

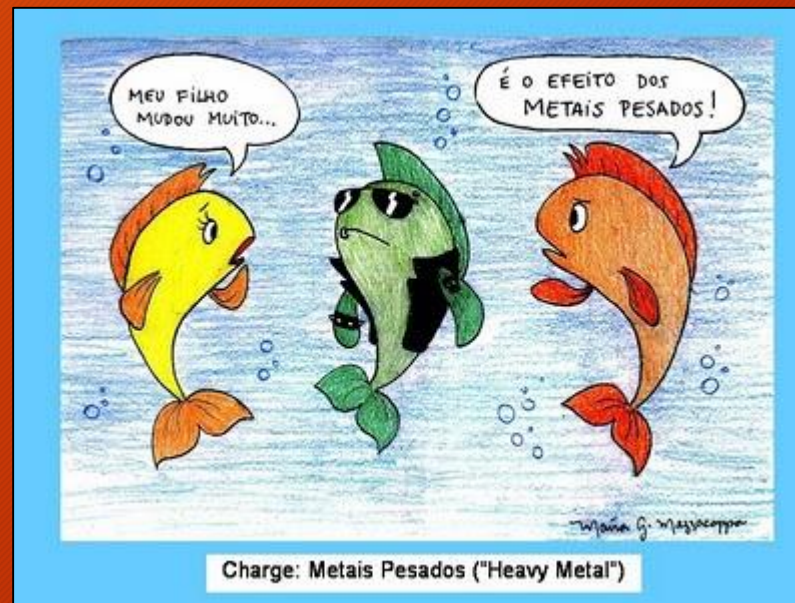
Metales Tóxicos  
Fuentes principales, efectos sobre la nutrición  
animal, dificultades de análisis

*Rosemary Bichara  
Angela Pellegrino Missaglia*



# Metais Tóxicos

- O termo metal pesado tem sido empregado de forma não adequada
- Não há coerência nas definições, se tomadas as propriedades:
  - Densidade
  - Peso atômico
  - Número atômico
  - Propriedades químicas
  - Toxicidade



# Metais Tóxicos



- O termo metal pesado nunca foi definido por um organismo como IUPAC. Há mais de 60 anos tem sido usado no vocabulário químico e uma grande variedade de significados atribuídos por diferentes autores. Nenhuma relação pode ser encontrada entre densidade e quaisquer dos vários conceitos físico-químicos que têm sido usados para definir metais pesados e a toxicidade ou ecotoxicidade atribuídas aos metais pesados.

804

J. H. DUFFUS

toxicity testing can be minimized for metals and their compounds because our chemical and biological knowledge permits many toxic effects to be predicted.

**Table 4** Class A and Class B metals [63].

*Class A (hard) metals*

Lewis acids (electron acceptors) of small size and low polarizability (deformability of the electron sheath or hardness)

Li, Be, Na, Mg, Al, K, Ca, Sc, Ti, Fe(III), Rb, Sr, Y, Zr, Cs, Ba, La, Hf, Fr, Ra, Ac, Th.

*Class B (soft) metals*

Lewis acids (electron acceptors) of large size and high polarizability (softness)

Cu(I), Pd, Ag, Cd, Ir, Pt, Au, Hg, Ti, Pb(II).

*Borderline (intermediate) metals*

V, Cr, Mn, Fe(II), Co, Ni, Cu(II), Zn, Rh, Pb(IV), Sn.

## 5. GENERAL CONCLUSIONS

The term "heavy metal" has never been defined by any authoritative body such as IUPAC. Over the 60 years or so in which it has been used in chemistry, it has been given such a wide range of meanings by different authors that it is effectively meaningless. No relationship can be found between density (specific gravity) and any of the various physicochemical concepts that have been used to define "heavy metals" and the toxicity or ecotoxicity attributed to "heavy metals".

Understanding bioavailability is the key to assessment of the potential toxicity of metallic elements and their compounds. Bioavailability depends on biological parameters and on the physicochemical properties of metallic elements, their ions, and their compounds. These in turn depend upon the atomic structure of the metallic elements, which is systematically described by the periodic table. Thus, any classification of the metallic elements to be used in scientifically based legislation must itself be based on the periodic table or some subdivision of it. Some possibilities for this have been discussed in this document.

DUFFUS, J.F. "HEAVY METALS"—A MEANINGLESS TERM?

IUPAC Technical Report - *Pure Appl. Chem.*, Vol. 74, No. 5, pp. 793–807, 2002.

# Metais Tóxicos



800

J. H. DUFFUS

## 4. POSSIBILITIES FOR A CHEMICAL CLASSIFICATION OF METALLIC ELEMENTS AS A BASIS FOR TOXICITY ASSESSMENT WITHOUT ANY REFERENCE TO "HEAVINESS"

### 4.1 Introduction

In order to replace current terminology with something better for toxicity assessment or for the consideration of potential biological effects, it is desirable to establish an appropriate chemical classification of metals. Any such classification may have some weaknesses in practice depending upon the use envisaged [5,46], but at least its scientific basis will be sound because chemical properties determine what biological functions are possible [47].

A functional chemical classification of metals for use by scientists (including toxicologists), policy makers, and regulators must be related to relevant biological and environmental processes and must provide a scientific basis for the consideration of chemical speciation and biological uptake selectivity [48], functional role [46,49–51], and toxicity [52]. With this in mind, there are various possibilities that will be considered below.

**Table 3** Biological significance of classification of metals based on the last electron subshell in the atom to be occupied (after [3]).

| Grouping | Biologically significant chemical properties   |
|----------|--|
| s-block  | The alkali metal ions are highly mobile, normally forming only weak complexes. Biologically, they act chiefly as bulk electrolytes. The alkaline earths form more stable complexes and have more specialized functional roles as structure promoters and enzyme activators. Neither group has any significant redox chemistry in vivo. |
| p-block  | Some limited redox chemistry, e.g., $Pb^{4+}/Pb^{2+}$ complicates the action of these metals. They generally form more stable complexes than the s block. The higher atomic number elements tend to bind strongly to sulfur; this is a major cause of their toxicity (see Section 4.3 on Class B metal ions).                          |
| d-block  | Shows an extremely wide range of both redox behavior and complex formation. These properties underlie their catalytic role in enzyme action.   |
| f-block  | The lanthanide and actinide elements show a wide range of redox behavior and complex formation. Usually biologically unimportant, but some (the actinide group) may be significant pollutants.   |

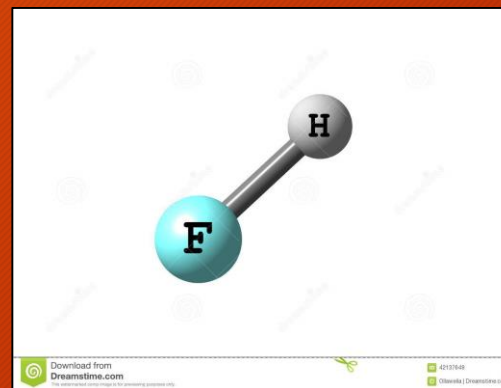
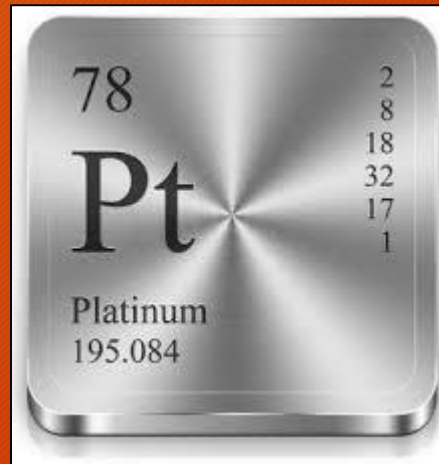
- Uma classificação química funcional de metais para uso dos cientistas, legisladores e reguladores deve ser relevante aos processos biológicos e ambientais. Deve fornecer base científica para a consideração da especiação química, função e toxicidade.

**DUFFUS, J.F. "HEAVY METALS"—A MEANINGLESS TERM?**

IUPAC Technical Report - *Pure Appl. Chem.*, Vol. 74, No. 5, pp. 793–807, 2002.

# Metais Tóxicos

Metais são tipicamente definidos por propriedades do elemento no estado sólido. Incluem reatividade alta, alta condutividade elétrica, ductilidade mecânica e resistência.



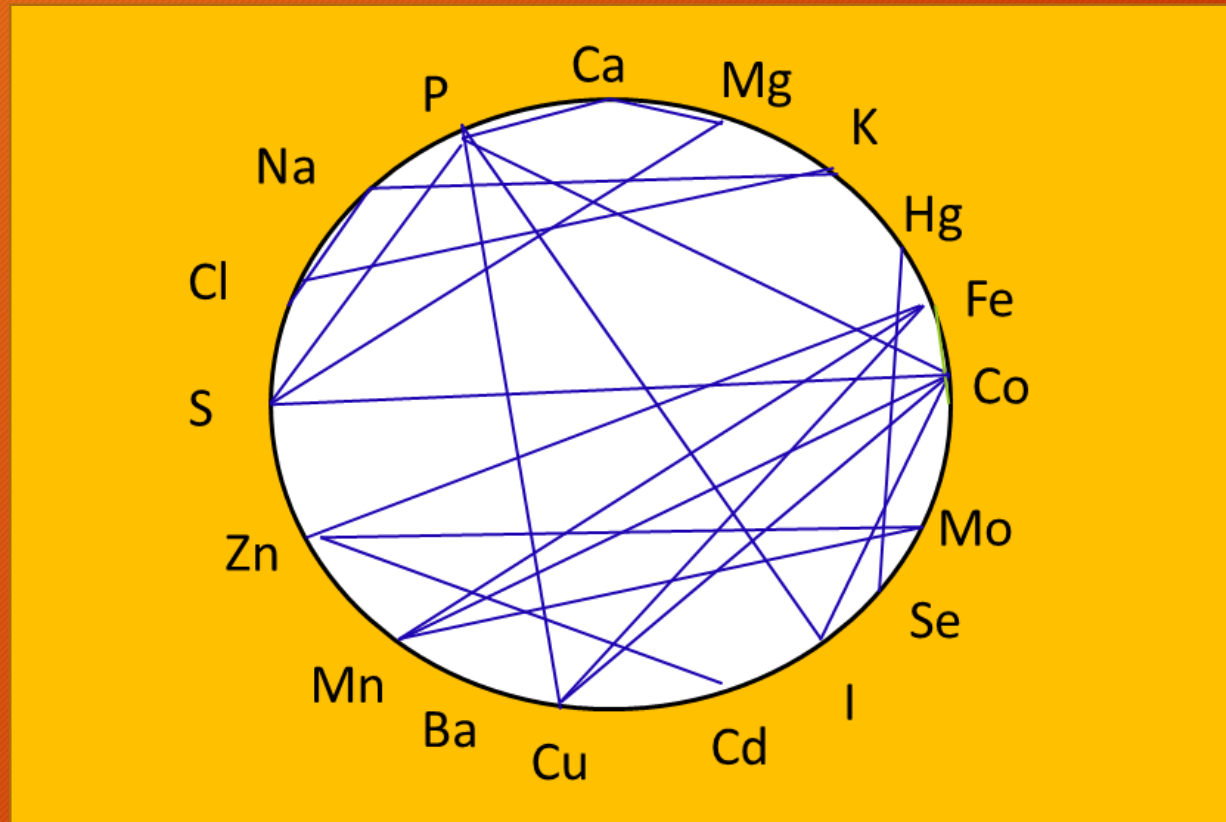
Muitos metais têm significância tóxica para os humanos como chumbo e cádmio. Outros são essenciais como zinco e cobre, outros têm propriedades medicinais como platina e bismuto, outros são metalóides tóxicos como arsênio e antimônio e outros são não metais tóxicos como selênio e fluoreto.

# Metais Tóxicos



- O uso antropogênico dos metais influencia os níveis no ar, água, solo e alimentos;
- O uso antropogênico dos metais pode alterar a forma química ou a especiação de um elemento e impactar em seu potencial tóxico;
- Como espécies elementares, não são biodegradáveis;
- Sua não destruição, combinada com a bioacumulação contribuem para a preocupação em relação à sua presença;
- Algum nível de exposição é inevitável;
- Todos os organismos vivos são forçados a conviver com estes elementos potencialmente tóxicos.

## Interações dos elementos minerais nos alimentos



Efeitos fisiológicos (incluindo toxidez) Cd - relacionado com Zn  
Fe - Co, Cu e também - Mo e Zn

Se - relacionado com o Hg

# Aspectos Nutricionais



- Selênio
  - 1930: altamente tóxico
  - 1943: carcinogênico
  - 1957: elemento essencial (quantidades traço)
  - 1966: anti-carcinogênico
  - Alho, castanha do Brasil, grãos e frutos do mar
  - Funções: previne ataques cardíacos; imunodeficiência; infertilidade masculina; prevenção catarata



Nogueira, A.R.; *Workshop de Laboratórios de Alimentação Animal*, Pedro Leopoldo, MG, 2017

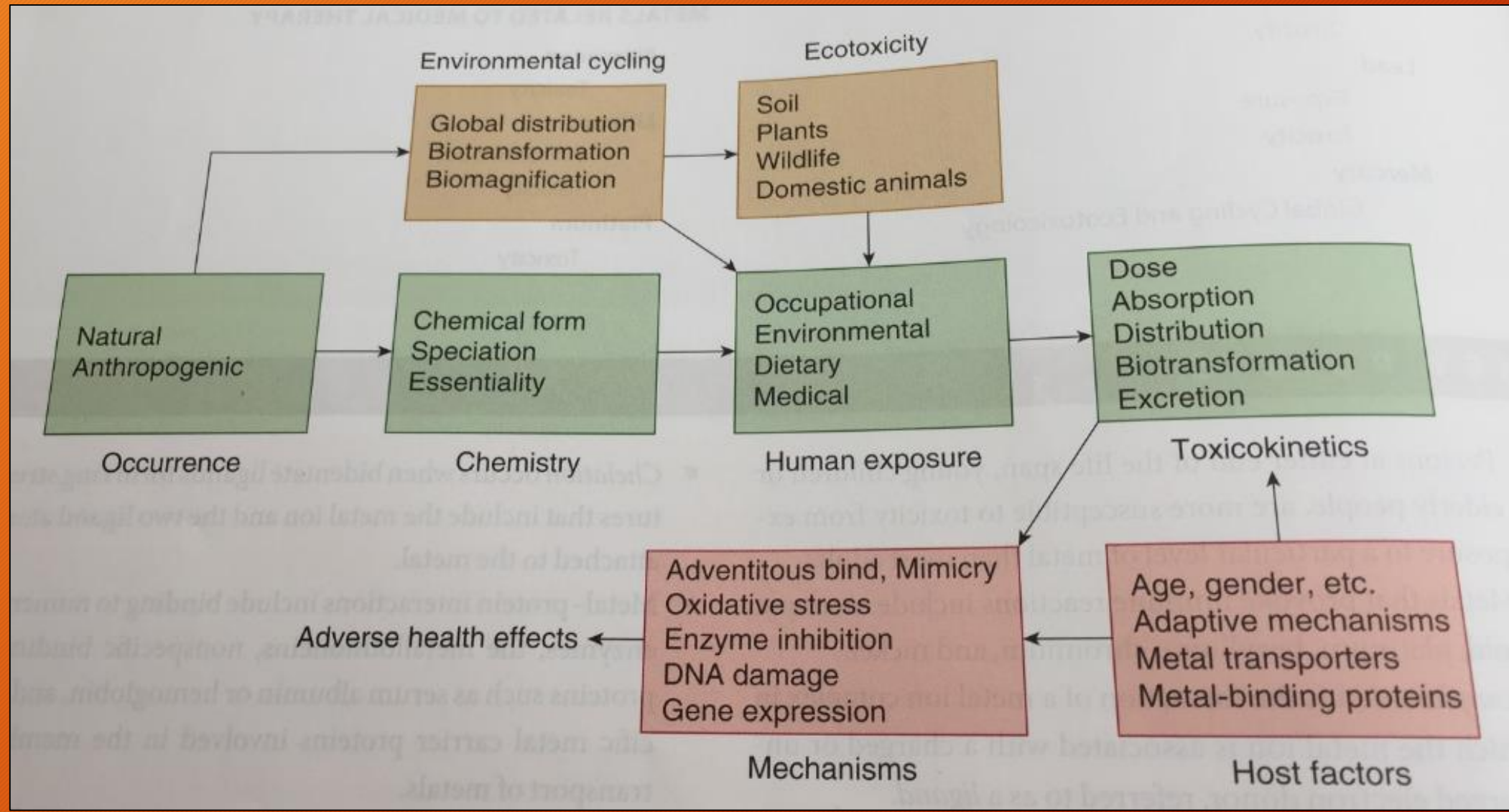


# Efeitos desejáveis e indesejáveis



- Dose diária recomendada: 50 - 200  $\mu\text{g}$
- > 200  $\mu\text{g}$  / dia durante longo período: instabilidade emocional, odor alho, perda de cabelo e unhas





# Fatores que impactam na toxicidade dos metais



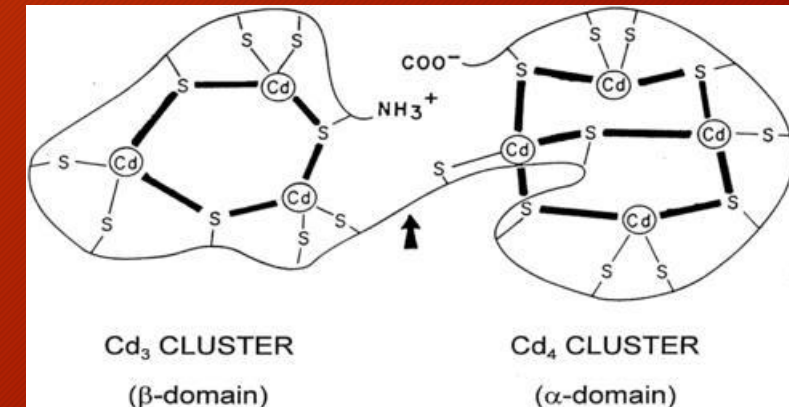
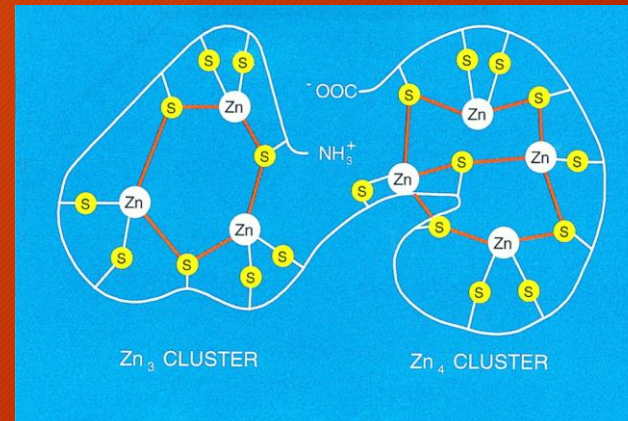
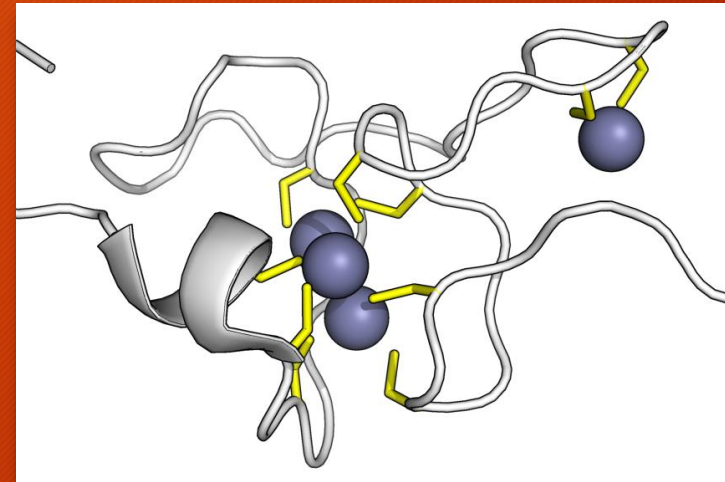
- Fatores relacionados à exposição:
  - Dose
  - Rota de exposição
  - Duração
  - Frequência de exposição
- Jovens são mais suscetíveis à intoxicação por metais
- Idosos são mais suscetíveis à toxicidade dos metais que adultos jovens
- Estilo de vida (fumantes, consumidores de álcool)

- Fatores que impactam na toxicidade:
  - Idade quando da exposição
  - Gênero (sexo)
  - Capacidade de biotransformação



# Ligações com proteínas e transportadores de metais

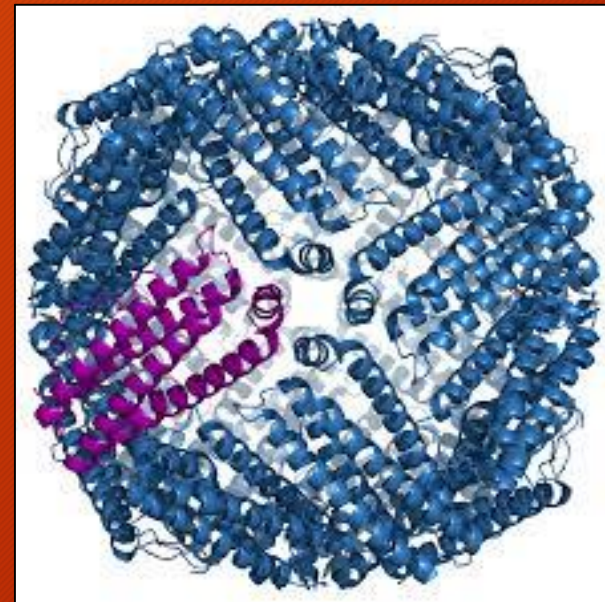
Metalotioninas - Os ligantes tiol são a base para uma alta afinidade de ligação de vários metais essenciais e tóxicos incluindo zinco, cádmio, cobre e mercúrio.



# Ligações com proteínas e transportadores de metais

Transferrina - glicoproteína que se liga ao íon férrico no plasma e auxilia no transporte de ferro pelas membranas celulares.

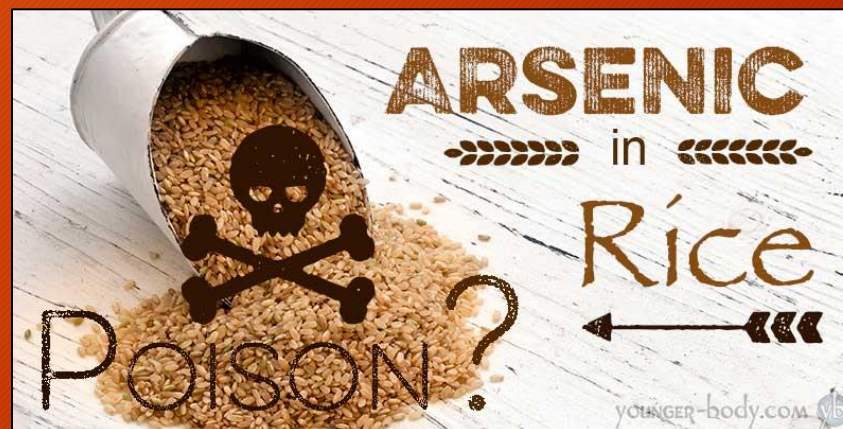
Ferritina é primordialmente uma proteína de armazenamento para o ferro e pode servir como uma proteína detoxificante, ligando-se a metais tóxicos como cádmio, zinco, berílio e alumínio.



# Arsênio

Elemento de ocorrência natural na crosta terrestre. Quando puro apresenta-se acinzentado. Encontra-se normalmente combinado com oxigênio, cloro, enxofre, etc. Apresenta-se na forma de compostos orgânicos e inorgânicos oriundos de fontes naturais e/ou antropogênicas (combustíveis fósseis, raticidas, tintas, pesticidas, herbicidas etc.).

Pela sua ampla distribuição no ambiente, o homem é exposto a baixos teores do metal. Os alimentos (peixes e crustáceos) são a principal fonte de exposição ao Arsênio (As), quantidades menores são oriundas de água potável e ar.



Efeitos tóxicos crônicos:

Fígado: icterícia, cirrose hepática  
Câncer: reconhecido como causador de câncer de pele e pulmão em humanos.

# Cádmio



Encontrado na natureza associado com zinco, em minérios e solos.



Cerca de 75% do cádmio produzido é usado em baterias, especialmente as de Ni-Cd.



Na agricultura, uma fonte direta de contaminação pelo cádmio é a utilização de fertilizantes fosfatados.

Crustáceos, rins e fígado animais podem acumular altos níveis de Cd.

A galvanoplastia é um dos processos industriais que mais utiliza o cádmio.

A água é outra fonte de contaminação e deve ser considerada pelo seu consumo direto e também no preparo de alimentos e fabricação de bebidas.

# Chumbo

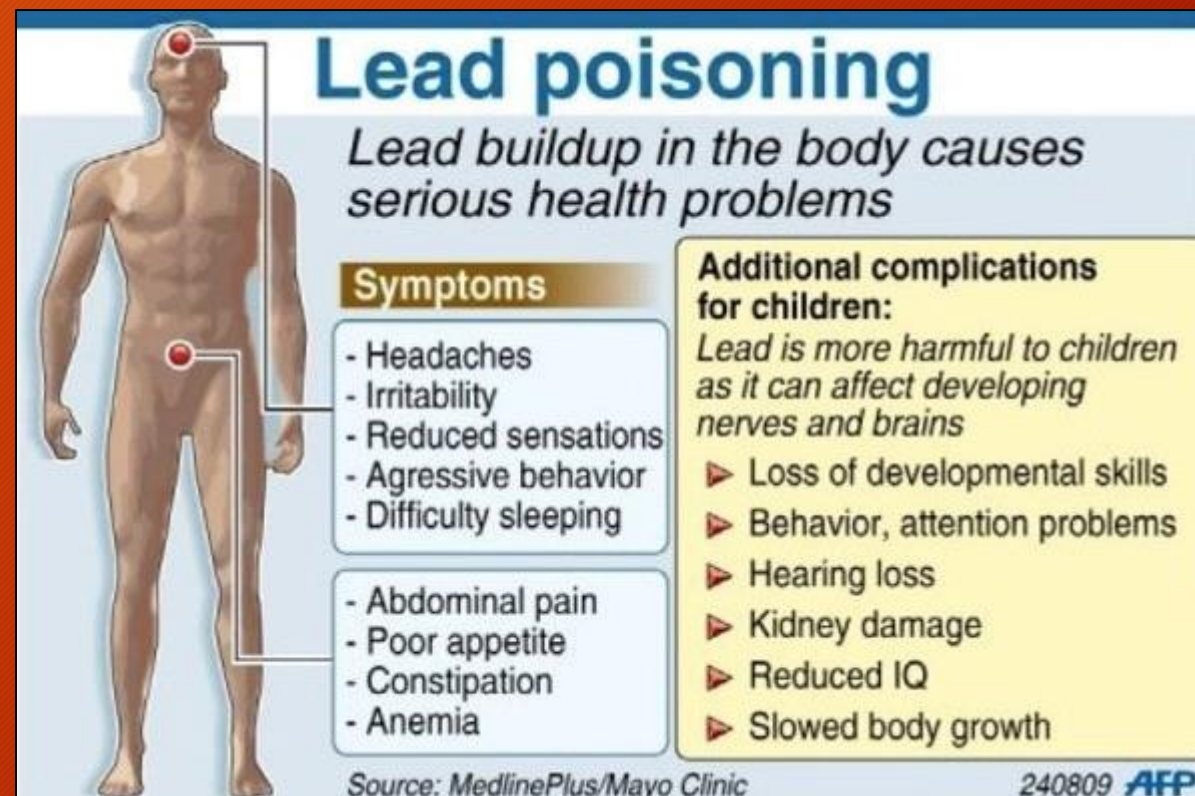
Metal encontrado naturalmente e detectado em todas as fases do ambiente e todos os sistemas biológicos.

As concentrações de chumbo no organismo humano decaíram após a retirada deste da gasolina.

A mais importante rota de exposição para a população são alimentos e água.

Compostos:  
-encanamentos  
-tintas  
-vidros  
-baterias  
indústrias  
automotivas  
soldas  
ligas metálicas

Intoxicação:  
animais de  
produção são  
os mais  
suscetíveis



## Lead poisoning

*Lead buildup in the body causes serious health problems*

**Symptoms**

- Headaches
- Irritability
- Reduced sensations
- Aggressive behavior
- Difficulty sleeping

**Additional complications for children:**  
*Lead is more harmful to children as it can affect developing nerves and brains*

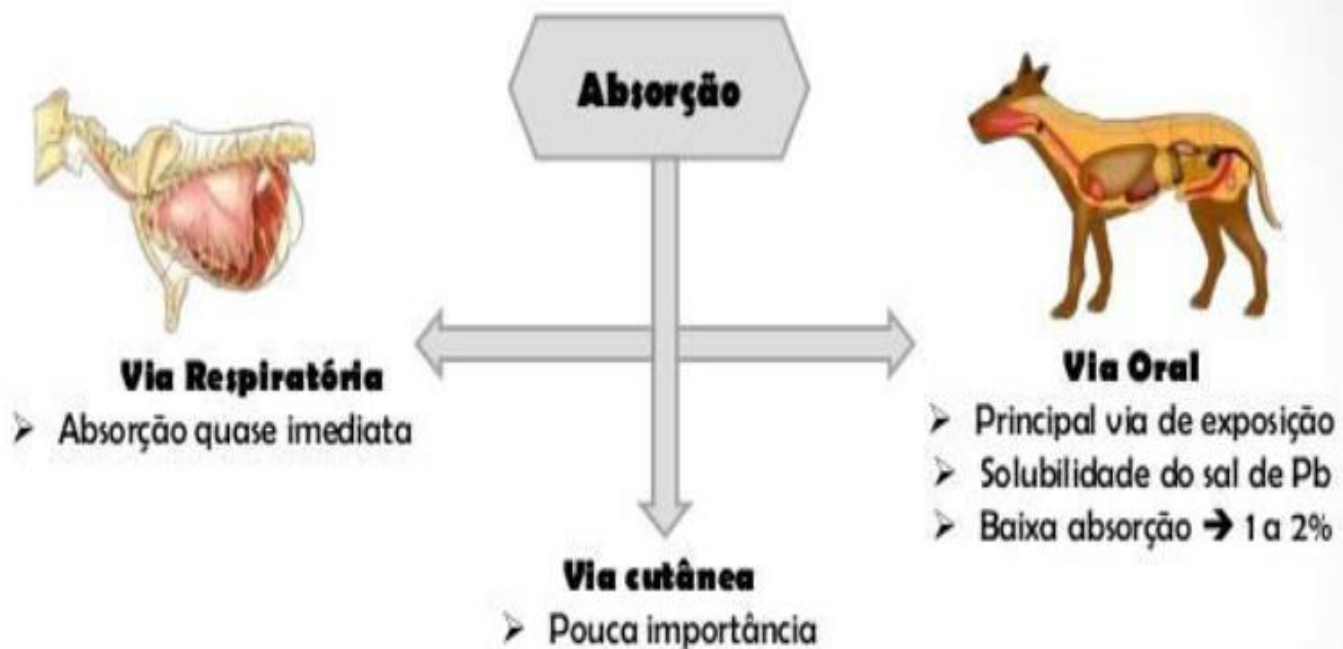
- ▶ Loss of developmental skills
- ▶ Behavior, attention problems
- ▶ Hearing loss
- ▶ Kidney damage
- ▶ Reduced IQ
- ▶ Slowed body growth

Source: MedlinePlus/Mayo Clinic 240809 AFP



# Chumbo

## TOXICOCINÉTICA



Animais Jovens :  
Absorvem maiores  
quantidades de  
chumbo do que  
indivíduos adultos

(SPINOSA et al., 2008)

# Chumbo -Sinais

(SPINOSA et al., 2008)

## SINAIS CLÍNICOS



- Alterações respiratórias
  - Anorexia
  - Dor abdominal
- Paralisia de membros pélvicos e torácicos
  - Depressão nervosa
    - Convulsões
    - Morte

## SINAIS CLÍNICOS



- Sinais Nervosos**
  - Alterações comportamentais
    - Apatia
    - Ataxia
    - Nistagmo
    - Opistótomo
    - Convulsões
- Sinais Gastrointestinais**
  - Vômitos
  - Anorexia
  - Dor abdominal
  - Diarreia

# Chumbo - Toxicidade

| <b>Espécie</b>  | <b>Dose letal (aguda)</b>               |
|-----------------|---|
| Bovinos adultos | 600-800 mg/kg de sais de Pb             |
| Equinos         | 500-750g de Pb como acetato             |
| Cães            | 10-25g de dose total como acetato de Pb |

(BOOTH & McDONALD, 1992)

# Mercúrio



Presente no meio ambiente sob a forma de compostos orgânico e inorgânicos. Responsável por vários casos de intoxicação humana e animal. Utilizado em diversos ramos da atividade humana.



Contaminação:

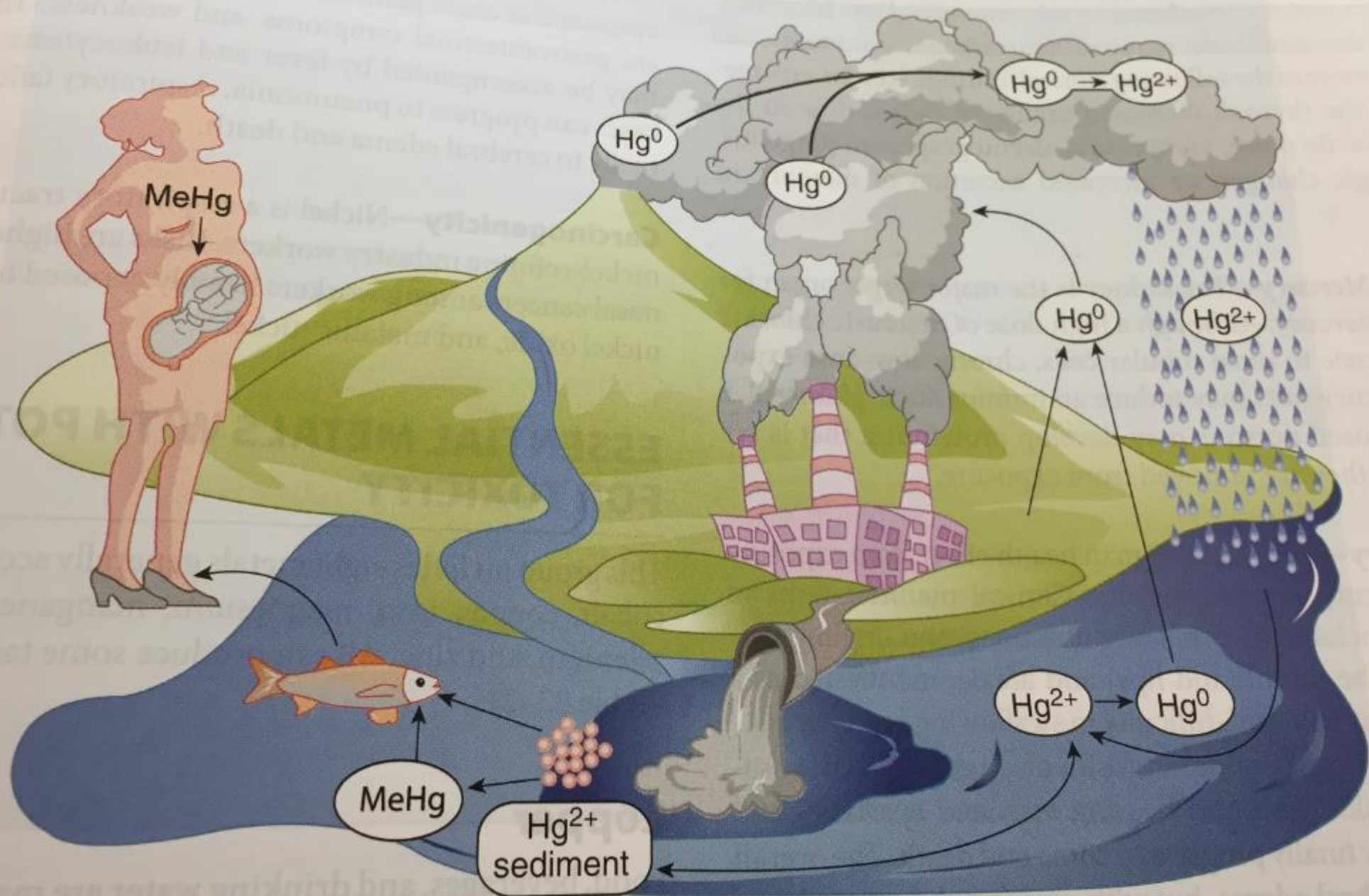
Alimentos: peixes contendo teores elevados do metal.

Ocupacional: garimpos, fábricas de lâmpadas, odontologia,

Ambiental: ar e água contendo elevados teores do metal.

Sinais e sintomas de intoxicação:

Depressão, fadiga, tremores, descontrole motor, perda de memória; estomatite, dentes soltos; alucinações, febre, redução do campo visual.



O movimento do mercúrio no ambiente. No topo da cadeia alimentar, o Hg em tecidos pode ter níveis 1.800 a 80.000 vezes maiores que os níveis na água original.

# Controle de Metais Tóxicos - Os regulamentos para alimentos



PNCRC/ Plano Nacional de Controle de Resíduos e Contaminantes - Monitoramento anual em produtos de origem animal como carnes, mel, ovos, etc.

Por serem tão importantes, tão presentes e eventualmente muito perigosos, os metais tóxicos são objeto de muitos controles.

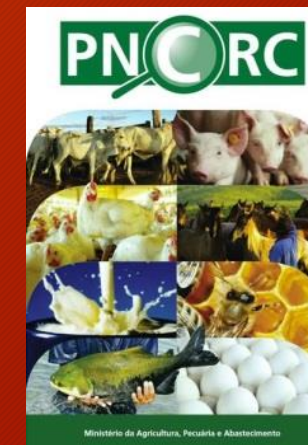
RDC Nº 42 de 29 de Agosto de 2013 - Regulamento Técnico Mercosul sobre limites Máximos de Contaminantes Inorgânicos em Alimentos



# Plano Nacional de Controle de Resíduos e Contaminantes 2017



|               | Matriz  | Limites de referência (µg/kg) |         |        |      |                  |               | Numero de amostras   |
|---------------|---------|-------------------------------|---------|--------|------|------------------|---------------|--|
|               |         | Bovinos                       | Equinos | Suínos | Aves | Avestruz /Coelho | Caprino/Ovino |  |
| Arsênio (As)  | Músculo | -                             | -       | -      | -    | -                | 1000          | Bovinos - 200<br>Aves - 200<br>Suínos - 150<br>Avestruz - 5<br>Caprinos - 4<br>Equinos - 40<br>Coelhos - 6 |
|               | Rim     | 1000                          | -       | 1000   | -    | -                | -             |  |
|               | Fígado  | -                             | 200     | -      | 1000 | 1000             | -             |  |
| Cadmio (Cd)   | Músculo | -                             | 200     | -      | -    | -                | -             |  |
|               | Rim     | 1000                          | -       | 1000   | -    | -                | 1000          |  |
|               | Fígado  | -                             | -       | -      | 500  | 500              | -             |  |
| Chumbo (Pb)   | Músculo | -                             | -       | -      | -    | -                | -             |  |
|               | Rim     | 500                           | 500     | 500    | -    | -                | 500           |  |
|               | Fígado  | -                             | -       | -      | 500  | 500              | -             |  |
| Mercúrio (Hg) | Músculo | 30                            | -       | 30     | 30   | -                | -             | Bovinos - 30<br>Suínos - 30<br>Aves - 30   |



# Controle de Metais Tóxicos - Os laboratórios



As análises são realizadas por laboratórios acreditados pelo INMETRO, e/ou pertencentes às redes do LANAGRO, REBLAS ou autorizados pelos órgãos regulamentadores.



# Controle de Metais Tóxicos - As metodologias



As metodologias aceitas são as oficiais ou desenvolvidas internamente e validadas. Devem atender aos requisitos estabelecidos nos documentos oficiais:

Manual de Garantia da Qualidade Analítica - Resíduos e Contaminantes em Alimentos. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, Secretaria da Defesa Agropecuária - Brasília 2011.

•Manual de Validação, verificação/confirmação de desempenho, estimativa de incerteza de medição e controle de qualidade interlaboratorial - DEQ/CGAL, Nov/2014

•INMETRO - Orientação sobre validação de métodos analíticos - DOQ-CGRE-008 Ver 05 Agosto 2016.

•2016 AOAC International Appendix F: Guidelines for Standard Methods Performance Requirements

•Guia para validação de métodos analíticos e controle de qualidade interna das análises de monitoramento do plano nacional de resíduos e contaminantes - PNCRC ANIMAL

EC (European Commission) Commission Decision.2002/657/EC of 12 august 2002. Implementing Council Directive96/23/EC concerning performance of analytical methods and the interpretation of results.

# Controle de Metais Tóxicos - As técnicas



A presença de contaminantes nos produtos controlados são da ordem de partes por milhão (ppm) ou menos. As técnicas instrumentais devem ser capazes de detectar com precisão estes valores e os limites de detecção e quantificação devem ser inferiores aos limites máximos permitidos pela legislação dos diferentes produtos.

As técnicas mais utilizadas são:

Espectrometria de Absorção atômica - Chama

Espectrometria de Absorção Atômica com Gerador de Hidretos

Espectrometria de Absorção Atômica com Forno de Grafite

Espectrometria de emissão óptica com plasma acoplado indutivamente (ICP OES, ICP *Optical Emission Spectrometry*).

Espectrometria de massa acoplada ao plasma indutivo (ICP-MS, *Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry*)

Fluorescência de raios-X com reflexão total (TXRF, *Total reflection X-ray Fluorescence*),

# Controle de Metais Tóxicos - Escolha das Técnicas



A escolha das técnicas- seja para digestão das amostras, seja de leitura dos teores dos elementos é fortemente dependente da matriz, não só para exposição do elemento mas pela real utilidade do resultado.

As técnicas de abertura mais utilizadas envolvem diluições em soluções aquosas, solventes orgânicos e digestões com ácidos - nítrico, sulfúrico, perclórico, misturas de ácidos.

A utilização de equipamentos de microondas para a digestão das amostras é fortemente recomendada por que além de um consumo menor de reagentes - o processo é fechado provocando um aumento da pressão no tubo e um tempo menor de reação, além de prevenir a perda de metais voláteis como o mercúrio, por exemplo.

# Controle de Metais Tóxicos - Escolha das Técnicas



Exemplo I: A avaliação da presença de metais tóxicos em solos busca reproduzir os processos de solubilização e lixiviação naturais nas áreas investigadas.

Não serão utilizados processos fortes de digestão quando as áreas estão expostas apenas à chuvas que não vão expor o metal. Não se trata de recuperar o metal e sim de avaliar quando este estaria realmente disponível e contaminando o ambiente.

Exemplo II: A avaliação da presença de metais tóxicos em água não passa por nenhum processo de digestão.

Exemplo III: A avaliação da presença de metais tóxicos em brinquedos ou materiais de festas deve simular os processos de solubilização dentro do organismo humano e a disponibilidade do metal a partir destes processo e não a determinação da presença na rede do material, que poderia ser detectada por raio- X, por exemplo, mas nunca estaria disponível a partir dos ácidos do corpo humano.

# Controle de Metais Tóxicos - Escolha das Técnicas- Especificação



A quantificação de um elemento químico em uma determinada matriz, em sua forma total, já não traz mais informações relevantes para um completo entendimento da maneira pela qual este elemento afetará os organismos vivos ou um ambiente, tendo em vista que além da toxicidade, a biodisponibilidade e a mobilidade de um elemento estão diretamente relacionados às diferentes espécies/formas químicas existentes deste elemento.

As análises realizadas para encontrar e quantificar as diferentes espécies presentes numa amostra são denominadas especificação química.

A especificação química é a distribuição de um elemento entre espécies químicas definidas em um sistema( *International Union of Pure and Applied Chemistry* (IUPAC)). Em outras palavras, é a distribuição das diferentes espécies de um dado elemento químico numa amostra, considerando as espécies complexadas e não complexadas e a distinção entre os diferentes estados de oxidação.

# Controle de Metais Tóxicos - Escolha das Técnicas- Especificação



A especificação química é uma importante ferramenta para os estudos de toxicologia dos metais, pois os efeitos tóxicos dos elementos, sua disponibilidade ou transferência como de uma ração para um animal, estão diretamente relacionados às diferentes formas químicas nas quais se encontram nos seres vivos, alimentos e ambiente.

Exemplos típicos desta necessidade de conhecimento e separação das espécies são os compostos de Arsênio e Mercúrio

No caso do Arsênio, a forma inorgânica é muito mais tóxica do que a orgânica.

O Mercúrio é tóxico para a maioria das espécies marinhas, dependendo da forma e dose. A forma metilada, Methyl Mercúrio, além de biodisponível e bioacumulativa é mais tóxica do que o Mercúrio Inorgânico.

# Controle de Metais Tóxicos - Escolha das Técnicas- Especificação



Pelas diferenças entre os efeitos das formas é fundamental desenvolver /adaptar métodos que possibilitem a separação e quantificação das diferentes formas.

Na especificação são empregadas técnicas de separação - cromatográficas líquida, gasosa, iônica, acoplada com técnicas de alta sensibilidade como espectrometria de massa com fonte de plasma (ICP-MS).

É preciso lembrar que além dos teores de contaminantes serem baixos, após a especificação serão menores ainda.

Mesmo com todo avanço das técnicas instrumentais, metodologias de pré concentração, separação ou digestões sequenciais, ainda são frequentemente necessárias, devido à baixa concentração do analito e à presença de interferentes na matriz.

# Controle de Metais Tóxicos - Premix e Rações



O controle de metais pesados em alimentos começa pelo controle dos premixes e rações formulados para a alimentação dos animais de produção.

A maneira mais eficiente de garantir a inocuidade dos alimentos para animais é a qualificação de fornecedores de matérias primas a partir da definição das especificações e monitoramento sistemático, considerando na matriz nutricional a soma das contribuições dos diferentes componentes assegurando que estejam abaixo dos limites máximos permitidos o que vai garantir o limite máximo permitido no alimento final de origem animal.

Baseadas nos limites máximos permitidos para os produtos finais foram elaboradas as tabelas com os limites máximos permitidos para as matérias primas dos alimentos para animais, descritas nas diretivas da comunidade europeia:

- 2002/32/EC -Undesirable substances in animal feed e suas modificações:
- 2205/87/EC
- 2009/141/EC e
- 2010/6/EC



# Controle de Metais Tóxicos - matérias-primas



**DIRECTIVA 2002/32/CE DO PARLAMENTO EUROPEU E DO CONSELHO**  
**de 7 de Maio de 2002**  
**relativa às substâncias indesejáveis nos alimentos para animais**  
(JO L 140 de 30.5.2002, p. 10)

▼M14

ANEXO I

LIMITES MÁXIMOS DE SUBSTÂNCIAS INDESEJÁVEIS, NA ACEPÇÃO DO ARTIGO 3.º, N.º 2

SECÇÃO I: CONTAMINANTES INORGÂNICOS E COMPOSTOS AZOTADOS

| Substância indesejável | Produtos destinados à alimentação animal  | Limite máximo em mg/kg (ppm) de alimento para um teor de humidade de 12 % |
|------------------------|---|---|
| ▼M19                   |   |   |
| 1. Arsénio (1)         | Matérias-primas para alimentação animal com exceção de:   | 2   |
|                        | — farinha fabricada com erva, luzerna desidratada e trevo desidratado, bem como polpa de beterraba sacarina desidratada e polpa de beterraba sacarina desidratada e melaçada, | 4   |
|                        | — bagaço de palmiste obtido por pressão,  | 4 (2)   |
|                        | — fosfatos e algas marinhas calcárias,  | 10  |
|                        | — carbonato de cálcio, carbonato de cálcio e magnésio (1b), conchas marinhas calcárias,   | 15  |
|                        | — óxido de magnésio, carbonato de magnésio,   | 20  |
|                        | — peixes, outros animais aquáticos e produtos deles derivados,  | 25 (2)  |
|                        | — farinha de algas marinhas e matérias-primas para alimentação animal derivadas de algas marinhas.  | 40 (2)  |
|                        | Partículas de ferro utilizadas como marcador.   | 50  |
|                        | Aditivos para alimentação animal pertencentes ao grupo funcional dos compostos de oligoelementos com exceção de:  | 30  |
|                        | — sulfato cúprico penta-hidratado, carbonato cúprico, cloreto e tri-hidróxido de dicobre, carbonato ferroso,  | 50  |
|                        | — óxido de zinco, óxido manganoso e óxido cúprico.  | 100   |
|                        | Alimentos complementares para animais com exceção de:   | 4   |
|                        | — alimentos minerais para animais,  | 12  |

# Controle de Metais Tóxicos- Considerações Finais



É sempre melhor avaliar os teores de Metais Tóxicos nas matérias primas componentes do alimento: as matrizes são menos complexas, os teores são maiores, possibilita a escolha entre diferentes matérias primas ou lotes de uma mesma matéria prima ou diferentes fornecedores da mesma matéria prima.

- Atenção especial deve ser dada aos veículos, aos macros ingredientes e aos minerais componentes da fórmula, quanto ao teor de Metais Tóxicos ou mesmo outros minerais: dependendo do seu processamento anterior pode carregar contaminações, e é preciso considerar que a sua inclusão é sempre alta e qualquer presença indesejável pode ser muito representativa no alimento final.

- O produto final deve ser também periodicamente avaliado para validar as formulações e o atendimento aos limites máximos permitidos para os metais tóxicos.

O monitoramento sistemático da matéria prima possibilita avaliar a consistência do processo de produção do fabricante. Qualquer alteração no processo de produção necessita ser notificada e avaliada quanto aos seus efeitos no alimento.

# Controle de Metais Tóxicos - Considerações Finais



Muitos limites máximos de contaminantes foram definidos a partir da disponibilidade de metodologias e equipamentos adequados para mensurá-los.

Por esta razão, o desenvolvimento de técnicas cada vez mais sensíveis, seletivas e precisas é constante e os laboratórios que se dedicam à realização destas análises necessitam buscar a constante e consistentemente seu aperfeiçoamento e evolução técnica.

# Controle de Metais Tóxicos - Considerações Finais

