMA, 1986.
- [CRA] Centro de Recursos Ambientais. Ecotoxicologia do Chumbo e Seus Compostos. **Série Cadernos de Referência Ambiental**, v.2. Salvador, BA.: CRA, 2001.
- [CRA] Centro de Recursos Ambientais. Ecotoxicologia do Cobre e Seus Compostos. **Série Cadernos de Referência Ambiental**, v.2. Salvador, BA.: CRA, 2001.
- [DNPM] **Departamento Nacional de Produção Mineral**. Chumbo, Cobre, Cromo e Zinco. Disponível em <http://www.dnpm.gov.br>.
- DUSHENKOV, V.; KUMAR, P.B.A.N.; MOTTO, H.; RASKIN, I. Rhizofiltration: the use of plants to remove heavy metals from aqueous streams. **Environmental Science Technology** v29, p 1239-1245,1995..
- HILARY ARNOLD GODWIN. The biological chemistry of lead. **Current Opinion in Chemical Biology** 2001, **5**:223–227P
- LEE, J.D. Concise inorganic chemistry. **Chapman & Hall**, NY, USA, 1991.

9. DANIELA SALVAGIO MANTA, MASSIMO ANGELONE, ADRIANA BELLANCA, RODOLFO NÉRI, MARIO SPROVIERI. Heavy metals in urban soils: a case study from the city of Palermo (Sicily), Italy. **The Science of the Total Environment** 300 (2002) 229–243.p.
10. DUDKA, S.; MILLER, W. Accumulation of potentially elements in plants and their transfer to human food chain. **Journal of Environmental Science Health N**, v. B34, n.4, p.681-708, 1999.
11. [MEDITEX] Medical Menagement. Lead, Copper, Cromium, Zinc. In: Tomes CPS Systems. **Toxicology, ocupacional medicine and environmental methods**. 4ed. Washington; 1994. Disponível em [www.cdc.gov](http://www.cdc.gov).
12. Z. PROKOP, M.L. VANGHELUWE, P.A. VAN SPRANG, C.R. JANSSEN, AND I. HOLOUBEK. Mobility and toxicity of metals in sandy sediments deposited on land. **Ecotoxicology and Environmental Safety** 54 (2003) 65–73.p.
13. THORNTON, I; RAMSEY, M.; ATKINSON, N. **Metals in the global environment: facts and miscocenption**. Ontário: ICME, 1995.
14. [WHO] World Health Organization. **Laed, Copper, Cromium and Zinc**. Geneva, 1992. (Environmental Health Criteria 134)

## **Agradecimentos / Thanks**

A Tchê-Química Group agradece à:

- **Professor Dr. Sebastião J. Formosinho\***
- **Professor Dr. Frank Wilczek\***
- **Professor Dr. Lavinel G Ionescu**
- **Professor Gustavo Piaia**
- **Bibliotecário Ednei de Freitas Silveira**
- **Bibliotecária Iara Breda de Azeredo**

\* Agradecimentos especiais aos professores Dr. Frank Wilczek e Dr. Sebastião J. Formosinho. À dedicação, empenho, disposição e boa vontade destes professores, que, estando a milhares de quilômetros de distância, ajudaram a fortalecer os laços de amizade que unem as nossas nações e tornar essa revista gratuita, melhor.

\* Special thanks to professors Dr. Frank Wilczek and Dr. Sebastião J. Formosinho. The devotion, persistence, disposal and good will of those professors, who being thousand of kilometers of distance, have helped to fortify the friendship bows that join our nations and to become this free magazine better

## DIVERSOS

---

1. Houve alguma palavra ou expressão (em pt-br) que você não entendeu? Envie sua dúvida para nós, e iremos adicioná-la no dicionário do site.