



UNIVERSIDADE
ESTADUAL de LONDRINA

PAULA ROBERTA MENDES

CHUMBO EM ALIMENTOS:
AVALIAÇÃO DO RISCO DA EXPOSIÇÃO
DA POPULAÇÃO BRASILEIRA

Brasília
2015

PAULA ROBERTA MENDES

**CHUMBO EM ALIMENTOS:
AVALIAÇÃO DO RISCO DA EXPOSIÇÃO
DA POPULAÇÃO BRASILEIRA**

Dissertação apresentada ao Programa de Mestrado Profissional em Toxicologia Aplicada à Vigilância Sanitária da Universidade Estadual de Londrina, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre.

Orientadora: Profa. Dra. Eloisa Dutra Caldas,
Laboratório de Toxicologia/ Curso de Ciências Farmacêuticas/ Faculdade de Ciências da Saúde/ Universidade de Brasília

Brasília
2015

**Catálogo elaborado pela Divisão de Processos Técnicos da Biblioteca Central da
Universidade Estadual de Londrina**

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)

M538c Mendes, Paula Roberta.

Chumbo em alimentos : avaliação do risco da exposição da população brasileira / Paula Roberta Mendes. – Londrina, 2015.
63 f. : il.

Orientador: Eloisa Dutra Caldas.

Dissertação (Mestrado Profissional em Toxicologia Aplicada à Vigilância Sanitária) – Universidade Estadual de Londrina, Centro de Ciências da Saúde, Programa de Pós-Graduação em Toxicologia Aplicada à Vigilância Sanitária, 2015.
Inclui bibliografia.

1. Chumbo – Toxicologia – Teses. 2. Alimentos – Teses. 3. Avaliação de riscos de saúde – Teses. 4. Exposição a agentes químicos – Teses. I. Caldas, Eloisa Dutra. II. Universidade Estadual de Londrina. Centro de Ciências da Saúde. Programa de Pós-Graduação em Toxicologia Aplicada à Vigilância Sanitária. III. Título.

CDU 615.9

PAULA ROBERTA MENDES

**CHUMBO EM ALIMENTOS:
AVALIAÇÃO DO RISCO DA EXPOSIÇÃO
DA POPULAÇÃO BRASILEIRA**

Dissertação apresentada ao Programa de Mestrado Profissional em Toxicologia Aplicada à Vigilância Sanitária da Universidade Estadual de Londrina, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre.

BANCA EXAMINADORA

Profa. Dra. Eloisa Dutra Caldas
Orientadora
Universidade de Brasília

Profa. Dra. Monica Maria Bastos Paoliello
Componente da Banca
Universidade Estadual de Londrina

Profa. Dra. Maria Hosana Conceição
Componente da Banca
Universidade de Brasília

Brasília, 26 de junho de 2015.

*Dedico este trabalho à minha família,
sempre presente.*

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Eloisa por ter aceitado o desafio da orientação, mesmo sabendo de minhas limitações pessoais. Sou-lhe muito grata pela compreensão e por propiciar tanto aprendizado ao longo deste programa e dos anos de convivência no Grupo Técnico de Contaminantes em Alimentos, na ANVISA e no *Codex Alimentarius*.

A Monica pelo apoio técnico, companheirismo e amizade. Sempre presente apesar da distância!

A Daniela B. C. Gomes, pelos bons momentos durante o curso e no trabalho.

A Lígia L. Schreiner, pela participação e auxílio na escolha do tema, além do aprendizado que me proporcionou sobre contaminantes em alimentos e tantos outros.

Ao Nilton Couto e Silva, do Laboratório de Contaminantes Metálicos/Fundação Ezequiel Dias, e ao Fábio Ribeiro Campos da Silva, da Anvisa, pela ajuda com os dados de concentração de chumbo em alimentos.

Aos colegas do mestrado pelos agradáveis momentos durante as aulas e nos intervalos, e pela acolhida e carinho às minhas filhas, sempre presentes.

Aos colegas da ANVISA pela convivência e compartilhamento de experiências, aprendizados e frutos de trabalho.

Aos colegas dos Laboratórios Centrais de Saúde Pública e das Vigilâncias Sanitárias que direta ou indiretamente participaram da coleta de amostras e da determinação do teor de chumbo em alimentos e, conseqüentemente, participaram deste trabalho.

Don't sweat the small stuff; what doesn't matter, doesn't matter.

Marla Cilley

MENDES, Paula Roberta. **Chumbo em alimentos**: avaliação do risco da exposição da população brasileira. Brasília, 2015. 63 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Toxicologia Aplicada à Vigilância Sanitária) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2015.

RESUMO

O chumbo é um metal tóxico ubíquo, cuja distribuição no ambiente é afetada por atividades antrópicas. O chumbo provoca efeitos nocivos à saúde humana, principalmente das crianças. A principal via de exposição humana não ocupacional ao chumbo é pela dieta. A avaliação do risco pode subsidiar ações de gerenciamento e comunicação de risco por parte dos agentes governamentais. Este estudo avaliou o risco da exposição ao chumbo pela dieta na população brasileira com 10 ou mais anos de idade. Os dados da concentração de chumbo em alimentos foram obtidos de determinação laboratorial realizada pelo governo e pelo setor produtivo de alimentos, e de referências normativas. Os dados de consumo de alimentos pela população foram obtidos da Pesquisa de Orçamentos Familiares (POF) 2008-2009, do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). O consumo de água adotado foi 2,0 L/dia. O peso mediano da população (63,85 kg) foi calculado a partir dos dados da POF. A ingestão média per capita de chumbo na população brasileira com 10 ou mais anos de idade foi de 0,1442 mg/dia (2,26 µg/kg p.c./dia). Os alimentos que mais contribuíram para a exposição ao chumbo foram feijão (25%) e arroz (18%), principais alimentos da dieta tradicional brasileira, o que reforça a necessidade de diversificação da dieta. As boas práticas na produção, fabricação e embalagem de alimentos podem contribuir para que os níveis de chumbo sejam os menores valores possíveis. Para cálculo da margem de exposição (MOE), utilizaram-se os *benchmark dose lower confidence limits* (BMDL) correspondentes aos efeitos em adultos sobre a pressão sanguínea sistólica e sobre a prevalência de doença renal crônica (1,50 e 0,63 µg/kg p.c./dia respectivamente), correspondendo a MOE de 0,664 e 0,279. Estes valores não excluem a possibilidade de risco à saúde advindo da exposição a chumbo. Não foi possível avaliar a exposição de crianças devido à falta de dados de consumo de alimentos para esta população. Esta informação deve ser considerada pelo IBGE no planejamento de POF futura.

Palavras-chave: Chumbo. Alimento. Exposição Química. Avaliação do Risco na dieta.

MENDES, Paula Roberta. **Lead**: dietary risk assessment of the Brazilian population. Brasília, 2015. 63f. Dissertation (Professional Master's Degree in Toxicology Applied to Health Surveillance) – State University of Londrina, Londrina, 2015.

ABSTRACT

Lead is a ubiquitous toxic metal whose distribution in the environment is affected by human activities. Lead causes harmful effects on human health, particularly children. The major route of non-occupational human exposure to lead is the diet. Dietary risk assessment can support management actions and risk communication by government agents. This study evaluated the risk of dietary exposure to lead in the Brazilians with 10 or more years old. Concentration data in food were obtained from laboratorial determination made by the government, food productive sector and normative references. Food consumption data were obtained from the 2008-2009 Household Budget Survey (POF) of The Brazilian Institute of Geography and Statistics (IBGE). Water consumption was assumed to be 2.0 L/day. Mean body weight (63.85 kg) was calculated from POF. The average intake of lead per capita in the Brazilians with 10 or more years old was 0.1442 mg/day (2.26 µg/kg b.w./day). Foods that contribute most to the exposure were beans (25%) and rice (18%), the main food of the Brazilian traditional diet, which reinforces the need for diversification of the diet. The Margin of Exposure (MOE) was calculated using the benchmark dose lower confidence limit values (BMDL) related to the systolic blood pressure and chronic kidney disease in adults (1.50 and 0.63 µg/kg b.w./day respectively), and were 0.664 and 0.279. These values do not exclude the possibility of adverse health effects due to lead exposure by the Brazilians with 10 years or older. Good practices in food production, manufacturing and packaging can help ensure that lead levels are kept to the lowest possible values. In this study it was not possible to estimate the lead intake for children due to the lack of consumption data. This information should be considered by the IBGE to planning future POF.

Key words: Lead. Food. Chemical exposure. Dietary risk assessment.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 –	Componentes da análise de risco	33
Figura 2 –	Etapas da análise e avaliação do risco	34
Figura 3 –	Tipos de avaliação do risco	36
Figura 4 –	<i>Cluster diets</i> de consumo de alimentos. GEMS/Food. 2012	40

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 –	Concentração de chumbo (mg/kg) em amostras de alimento, em base úmida, coletadas em Bauru (SP) em raio de 1000 m de empresa recicladora de baterias em 2002 e 2003 - antes e depois respectivamente de interdição por contaminação ambiental por chumbo	23
Tabela 2 –	Concentração de chumbo (mg/kg peso úmido) em amostras de pescado coletadas no inverno (junho a agosto/2009) e verão (dezembro/2009 a março/2010) na Companhia de Entrepósitos e Armazéns Gerais de São Paulo (CEAGESP)	25
Tabela 3 –	Concentração de chumbo em amostras de pescados. Cananéia e Cubatão (SP). 2006 e 2007.	25
Tabela 4 –	Limites máximos de chumbo em alimentos vigentes no Brasil. Resolução-RDC nº 42, de 29 de agosto de 2013, que dispõe sobre o Regulamento Técnico MERCOSUL sobre Limites Máximos de Contaminantes Inorgânicos em Alimentos	28
Tabela 5 –	Contribuição relativa das categorias de alimentos na exposição ao chumbo pela dieta por país ou grupo de países	41
Tabela 6 –	Margem de Exposição (MOE) estimada para diferentes parâmetros críticos por população	43
Tabela 7 –	Visão geral da exposição ao chumbo na dieta, estimada para os médios e altos consumidores para diferentes subpopulações, e de estimativas de exposição não-alimentar ($\mu\text{g/kg p.c./dia}$)	44
Tabela 8 –	Resumo dos dados do monitoramento do teor de chumbo em alimentos realizado pelo Sistema Nacional de Vigilância Sanitária. Brasil. 2010-2012	48
Tabela 9 –	Dados da concentração de chumbo, consumo alimentar médio per capita, exposição ao chumbo per capita diária devida a cada categoria de alimento e contribuição relativa da categoria de alimentos sobre a exposição ao chumbo pela dieta na população brasileira (≥ 10 anos de idade)	50
Tabela 10 –	<i>Benchmark dose lower confidence limits</i> (BMDL) e Margens de Exposição (MOE) na Europa e no Brasil para efeitos do chumbo sobre a pressão sanguínea sistólica e sobre a prevalência de doença renal crônica.	51

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 –	Limites máximos de chumbo em alimentos estabelecidos pelo <i>Codex Alimentarius</i>	26
-------------------	---	----

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANVISA –	Agência Nacional de Vigilância Sanitária
BMD –	<i>benchmark dose</i>
BMDL –	<i>benchmark dose lower confidence limit</i>
BMR –	<i>benchmark response</i>
BPA –	Boas Práticas Agrícolas
BPF –	Boas Práticas de Fabricação
CAC –	<i>Codex Alimentarius Commission</i>
CAS –	<i>Chemical Abstract Service</i>
CEAGESP –	Companhia de Entrepostos e Armazéns Gerais de São Paulo
CONTAM –	<i>EFSA Panel on Contaminants in the Food Chain</i>
CP –	Consulta Pública
EAA –	espectrometria de absorção atômica
EFSA –	<i>European Food Safety Authority</i>
FAO –	<i>Food and Agriculture Organization of the United Nations</i>
GEMS/Food –	<i>Global Environment Monitoring System/ Food Contamination Monitoring and Assessment Programme</i>
IARC –	<i>International Agency for Research on Cancer</i>
IBGE –	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
ICP-OES –	espectrometria de emissão atômica com plasma de argônio indutivamente acoplado
IDA –	Ingestão Diária Aceitável
JECFA –	<i>Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives</i>
LACEN –	Laboratório Central de Saúde Pública
LM –	Limite Máximo
LOD –	<i>Limit of Detection</i> (limite de detecção)
LOQ –	<i>Limit of Quantitation</i>
MERCOSUL –	Mercado Comum do Sul
MOE –	<i>margin of exposure</i>
MS –	Ministério da Saúde
NOAEL –	<i>No Observed Adverse Effect Level</i>
NOEL –	<i>No Observed Effect Level</i>

OMS/WHO –	Organização Mundial da Saúde/ <i>World Health Organization</i>
p.c. –	peso corpóreo
PCB –	<i>Polychlorinated Biphenyls</i> (bifenilas policloradas)
PMTDI –	PMTDI - <i>Provisional Maximum Tolerable Daily Intake</i> (ingestão diária tolerável máxima provisória)
POF –	Pesquisa de Orçamentos Familiares
PTWI –	<i>Provisional Tolerable Weekly Intake</i> (ingestão tolerável semanal provisória)
QI –	Quociente de Inteligência
RfD –	<i>Reference Dose</i>
SNVS –	Sistema Nacional de Vigilância Sanitária
TDS –	<i>Total Diet Study</i>
USEPA –	<i>United States Environmental Protection Agency</i> / Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos
WHO/OMS –	<i>World Health Organization</i> / Organização Mundial da Saúde

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	14
2	REFERENCIAL TEÓRICO.....	15
2.1	CONTAMINANTES QUÍMICOS EM ALIMENTOS.....	15
2.2	O CHUMBO.....	16
2.2.1	Toxicidade do Chumbo.....	17
2.2.2	O Chumbo no Ambiente e em Alimentos.....	20
2.3	OS LIMITES E AS BOAS PRÁTICAS.....	26
2.4	AVALIAÇÃO DO RISCO DA EXPOSIÇÃO A CONTAMINANTES EM ALIMENTOS.....	31
2.4.1	Identificação e Caracterização do Perigo.....	33
2.4.2	Avaliação da Exposição.....	34
2.4.3	Caracterização do Risco	41
3	MÉTODOS.....	45
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	47
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	53
	REFERÊNCIAS.....	54

1 INTRODUÇÃO

O chumbo (Pb) é um metal tóxico ubíquo na natureza e que pode provocar efeitos nocivos à saúde humana, principalmente em crianças (FAO/WHO, 2011). A principal via de exposição humana não ocupacional ao chumbo é pela dieta (EFSA, 2010). Devem-se aplicar as boas práticas na produção, fabricação e embalagem para garantir que os níveis deste metal nos alimentos sejam os menores possíveis.

A presença de contaminantes metálicos em alimentos não pode ser totalmente eliminada, mas apenas reduzida e/ou controlada a níveis aceitáveis (MERCOSUL, 2011). Neste contexto, a avaliação do risco é essencial para subsidiar ações de gerenciamento e comunicação de risco por parte dos agentes governamentais (FAO/WHO, 2006a, 2009).

O objetivo geral deste estudo foi avaliar o risco da exposição ao chumbo pela dieta na população brasileira com 10 ou mais anos de idade.

Os objetivos específicos foram:

1. Buscar dados de monitoramento que representem a contaminação por chumbo nas diversas categorias de alimentos disponíveis para consumo no Brasil;
2. Avaliar a exposição da população brasileira com 10 ou mais anos de idade ao chumbo na dieta;
3. Caracterizar o risco desta exposição; e
4. Identificar e propor ações de gestão para diminuir a exposição da população ao chumbo na dieta.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 CONTAMINANTES QUÍMICOS EM ALIMENTOS

Pode-se definir contaminante como qualquer substância não intencionalmente adicionada ao alimento ou ração, cuja presença seja resultado da produção, manufatura, processamento, preparação, tratamento, empacotamento, embalagem, transporte ou armazenamento do alimento ou ração, ou resultante da contaminação ambiental. Este termo não inclui fragmentos de insetos, pelos de roedores ou matérias estranhas (FAO/WHO, 2015, tradução nossa).

No Brasil, no que tange à vigilância sanitária de alimentos, o primeiro conceito regulamentar atribuído a contaminante foi à época tratado como *aditivo incidental*:

“toda substância residual ou migrada presente no alimento em decorrência dos tratamentos prévios a que tenham sido submetidos a matéria-prima alimentar e o alimento in natura e do contato do alimento com os artigos e utensílios empregados nas suas diversas fases de fabrico, manipulação, embalagem, transporte ou venda” (BRASIL, 1969).

Atualmente, sob o aspecto normativo, define-se *contaminante* por:

“qualquer substância indesejável presente no alimento como resultado das operações efetuadas no cultivo de vegetais, na criação de animais, nos tratamentos zoo ou fitossanitários, ou como resultado de contaminação ambiental ou de equipamentos utilizados na elaboração e/ou conservação do alimento” (BRASIL, 1997).

Ainda no Brasil, contaminantes são “substâncias ou agentes de origem biológica, química ou física, estranhos aos alimentos e às bebidas que sejam considerados nocivos à saúde humana ou que comprometam a sua integridade” (BRASIL, 2004, 2005a). Estas definições não se esgotam, nem tampouco levam em consideração outras mais recentes e/ou apresentadas em diferentes perspectivas. Entretanto discuti-las não é mérito do presente trabalho.

A contaminação de alimentos por perigos químicos é uma questão de saúde pública que atinge todos os países e pode afetar as relações comerciais internacionais. Estes contaminantes incluem os metais pesados (contaminantes inorgânicos como chumbo, arsênio, metilmercúrio), as micotoxinas (aflatoxinas, ocratoxina A, fumonisinas, patulina), as bifenilas policloradas (*Polychlorinated Biphenyls* – PCB) e as dioxinas (WHO, 2012).

Os níveis de contaminantes, dentre os quais o chumbo, nos alimentos deverão ser os mais baixos possíveis, devendo prevenir-se a contaminação na fonte, aplicar a tecnologia mais apropriada na produção, manipulação, armazenamento, processamento e envase, de forma a evitar que um alimento contaminado seja comercializado ou consumido (MERCOSUL, 2011; BRASIL, 2013). É essencial que os contaminantes estejam em níveis aceitáveis, visando proteger a saúde pública e ao mesmo tempo não desabastecer o mercado consumidor de alimentos (BRASIL, 1998).

2.2 O CHUMBO

Na natureza o chumbo pode ser encontrado em seu estado livre sob quatro formas isotópicas (massa molar = 208, 206, 207 e 204, por ordem de abundância). Associado a outros elementos, dá origem a vários compostos. O carbonato de chumbo – cerusita (PbCO_3) – é comumente encontrado e conhecido por chumbo branco; o sulfato de chumbo (PbSO_4) constitui a anglesita; o cromato de chumbo (PbCrO_4), a crocoisita; o molibdato de chumbo (PbMoO_4), a wulfenita; o fosfato de chumbo, a piromorfita; o litargírio (PbO); o zarcão (Pb_3O_4). Combinado com enxofre o chumbo ocorre sob a forma de sulfeto, PbS (galena), que é um dos mais abundantes minérios de chumbo e quando oxidada forma a anglesita (MAVROPOULOS, 1999; FAO/WHO, 2011).

O chumbo ocorre naturalmente no ambiente e sua distribuição é geralmente aumentada por atividades antrópicas, tais como mineração, fundição, fabricação de baterias, galvanoplastia, e utilização de combustíveis fósseis como a gasolina (FAO/WHO, 2011). As principais fontes antropogênicas do chumbo no ambiente são fertilizantes, água contaminada para irrigação, queima de biomassa em zona rural, combustão de carvão e óleo, emissão de veículos, incineração de resíduos urbanos e industriais e principalmente mineração e fundição (TAVARES, 2010). A exposição humana ao chumbo pela dieta está diretamente relacionada a várias destas fontes antropogênicas.

Com o advento da revolução industrial, as concentrações de chumbo no meio ambiente elevaram-se de forma alarmante, principalmente devido à introdução de compostos orgânicos de chumbo (tetraetila) como aditivo para gasolina. A quantidade anual de chumbo que se dispersa como contaminante

atmosférico pode ser muito elevada a depender de uma série de fatores, principalmente da proximidade de fontes poluidoras industriais (EFSA, 2010). Considera-se que somente 4% do chumbo emitido na atmosfera seja de fontes naturais (emissões vulcânicas, erosão, e depósitos naturais). Nos últimos anos, a maioria dos países proibiu o uso do chumbo como aditivo na gasolina e passou a controlar os níveis deste elemento nas tintas. O uso de tubulação que contenha chumbo para canalizar água também diminuiu. Porém, este metal ainda é empregado no revestimento de cabos elétricos, de chapas para pias, cisternas e telhados, na indústria de acumuladores (baterias) e na indústria de componentes eletrônicos (PAOLIELLO e DE CAPITANI, 2003).

Em 1989 o Brasil foi um dos primeiros países a excluir o composto chumbo tetraetila da gasolina automotiva. Este composto era usado para aumentar a octanagem do combustível, mas, além de ser tóxico para o ser humano e o meio ambiente, também inviabilizava o uso de catalisadores nos veículos. O chumbo ainda é usado na gasolina para aviação (PETROBRAS, 2015). A Lei Estadual nº 2.389, de 04 de abril de 1995, proibiu em todo o território do Estado do Rio de Janeiro a comercialização de combustíveis derivados de petróleo com a adição de chumbo (RIO DE JANEIRO, 1995).

2.2.1 Toxicidade do Chumbo

O chumbo é um dos elementos químicos tóxicos de maior utilização industrial e um dos mais estudados sob o ponto de vista toxicológico (MORGANO et al., 2005; TAVARES, 2010). A exposição humana ocorre principalmente pelo consumo de alimentos e da água, e pode ser dar também pelo ar, poeira e solo contaminados (EFSA, 2010). O chumbo é absorvido mais em crianças do que em adultos e acumula-se nos tecidos moles e, ao longo do tempo, nos ossos. A meia-vida do chumbo no sangue e ossos é de aproximadamente 30 dias e 10-30 anos, respectivamente, e a excreção se dá principalmente pela urina e fezes (EFSA, 2010; FAO/WHO, 2011). A contribuição relativa da dieta para a exposição total ao chumbo não é bem conhecida, mas provavelmente varie em função do local e da contribuição de outras fontes. Estimativas da European Food Safety Authority (EFSA) sugerem que, devido aos hábitos próprios da idade, pelo menos metade da

exposição das crianças pode ser devida a fontes não alimentares de exposição, principalmente solo e poeira (FAO/WHO, 2011).

Compostos orgânicos de chumbo podem ser metabolizados para a forma inorgânica em humanos e animais. O chumbo armazenado nos ossos pode ser liberado para a corrente sanguínea, particularmente durante períodos fisiológicos ou patológicos de desmineralização óssea, tais como gravidez, lactação e osteoporose. O chumbo pode ser transferido a partir da mãe para o feto (intrauterinamente) e para a criança através do leite materno.

Não se conhece benefício nutricional do chumbo, mas os efeitos tóxicos deste elemento químico são relatados pela literatura e foram revisados várias vezes pelo *Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives* (JECFA). O chumbo afeta praticamente todos os sistemas do organismo, incluindo o sangue, o sistema cardiovascular, renal, endócrino, gastrointestinal, imunológico e reprodutivo. No entanto, o alvo mais crítico para o chumbo parece ser o sistema nervoso central, especialmente o cérebro em desenvolvimento, motivo pelo qual tem o potencial de causar comprometimento no desenvolvimento cognitivo e no desempenho intelectual das crianças mesmo em níveis baixos de exposição (CODEX ALIMENTARIUS, 2004; EFSA, 2010). Além disso, há indícios de que a exposição crônica ocupacional ao chumbo provoque perdas auditivas não restritas a cóclea que comprometem a qualidade de vida de trabalhadores (JACOB et al., 2002). A exposição aguda ao chumbo pode provocar distúrbios gastrointestinais, anemia, encefalopatia e morte (CODEX ALIMENTARIUS, 2004).

A quantidade de chumbo no organismo humano varia em média de 100 a 400 mg e aumenta com a idade. A concentração no sangue varia de 0,15 a 0,40 µg/mL (média de 0,17 µg/mL), sendo 0,50 µg/mL o limite superior da normalidade (CURCHO, 2009). Em revisão de dados de avaliação de exposição, Paoliello e De Capitani (2007) apresentaram a concentração sanguínea de chumbo em populações adultas de vários países, inclusive do Brasil. Em 1981, homens e mulheres de São Paulo (SP) apresentaram níveis médios de chumbo de $14,2 \pm 4,3$ e $9,3 \pm 3,9$ µg/dL, respectivamente, enquanto em Londrina (PR), em 2001, a média geométrica destes valores foram 5,5 e 5,6 µg/dL, respectivamente. Na Itália, os valores medianos variaram de 9,35 a 15,77 µg/dL em homens e 6,25 a 10,0 µg/dL em mulheres. Dos outros países, Jordânia e Estados Unidos apresentaram as

menores médias (1,96 e 2,6 µg/dL respectivamente), enquanto Taiwan, China apresentaram os maiores valores (8,28 µg/dL).

Paoliello e De Capitani (2007) sumarizaram dados laboratoriais de concentração sanguínea (máximo de 93,6 µg/dL) e urinária de chumbo (7,33 µg/g), nível de ácido ó-aminolevulínico na urina (14,25 µg/g) e zincoprotoporfirina (média de 212,1 µg/dL) utilizados para monitorar a exposição ocupacional ao chumbo no Brasil de 1974 a 2004 e reforçaram a necessidade de adequação da legislação regulatória sobre exposição ocupacional ao chumbo no Brasil (BRASIL, 1978, 1994, 2006).

Cerca de 10% do chumbo ingerido é absorvido e excretado principalmente pelas fezes sob a forma de sulfetos insolúveis. Apesar da concentração de chumbo na urina poder ser usado como indicador de exposição, não representa com fidelidade o grau de absorção, já que os rins excretam quantidades elevadas de chumbo somente quando a concentração no sangue está elevada. Em níveis baixos de exposição, a concentração de chumbo na urina é útil quando acompanhada de outros parâmetros. Em pequenas quantidades o chumbo pode ser também eliminado pelo suor, saliva, unhas e cabelo, e pode ser encontrado no leite materno. Uma revisão sistemática realizada por Koyashiki et al. (2010) indicou que as concentrações de chumbo em leite de mães não ocupacionalmente expostas normalmente variam entre 0,15 a 6 µg/L, chegando a 14,6 µg/L no colostro. A relação de concentração de chumbo leite/sangue materno varia entre 0,01 e 0,48. Por razões neurológicas, metabólicas e comportamentais, as crianças são mais vulneráveis do que os adultos aos efeitos da ação tóxica do chumbo (MAVROPOULOS, 1999).

Os compostos de chumbo são classificados como provavelmente carcinogênicos para humanos (Grupo 2A) pela *International Agency for Research on Cancer* (IARC), baseado em evidências limitadas de estudos em humanos e evidências suficientes em animais. Os compostos orgânicos de chumbo são considerados não classificáveis quanto à carcinogenicidade em humanos (Grupo 3) devido à falta de evidências em humanos e animais (WHO/IARC, 2006). A *United States Environmental Protection Agency* (USEPA) também classifica o chumbo como provável carcinogênico para humanos (Grupo B2) (USEPA, 2004).

2.2.2 O Chumbo no Ambiente e em Alimentos

O chumbo contamina a atmosfera principalmente a partir de fontes antropogênicas, tais como mineração, fundição, metalurgia, geração de eletricidade e produção de baterias. A concentração de chumbo na atmosfera varia muito e geralmente diminui com o aumento da distância vertical e horizontal das fontes poluidoras (EFSA, 2010). O chumbo presente na atmosfera advindo da queima de combustível ou da própria poluição atmosférica pode contaminar os alimentos pela deposição em culturas agrícolas. O cultivo em solos contaminados devido ao acúmulo de resíduos de munições para artilharia, deposição atmosférica, aplicação inadequada de fertilizantes ou lodo de esgoto pode contaminar as culturas agrícolas, e estas podem contaminar a pecuária. A água para irrigação pode ser outra fonte de contaminação dos alimentos por chumbo. A água de superfície pode ser contaminada por obras de drenagem, deposição atmosférica, lixiviação de campos minados, chumbadas para pesca, atividades mineradoras. As águas contaminadas podem contaminar a fauna aquática, que é fonte de alimentos (CODEX ALIMENTARIUS, 2001, 2004).

As principais fontes de exposição ocupacional ao chumbo incluem as fundições primárias (minério de chumbo) e secundárias (sucatas ou barras de chumbo); produção de ligas metálicas e soldas; fabricação e recuperação de baterias; fabricação de pigmentos e aplicação de esmaltes em cerâmicas; fabricação de plásticos, borrachas, cabos elétricos; operação de corte e solda de peças e chapas metálicas contendo chumbo; jateamento de areia de estruturas metálicas pintadas com tintas com chumbo (pontes, navios) e produção de compostos orgânicos de chumbo (PAOLIELLO e DE CAPITANI, 2007; DE CAPITANI et al., 2009).

As fontes não industriais ou não ocupacionais ao chumbo incluem consumo de bebidas alcoólicas (vinhos e destilados) e alimentos industrializados, pigmentos em brinquedos; uso de porcelana esmaltada, tinturas para cabelo; fabricação caseira de “chumbadas” para pesca; prática de tiro ao alvo e produção de cerâmica artística e atividades de lazer em locais contaminados e pela contaminação do solo e ar (DE CAPITANI et al., 2009). A maioria das intoxicações não ocupacionais com chumbo ocorre por via gastrointestinal e as crianças podem ter exposição adicional advinda de solo e poeira (MAVROPOULOS, 1999; EFSA, 2010).

Os alimentos podem ser contaminados por chumbo durante a fabricação, manipulação e embalagem. Apenas a forma inorgânica do chumbo tem sido detectada em alimentos (FAO/WHO, 2011). Na fabricação, a contaminação por chumbo advem principalmente de soldas e equipamentos, tais como tubulações e máquinas. Com relação à embalagem identificam-se dentre as fontes de contaminação por chumbo as latas com solda a base de chumbo, sacos plásticos coloridos, papéis para embrulho, caixas de papelão que contenham chumbo ou são coloridas com tintas contendo chumbo, rolhas em garrafas de vinho, cerâmica vitrificada, cristais e recipientes metálicos que contenham chumbo utilizados para embalar e armazenar alimentos (CODEX ALIMENTARIUS, 2004). O ácido acético tem ação solvente sobre o chumbo metálico não sendo indicado o seu uso para fins culinários em recipientes que contenham chumbo, pois os alimentos podem ser contaminados por compostos do metal (MAVROPOULOS, 1999).

Múltiplos esforços são feitos para reduzir a exposição humana ao chumbo advinda dos alimentos. Dentre estes se destacam a proibição do uso de embalagens metálicas com solda a base de chumbo para acondicionamento de gêneros alimentícios, exceto para produtos secos ou desidratados (BRASIL, 1999a); o controle dos níveis de chumbo na água; a redução de uso de recipientes e decorações contendo chumbo, e o estabelecimento de Limite Máximo (LM) para alimentos e aditivos alimentares (CODEX ALIMENTARIUS, 2001, 2004). Embora não diretamente voltado aos alimentos, mas que neles influi diretamente, as restrições às emissões industriais e ao uso de gasolina contendo chumbo também contribuíram para redução dos níveis de chumbo nos alimentos (EFSA, 2010).

Khaniki e Zazouli (2005) determinaram a concentração de chumbo por espectrofotometria de absorção atômica em sessenta amostras de arroz de quatro regiões no norte do Irã. A concentração média de chumbo nas amostras foi 2,23 mg/kg com base na matéria seca, com valores entre 1,6 e 2,6 mg/kg. Zazouli et al. (2010) analisaram o teor de chumbo em 72 amostras de arroz recém colhido no Irã. No arroz polido, o teor médio de chumbo foi $11,5 \pm 6,4$ µg/g (peso seco), variando entre 2,92 e 20,3 µg/g. Santos et al. (2006) pesquisaram metais pesados em dez amostras de água da Baía de Paranaguá (PR) por espectrofotometria de absorção atômica. O teor de chumbo nas duas amostras positivas foi 0,019 e 0,020 mg/L.

Machado et al. (2002) pesquisaram o teor de chumbo em 69

amostras de ostras (*Crassostrea brasiliana*) coletadas de manguezais em quatro comunidades do estuário de Cananéia (SP) entre dezembro de 1996 e setembro de 1997. Na bacia do Rio Ribeira de Iguape, que desagua no estuário de Cananéia, região da despesca, ocorre atividade extrativista mineral de calcário, fosfato, argila, dolomita, chumbo, calcita e ouro. A ostra é um molusco bivalve que filtra água e retem partículas em suspensão, podendo sofrer intensa bioacumulação de contaminantes, o que pode, em alguns casos, torná-la imprópria para consumo humano. A média dos valores encontrados foi de $0,08 \pm 0,026$ mg/kg, variando entre 0,04 e 0,17 mg/kg (base úmida). Esta média equivale a 0,40 mg/kg na base seca. Os autores não encontraram referências na literatura nacional e internacional sobre contaminantes metálicos na espécie de ostra estudada. Entretanto, verificaram que estudos realizados na Baía de St. Louis, Estados Unidos, apresentaram 0,50 mg/kg base úmida na espécie *R. cuneata*, e na Espanha, 0,25 mg/kg, em *C. angulata*.

Eysink et al (1988) apresentam dados de contaminação ambiental por chumbo ao longo do rio Ribeira de Iguape (água doce) e no complexo estuarino-lagunar Iguape-Cananéia (água salobra e marinha). O rio, na abertura do canal Valo Grande, que o ligava diretamente ao complexo, possuía fontes pontuais de contaminação advindas do Ribeirão das Rochas, um dos afluentes. A contaminação, em decorrência de atividade mineradora era maior no Alto Ribeira, decaindo na desembocadura do rio no mar. No período de 1976 a 1985, os maiores teores de chumbo na água neste rio foram encontrados em 1978 e 1979, chegando a 112 µg/L em janeiro de 1979. A partir daí os valores reduziram até não ser mais detectado este contaminante em 1985.

Okada et al. (2004) determinaram as concentrações de chumbo por espectrometria de absorção atômica com chama em amostras de alimentos produzidos num raio de 1000 m de uma empresa recicladora de baterias em Bauru (SP). Antes de ser interditada, a empresa lançava material particulado contaminado por chumbo no ar ambiente. As amostras foram coletadas em 2002 e 2003, antes e após a remediação do solo, quando se retirou uma camada de 5 cm de solo superficial das ruas, calçadas e quintais. Não houve remediação nas áreas de produção de leite e ovos. Os limites de detecção (LOD) e quantificação (LOQ) do método foram 0,003 mg/kg e 0,01 mg/kg respectivamente. As concentrações de chumbo obtidas nas amostras analisadas encontram-se na Tabela 1. Observou-se

diminuição dos teores de chumbo nos alimentos produzidos nas áreas onde ocorreram ações de remediação.

Tabela 1 – Concentração de chumbo (mg/kg) em amostras de alimento, em base úmida, coletadas em Bauru (SP) em raio de 1000 m de empresa recicladora de baterias em 2002 e 2003 - antes e depois respectivamente de interdição por contaminação ambiental por chumbo.

Ano		2002		2003		
Alimento	Número de amostras analisadas	Valor máximo (mg/kg)	Valor mínimo (mg/kg)	Número de amostras analisadas	Valor máximo (mg/kg)	Valor mínimo (mg/kg)
Leite*	4	0,11	0,04	5	0,28	0,02
Ovos*	5	0,23	0,07	3	0,25	0,02
Verduras	12	1,30	ND	16	0,19	0,02
Raízes/ tubérculos	3	3,8	0,18	7	1,45	0,01
Legumes	1	-	ND	4	0,06	0,01
Frutas	3	0,38	ND	1	0,01	-
Total	28	-	-	36	-	-

ND: Abaixo do LOQ (0,01 mg/kg); *Produzidos em área em que não houve remediação do solo.

Adaptado: Okada et al. (2004).

Carvalho et al. (2005) pesquisaram a concentração de chumbo em água consumida nas escolas públicas da cidade de São Paulo e em amostras coletadas no início do escoamento da água e após dois minutos de liberação contínua. O chumbo foi determinado por espectrometria de absorção atômica com forno de grafite (LOQ = 0,001 mg/L). As amostras foram coletadas em pontos de maior consumo (cozinha e bebedouros) e de cavaletes ou do ponto mais próximo destes. Em duas escolas existiam poços já desativados dos quais também foram coletadas amostras. Mantiveram-se as torneiras fechadas por no mínimo sete horas antes da coleta da amostra. Nas escolas em que foi detectada a presença de chumbo observou-se que a amostra do primeiro jato (sem escoamento prévio), referente aos primeiros 100 mL, apresentou concentração maior que a amostra com escoamento prévio de 2 minutos, sugestivo de que a contaminação possa ser devida à estagnação na tubulação. Nos bebedouros, o maior valor foi 0,026 mg/L num primeiro jato e nos cavaletes, o maior valor foi 0,068 mg/L. A amostra de água de

poço com maior concentração de chumbo apresentou 0,002 mg/L. Neste caso, a medida corretiva sugerida é descartar a água potável que verte nos primeiros dois minutos do dia, não a usando para preparar alimentos nem consumo, ou substituir o sistema de hidráulico (tubos, conexões, torneiras, bebedouros).

Zenebon et al. (2004) analisaram por espectrofotometria de absorção atômica com chama os níveis de chumbo em 407 amostras de corantes e pigmentos utilizados por exigência estética e/ou tecnológica para fabricação de embalagens para contato com alimentos. Os metais, dentre os quais o chumbo, podem estar presentes como contaminantes destes corantes e pigmentos e, portanto, nas embalagens, e podem migrar para os alimentos, representando riscos à saúde. A maioria das amostras (71,2%) apresentou teor de chumbo abaixo do LOQ (0,31 mg/kg), 27%, entre o LOQ e 30 mg/kg e 1,75% acima de 30 mg/kg. Quatro amostras estavam em desacordo com o limite de 0,01% m/m (solúvel em HNO₃ 1N) para chumbo estipulado pela legislação vigente (BRASIL, 1999b), com teores variando de 380 mg/kg a 27000 mg/kg.

Morgano et al. (2011) determinaram o teor de chumbo em amostras de músculo de pescada (*Macrodon ancylodon*), tainha (*Mugil liza*), corvina (*Micropogonias furnieri*) e sardinha (*Sardinella brasiliensis*) adquiridas no comércio atacadista da Companhia de Entrepósitos e Armazéns Gerais de São Paulo (CEAGESP) no inverno de 2009 e verão de 2010 (Tabela 2). O chumbo foi determinado por espectrometria de emissão com fonte de plasma acoplado indutivamente (LOD = 0,02 mg/kg).

Curcho (2009) determinou por espectrometria de absorção atômica com atomização eletrotérmica o teor de chumbo em amostras de espécies de pescados mais consumidos por estudantes de escolas públicas. As amostras foram adquiridas em comércios locais de estuários do litoral do estado de São Paulo – em julho de 2006 e abril de 2007 em Cananéia, e em outubro de 2007 em Cubatão. Os resultados estão mostrados na Tabela 3. Baseado nos hábitos alimentares das diversas espécies estudadas nos dois estuários, o autor sugere utilizar a corvina como bioindicador de poluição por metais pesados, inclusive chumbo, nestes ambientes.

Tabela 2 – Concentração de chumbo (mg/kg peso úmido) em amostras de pescado coletadas no inverno (junho a agosto/2009) e verão (dezembro/2009 a março/2010) na Companhia de Entrepósitos e Armazéns Gerais de São Paulo (CEAGESP).

Espécie		jun.-ago./2009	dez./2009-mar./2010	
		n=240	n=240	
Pescada (<i>Macrodon ancylodon</i>) n=60	Média ± DP	0,14±0,10	Média ± DP	0,19±0,12
	Mediana	0,13	Mediana	0,19
	Intervalo	<0,02-0,44	Intervalo	<0,02-0,05
Tainha (<i>Mugil liza</i>) n=60	Média ± DP	0,12±0,07	Média ± DP	0,13±0,08
	Mediana	0,12	Mediana	0,12
	Intervalo	<0,02-0,30	Intervalo	<0,02-0,28
Corvina (<i>Micropogonias furnieri</i>) n=60	Média ± DP	1,12±1,12	Média ± DP	0,15±0,10
	Mediana	0,36	Mediana	0,13
	Intervalo	0,07-2,92	Intervalo	<0,02-0,43
Sardinha (<i>Sardinella brasiliensis</i>) n=60	Média ± DP	0,11±0,11	Média ± DP	0,12±0,09
	Mediana	0,08	Mediana	0,13
	Intervalo	<0,02-0,30	Intervalo	<0,02-0,29

DP= desvio padrão.

Adaptado: Morgano et al. (2011).

Tabela 3 – Concentração de chumbo em amostras de pescados coletadas em Cananéia e Cubatão (SP) em 2006 e 2007.

Espécie	Média ± DP (µg/kg)	
	Cananéia	Cubatão
Corvina (<i>Micropogonias furnieri</i>)	1104±12	320±15
Pescada (<i>Macrodon ancylodon</i>)	81,7±0,5	163±11
Robalo flexa (<i>Centropomus undecimalis</i>)	14,4±0,2	-
Tainha (<i>Mugil platanus</i>)	740±11	21,5±0,4
Perna de moça (<i>Menticirrhus americanos</i>)	-	1069±21
Sardinha (<i>Sardinella brasiliensis</i>)	-	27,6±0,6

Adaptado: Curcho (2009).

2.3 OS LIMITES E AS BOAS PRÁTICAS

O LM de determinado contaminante representa a quantidade máxima deste permitida legalmente nos alimentos (BRASIL, 2011, 2013; MERCOSUL, 2011) ou aditivos alimentares. O LM é estabelecido a partir dos níveis naturalmente encontrados nos alimentos, supondo que estes foram produzidos de acordo com as Boas Práticas Agrícolas (BPA) e as Boas Práticas de Fabricação (BPF) (WHO, 2012). Na área de vigilância sanitária de alimentos, o LM significa o menor nível de determinado contaminante que pode ser aceito no alimento tal qual este seja oferecido ao consumidor sem que tenha de ser interditado ou apreendido no comércio ou inutilizado (BRASIL, 1969).

Limites Máximos (LM) não precisam ser definidos para todos os alimentos que contenham um contaminante ou uma toxina. O *Codex General Standard for Contaminants and Toxins in Food and Feed* (CODEX STAN 193-1995) esclarece:

"limites máximos (LM) só devem ser definidos para os alimentos em que o contaminante pode ser encontrado em quantidades que sejam significativas para a exposição total do consumidor. Os LM devem ser definidos de forma que os consumidores sejam adequadamente protegidos" (CODEX ALIMENTARIUS, 1995, tradução nossa).

A definição de normas sobre LM para os alimentos que pouco contribuem para a exposição pela dieta gera mandato para atividades de fiscalização (FAO/WHO, 2015). Os limites máximos para chumbo em alimentos estabelecidos pelo *Codex Alimentarius* (CODEX ALIMENTARIUS, 1995) encontram-se listados no Quadro 1.

Quadro 1 – Limites máximos (LM) de chumbo em alimentos estabelecidos pelos *Codex Alimentarius*.

Produto	LM (mg/kg)	Observações
Frutas exceto <i>berries</i> e outras pequenas frutas	0,1	
<i>Berries</i> e outras pequenas frutas	0,2	
Brássicas	0,3	O LM não se aplica a couve e folhas de brássicas.
Bulbos	0,1	

Produto	LM (mg/kg)	Observações
Frutos de hortícolas	0,1	O LM não se aplica a cogumelos.
Vegetais folhosos	0,3	Não se aplica a espinafre.
Legumes	0,2	
Leguminosas	0,2	
Raízes e tubérculos	0,1	
Frutas em conserva/ enlatadas:	1	
Tomates em conserva	1	
Azeitonas de mesa	1	
Enlatados/ conservas:	1	
Tomates processados concentrados	1,5	Considerar sólidos solúveis totais naturais, 4,5 para frutas frescas.
Castanhas e purês de castanhas em conservas	1	
Sucos de frutas	0,05	O LM aplica-se também aos néctares prontos para consumo.
Cereais em grãos	0,2	Não se aplica a trigo sarraceno, <i>cañihua</i> e quinoa.
Carnes de bovinos, suínos e ovinos	0,1	Inclui as gorduras da carne.
Carnes e gorduras de aves	0,1	
Vísceras comestíveis de bovinos, suínos e aves	0,5	
Gorduras e óleos comestíveis	0,1	
Leite	0,02	
Produtos lácteos	0,02	Aplica-se ao alimento pronto para consumo.
Fórmula infantil	0,01	Aplica-se à fórmula pronta para consumo.
Pescados	0,3	
Água mineral natural	0,01	Expresso em mg/L
Sal para consumo humano	2	
Vinho	0,2	

Adaptado: Codex Alimentarius (1995).

Considerando os avanços tecnológicos nas práticas de produção de alimentos e a atualização dos limites máximos de contaminantes inorgânicos em alimentos no âmbito do Mercado Comum do Sul (MERCOSUL), a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) publicou a Consulta Pública (CP) nº 101, de 27 de outubro de 2010 (BRASIL, 2010). Esta CP propôs limites máximos tolerados mais

restritivos para chumbo do que os até então vigentes para diversas categorias de alimentos e bebidas. As críticas e sugestões recebidas pela ANVISA relacionadas a CP, após consolidadas, subsidiaram a publicação da Mercosul/GMC/Res. nº 12/11, que aprova o Regulamento Técnico Mercosul sobre Limites Máximos de Contaminantes Inorgânicos em Alimentos (MERCOSUL, 2011). Este Regulamento culminou no Brasil na publicação da Resolução-RDC nº 42, de 29 de agosto de 2013, que dispõe sobre o Regulamento Técnico MERCOSUL sobre Limites Máximos de Contaminantes Inorgânicos em Alimentos (BRASIL, 2013), vigente em todo território nacional (Tabela 4).

Tabela 4 – Limites máximos de chumbo em alimentos vigentes no Brasil. Resolução-RDC nº 42, de 29 de agosto de 2013, que dispõe sobre o Regulamento Técnico MERCOSUL sobre Limites Máximos de Contaminantes Inorgânicos em Alimentos.

Categoria de alimento	Limite máximo (mg/kg)
Óleos e Gorduras comestíveis de origem vegetal e ou animal (incluindo margarina)	0,10
Açúcares	0,10
Mel	0,30
Balas, Caramelos e similares incluindo Goma de Mascar	0,10
Pasta de cacau	0,50
Chocolates e produtos de cacau com menos de 40 % de cacau	0,20
Chocolates e produtos a base de cacau com mais de 40 % de cacau	0,40
Bebidas analcoólicas (excluídos os sucos)	0,05
Sucos e néctares de frutas	0,05
Bebidas alcoólicas fermentadas e fermento-destilladas, exceto vinho	0,20
Vinho	0,15*
Cereais e produtos de e a base de cereais, excluídos trigo, arroz e seus produtos derivados e óleos	0,20
Trigo e seus derivados exceto óleo	0,20
Arroz e seus derivados exceto óleo	0,20
Soja em grãos	0,20
Hortaliças do gênero <i>Brassica</i> excluídas as de folhas soltas	0,30
Hortaliças de folha (incluídas as Brassicas de folhas soltas) e ervas aromáticas frescas	0,30
Hortaliças Frutos com folhas em bainha	0,10
Hortaliças Frutos da família <i>Cucurbitaceae</i>	0,10

Categoria de alimento	Limite máximo (mg/kg)
Hortaliças frutos distintas da família <i>Cucurbitaceae</i>	0,10
Cogumelos (exceto os do gênero <i>Agaricus</i> , <i>Pleurotus</i> e <i>Lentinula</i> ou <i>Lentinus</i>)	0,10
Hortaliças leguminosas	0,10
Legumes (sementes secas das leguminosas) exceto soja	0,20
Cogumelos do gênero <i>Agaricus</i> , <i>Pleurotus</i> e <i>Lentinula</i> ou <i>Lentinus</i>	0,30
Raízes e tubérculos	0,10
Hastes Jovens e Pecíolos	0,20
Castanhas, incluindo nozes, pistaches, avelãs, macadâmia e amêndoas	0,80
Frutas frescas, excluídas as de bagos e pequenas	0,10
Frutas frescas de bagos e pequenas	0,20
Azeitonas de mesa	0,50
Concentrados de tomate	0,50
Compotas, geleias, marmeladas e outros doces a base de frutas e hortaliças	0,20
Chá, erva mate, e outros vegetais para infusão	0,60
Café torrado em grãos e pó	0,50
Café solúvel em pó ou granulado	1,00
Gelos comestíveis	0,01
Sorvetes de água saborizados	0,05
Sorvetes de leite ou creme	0,10
Sorvetes a base de fruta	0,07
Leite fluído pronto para o consumo e produtos lácteos sem adição, sem diluir nem concentrar	0,02
Creme de leite	0,10
Leite condensado e doce de leite	0,20
Queijos	0,40
Sal para consumo humano	2,00
Carnes de bovinos, ovinos, suínos, caprinos e aves de curral, derivados crus, congelados ou refrigerados, embutidos e empanados crus	0,10
Miúdos comestíveis exceto fígado e rins	0,50
Fígado de bovinos, ovinos, suínos, caprinos e aves de criatório	0,50
Rins de bovinos, ovinos, suínos, caprinos	0,50
Ovos e produtos de ovos	0,10
Peixes crus, congelados ou refrigerados	0,30
Moluscos cefalópodos	1,00
Moluscos bivalvos	1,50
Crustáceos	0,50

* mg/L. **Fonte:** Brasil (2013).

A Portaria nº 2.914, de 12 de dezembro de 2011 (BRASIL, 2011), que dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade, determina que a água potável deve estar em conformidade com o padrão de substâncias químicas que representem risco à saúde (Art. 37). Com relação ao chumbo, o valor máximo permitido é 0,01 mg/L.

Baixos níveis de contaminação por chumbo podem ser inatingíveis devido a natureza ubiquitária deste elemento no mundo moderno industrial, entretanto as BPA e as BPF podem reduzir a contaminação dos alimentos por este elemento. As BPA incluem realizar análise periódica de solo para verificar os níveis de contaminação; não plantar em áreas contaminadas; cultivar plantas que historicamente apositam menos chumbo ambiental nas partes comestíveis; não usar produtos agrícolas contaminados com chumbo, como alguns fungicidas e fertilizantes (CODEX ALIMENTARIUS, 2004). Exemplos de BPF incluem: eliminar o uso de solda de chumbo em latas; controlar periodicamente a concentração de chumbo na água utilizada nas plantas de produção de alimentos; monitorar a concentração de chumbo nos ingredientes e produtos finais; substituir as tubulações antigas, normalmente de latão e/ou com soldas a base de chumbo, por outras que não permitam a contaminação da água por chumbo; utilizar equipamentos e superfícies metálicos com grau alimentício nas plantas de produção de alimentos; usar tintas que não contenham chumbo nas unidades processadoras de alimentos; usar embalagens primárias e secundárias que não contenham chumbo nem mesmo nos rótulos (CODEX ALIMENTARIUS, 2001, 2004).

Os consumidores também podem tomar medidas que auxiliem a redução da contaminação por chumbo. Estas medidas incluem não armazenar alimentos, especialmente os ácidos e aqueles para lactentes e crianças, em recipientes que permitam a migração de chumbo para os alimentos, como cerâmica decorada e cristais que contenham chumbo; retirar os alimentos enlatados das embalagens abertas e acondicioná-los em embalagens próprias para alimentos; evitar o uso frequente de xícaras e canecas de cerâmica para tomar bebidas quentes, a menos que tenha certeza de que o esmalte utilizado para fabricá-las não estivesse contaminado com chumbo; lavar adequadamente os vegetais para remover poeira e resíduos de solo; lavar bem as mãos antes de preparar os alimentos; no caso de tubulações antigas para água de serviço, especialmente para

preparar alimentos, descartar a água do início do uso; não usar água de aquecimento central para beber nem preparar alimentos; evitar o consumo de alimentos potencialmente contaminados por chumbo, tais como alguns alimentos tradicionais que sabidamente contêm chumbo e utilizados para evitar enjoos durante a gravidez (CODEX ALIMENTARIUS, 2004; USEPA, 2015a).

2.4 AVALIAÇÃO DO RISCO DA EXPOSIÇÃO A CONTAMINANTES EM ALIMENTOS

As pessoas estão continuamente expostas, de forma crônica ou aguda, a diversos perigos químicos presentes nos alimentos e no ambiente. Em geral, a exposição crônica caracteriza-se pela ingestão de pequenas quantidades por longo período, enquanto a aguda, por grandes quantidades em curto intervalo, comumente até 24 horas. Enquanto algumas substâncias apresentam maior risco de exposição crônica, como aquelas potencialmente carcinogênicas, outras podem oferecer risco durante uma exposição aguda, como algumas substâncias neurotóxicas (USEPA, 2000; JARDIM e CALDAS, 2009). A exposição crônica ao chumbo em níveis relativamente baixos pode resultar em danos para os rins e fígado, e para o sistema reprodutor, cardiovascular, imunológico, hematopoiético, nervoso e gastrointestinal. A exposição aguda a quantidades elevadas de chumbo pode causar problemas gastrointestinais, anemia, encefalopatia e morte. O efeito crítico mais importante da exposição crônica a baixos níveis de chumbo é o déficit cognitivo e intelectual em crianças (CODEX ALIMENTARIUS, 2004).

A análise de risco é um processo de tomada de decisões estruturado com três componentes distintos, mas intimamente conectados: avaliação do risco, gerenciamento de risco e comunicação de risco (Figura 1). Estes três componentes são frações complementares e essenciais de um processo global. Embora sejam didaticamente representados como entidades separadas, na realidade eles são altamente integrados. Quanto mais integrados e sistematicamente documentados, tanto mais eficaz a análise de risco (FAO/WHO, 2006a; FAO/WHO, 2015). A análise de risco deve ser realizada com consistência, ser transparente e documentada, e avaliada e revisada à luz de novos dados científicos disponíveis (FAO/WHO, 2007).



Figura 1 – Componentes da análise de risco. Adaptado: FAO/WHO (2006a).

A avaliação do risco visa estimar o risco a um dado organismo alvo, sistema ou (sub)população, incluindo a identificação das incertezas esperadas, após a exposição a um agente particular, levando em consideração as características inerentes ao agente e as do sistema alvo (WHO, 2004; JARDIM e CALDAS, 2009). A avaliação do risco é o componente científico central de análise de risco e evoluiu principalmente devido à necessidade de medidas de gerenciamento de risco a fim de proteger a saúde da população diante de situações de incerteza científica. A avaliação do risco pode ser descrita como a caracterização dos potenciais efeitos nocivos à vida e à saúde decorrentes da exposição a perigos durante um período de tempo especificado. A adequada comunicação entre gestores e avaliadores de risco é essencial para a condução de uma análise de risco adequada (FAO/WHO, 2006a).

Diferentes métodos de avaliação do risco são usados em diferentes países ou até em um mesmo país, e para avaliar distintos de problemas de segurança de alimentos. Os métodos variam de acordo com o tipo de perigo (químico, biológico ou físico), o cenário da segurança de alimentos (por exemplo: estabelecimento de padrões para perigos conhecidos, perigos emergentes, novas tecnologias – tais como biotecnologia-, alternativas para perigos complexos, como resistência microbiana), a época e os resultados de novas pesquisas disponíveis (FAO/WHO, 2006b).

A avaliação do risco é um processo cientificamente embasado que compreende quatro etapas (Figura 2): identificação do perigo, caracterização do perigo (ou caracterização da relação dose-resposta), avaliação de exposição e caracterização do risco (JARDIM e CALDAS, 2009; FAO/WHO, 2006b, 2007).

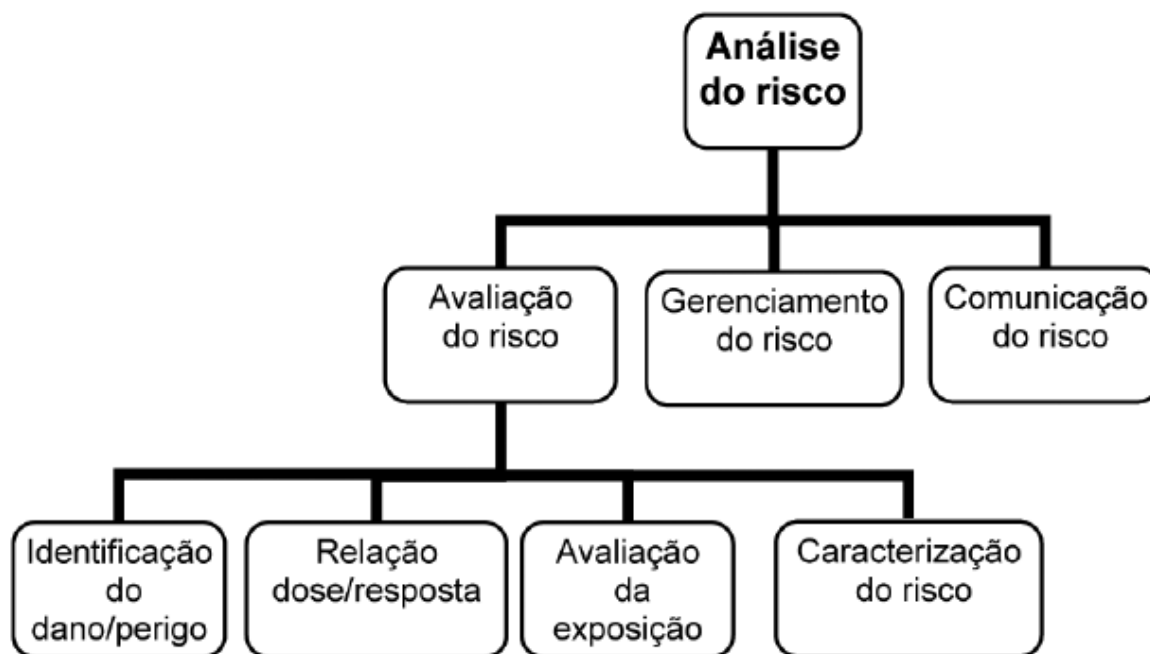


Figura 2 – Etapas da análise e avaliação do risco
Fonte: JARDIM e CALDAS (2009).

2.4.1 Identificação e Caracterização do Perigo

A identificação do perigo caracteriza-se pela identificação dos agentes biológicos, químicos e físicos capazes de provocar efeitos adversos à saúde e que podem estar presentes em um alimento específico ou em um grupo de alimentos. A caracterização do perigo é a avaliação quantitativa e/ou qualitativa da natureza dos efeitos adversos à saúde associados aos agentes biológicos, químicos e físicos (FAO/WHO, 2007, 2015).

Na caracterização do perigo (caracterização dose-resposta), são definidos os parâmetros de ingestão segura estimados para o homem, os quais, no caso de exposição crônica a contaminantes, é usualmente a *Provisional Maximum Tolerable Daily Intake* (PMTDI) – ingestão diária tolerável máxima provisória, ou a *Provisional Tolerable Weekly Intake* (PTWI) – ingestão tolerável semanal provisória

(IPCS, 2009) ou ainda a *Reference Dose* (RfD), ou Dose de Referência, utilizada pela USEPA (USEPA, 1993, 2000). Estes parâmetros representam a quantidade da substância presente no alimento, inclusive água, que pode ser ingerida periodicamente ao longo da vida de um indivíduo sem que ocorram efeitos adversos à saúde (IPCS, 2009). Estes parâmetros são determinados para compostos não genotóxicos principalmente pela aplicação de um fator de segurança à dose mais crítica entre os estudos com animais na qual nenhum efeito adverso foi observado (*No Observed Adverse Effect Level* – NOAEL) (CALDAS e JARDIM, 2012). Os parâmetros de ingestão segura não são valores estáticos, mas refletem os dados dos estudos toxicológicos avaliados durante o processo de caracterização da relação dose-resposta.

Na sua 73ª Reunião (FAO/WHO, 2011), o JECFA apontou que a PTWI de 25 µg/kg p.c. previamente estabelecida para o chumbo estaria associada a redução de 3 pontos no Quociente de Inteligência (QI) de crianças, e ao aumento de aproximadamente 3 mmHg (0,4 kPa) na pressão sanguínea sistólica de adultos. Estes valores podem parecer insignificantes do ponto de vista dos indivíduos, mas são relevantes sob a óptica populacional (CODEX ALIMENTARIUS, 1993). Com isso, o JECFA retirou a PTWI estabelecida, já que a mesma não garantia efeito protetor à saúde, especialmente de crianças, e recomendou que se identificassem métodos para reduzir a exposição humana ao contaminante.

2.4.2 Avaliação da Exposição

A avaliação da exposição humana a contaminantes presentes na dieta é definida como a estimativa qualitativa e/ou quantitativa da ingestão provável de agentes biológicos, químicos ou físicos via alimento, bem como a exposição de outras fontes se relevante (FAO/WHO, 2006a; WHO, 1997). A exposição simultânea a várias substâncias químicas que apresentam o mesmo mecanismo de ação tóxica é chamada de cumulativa. A avaliação da exposição agregada inclui outras fontes de exposição além do consumo de alimentos (por exemplo, o ar e/ou o solo), e a exposição dérmica e/ou inalatória em ambientes residenciais ou não (JARDIM e CALDAS, 2009). A avaliação de exposição pode ser qualitativa ou quantitativa, com várias formas intermediárias, de acordo com a disponibilidade de recursos e o grau

de complexidade desejável ou possível (Figura 3) (FAO/WHO, 2006a).

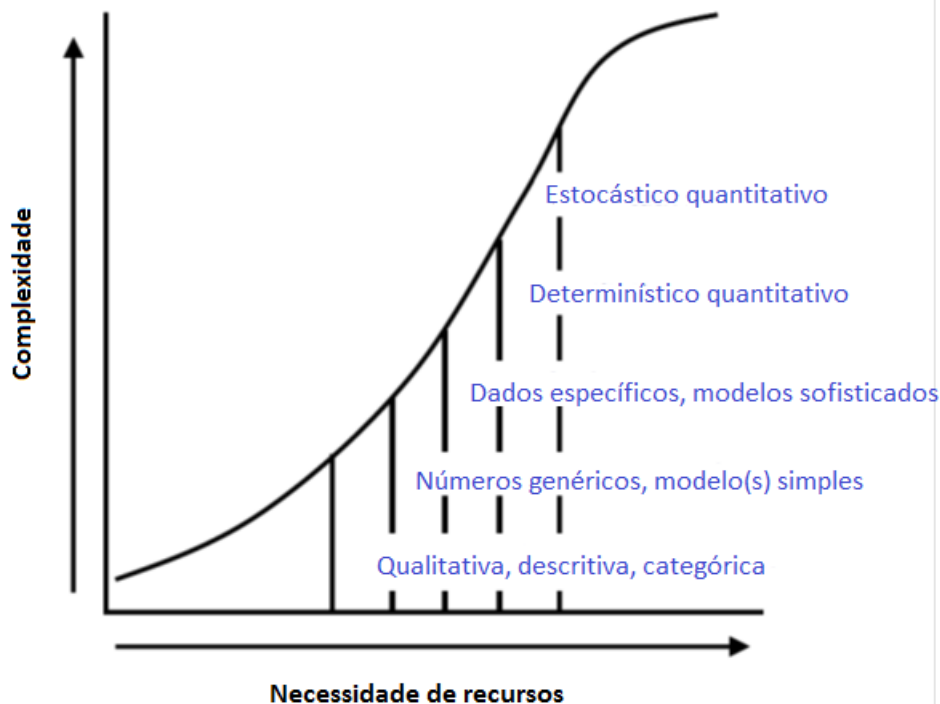


Figura 3 – Tipos de avaliação do risco. Adaptado: FAO/WHO (2006a).

As avaliações de risco qualitativas geralmente requerem uso de poucos recursos, são de baixa complexidade e emitem resultados em termos descritivos (tais como: alto, médio, baixo). As avaliações de risco quantitativas (determinísticas e estocásticas) comumente envolvem necessidade de mais recursos e são mais complexas do que as qualitativas. As avaliações quantitativas garantem resultados expressos numericamente e, no caso das estocásticas, também chamadas de probabilísticas, incluem descrição numérica de incerteza. Em alguns casos, existem formatos intermediários, denominados avaliações de risco semiquantitativas ou semiqualitativas, as quais geralmente fazem uso de escores e expressam classificações de risco (FAO/WHO, 2006a).

A avaliação da exposição a substâncias químicas presentes nos alimentos pode ser crônica ou aguda, dependendo da toxicidade da substância. Para estimar a exposição (ingestão) são necessários três dados: a concentração da substância no alimento (comumente em mg/kg), o consumo do alimento (kg) e o peso corpóreo (p.c.) (kg) (individual ou da população em estudo). De modo geral, a estimativa da exposição, comumente em mg/kg p.c., pode ser calculada pela Equação 1.

$$\text{Exposição} = \frac{\text{Concentração da substância} \times \text{Consumo do alimento}}{\text{Peso corpóreo}} \quad (\text{Equação 1}),$$

Para calcular esta exposição (ingestão) pode-se aplicar modelo determinístico ou probabilístico (estocástico). O primeiro faz uso de valores fixos nos parâmetros da Equação 1, sendo, por isso, de modo geral, rápido e simples, ao mesmo tempo em que presume homogeneidade na população. Devido a isso, costuma ser um método bastante conservador e que não necessariamente reflete a realidade, ao mesmo tempo em que se mostra extremamente interessante para identificar o cenário de exposição a potenciais riscos e para diagnóstico inicial de situação. Para aplicar este modelo usam-se valores fixos, tais como, média, mediana, 97,5 percentil, valor máximo (JARDIM e CALDAS, 2009).

A estimativa probabilística (estocástica) da ingestão utiliza modelos estatísticos de distribuição de probabilidade. A concentração da substância de interesse e o consumo de alimentos são descritos como curva de distribuição de modo que se pode caracterizar a variabilidade e a incerteza dos dados. Nesta distribuição, diferentes cenários de exposição podem ser simulados. De modo geral, o modelo probabilístico de avaliação de exposição reflete melhor as variações de exposição que podem ocorrer durante um período longo, fornecendo embasamento científico para tomada de decisões e ações de gerenciamento de risco. Entretanto, o modelo probabilístico necessita da disponibilidade de dados brutos de consumo, peso corpóreo e concentração da substância de interesse (JARDIM e CALDAS, 2009).

O Painel sobre Contaminantes de Alimentos da EFSA (*EFSA Panel on Contaminants in the Food Chain – CONTAM*) realizou a avaliação de exposição probabilística ao chumbo com os limites inferior e superior de consumo utilizando-se da técnica de Monte Carlo. Esta abordagem estocástica revelou resultados semelhantes aos encontrados com a abordagem determinística para os consumidores médios. Diante disso, e a fim de manter a coerência com as suas opiniões sobre outros metais pesados, o CONTAM decidiu fazer uso da abordagem determinística para a sua avaliação da exposição alimentar ao chumbo (EFSA, 2010). Por sua vez, o JECFA, utilizando a combinação de modelos dose-resposta com dados de toxicocinética por simulação de Monte Carlo, revelou que os

resultados de reduções no QI (0,5-3 pontos) refletiram as incertezas da modelagem dose-resposta tanto para os níveis de chumbo no sangue como para a extrapolação da exposição na dieta (FAO/WHO, 2011).

A estimativa da ingestão de um contaminante dependerá da disponibilidade e da qualidade dos dados utilizados para o cálculo, de modo que quanto mais próximos da realidade estes forem, tanto mais significativo será o valor encontrado. Assim, o uso de valores baseados em LM como parâmetros de concentração de substâncias para cálculo de estimativa de ingestão deve ser analisado com cautela e devidamente descrito e ponderado. Essa prática é bastante conservadora ao assumir que todos os indivíduos na população consomem diariamente todos os alimentos para os quais foi estabelecido LM, que todos os alimentos apresentam contaminantes no LM e que a concentração destes não diminui durante o armazenamento, transporte, processamento do alimento. Por isso, ao fazer uso dessa abordagem é importante identificar combinações de contaminante/alimento com possível interesse para a saúde pública, o que é de especial relevância para priorizar a geração de dados de monitoramento, auxiliando no cálculo de estimativas que melhor representem a realidade (JARDIM e CALDAS, 2009).

Quando os dados de concentração da substância são obtidos de estudos de monitoramento, a incerteza da estimativa depende do processo de amostragem adotado na coleta de amostras, do método analítico utilizado, da precisão, exatidão, limite de detecção (LOD), limite de quantificação (LOQ) do método, dentre outros (ARMBRUSTER e PRY, 2008). É muito importante que os estudos de monitoramento de alimentos sejam realizados com amostras coletadas aleatoriamente. Estas, por sua vez, devem garantir boa representatividade da situação a ser avaliada, sendo necessário durante a coleta observar variáveis de interesse, tais como, quantidade, local de coleta, origem da amostra, armazenamento e transporte adequado para as amostras, dentre outros.

No cálculo da ingestão, é importante definir o tratamento que se faz com os dados de concentração das substâncias de interesse quando as amostras analisadas em estudos de monitoramento não apresentaram níveis detectáveis/quantificáveis do analito, isto é, quando os resultados são reportados como menor que o LOD ou o LOQ. Neste caso, a escolha deve ser conservadora o suficiente para manter a precaução e, ao mesmo tempo, cientificamente justificável

(KROES et al., 2002), a menos que hajam evidências suficientes de que nenhum resíduo da substância esteja no alimento. Diante desta situação, é comum considerar que para aquelas substâncias cuja concentração seja quantificada como menor que o LOQ sejam considerados níveis correspondentes a metade deste valor (BAERT et al., 2007; KROES et al., 2002). Outra abordagem, aplicada principalmente no caso de contaminantes, é considerar os dois limites da estimativa: o inferior como zero para amostras não detectadas ($<LOD$) e o superior, com amostras nos níveis entre o LOD e o LOQ (PETERSEN e BARRAJ, 1996). Isso sempre considerando que a incerteza envolvida em qualquer dessas abordagens será tanto maior quanto menor for a sensibilidade do método analítico utilizado (JARDIM e CALDAS, 2009).

É importante ressaltar que dados de monitoramento normalmente se referem ao alimento tal como comercializado e pode não refletir os níveis de contaminação no momento do consumo. O processamento (descascar, lavar, cozer) pode alterar, geralmente diminuindo, a concentração das substâncias de interesse e/ou metabólitos, exceto na desidratação/secagem, quando o produto final tem a concentração de substâncias aumentada (JARDIM e CALDAS, 2009).

Outro fator muito importante é considerar de qual fonte serão obtidos os dados de consumo de alimentos. O JECFA normalmente faz uso dos *cluster diets* do *Global Environment Monitoring System/ Food Contamination Monitoring and Assessment Programme* (GEMS/Food) para cálculo de exposição crônica a substâncias químicas no âmbito internacional. O GEMS/Food é coordenado pela Organização Mundial da Saúde (OMS) em colaboração com uma rede de mais de trinta Centros Colaboradores da OMS e reconhecidas instituições nacionais localizadas em todo o mundo. Desde 1976 o GEMS/Food divulga informações aos governos, *Codex Alimentarius Commission* (CAC), outras instituições e o público em geral sobre os níveis e tendências de contaminantes em alimentos, a contribuição destes para o total de exposição humana, e o significado disto no que diz respeito à saúde pública e comércio (WHO, 2015a).

Anteriormente eram treze *cluster diets* do GEMS/Food. Atualmente, são dezessete dietas agrupadas de acordo com o nível estimado de consumo per capita de 415 produtos alimentares primários ou semi-industrializados coletados e analisados pela *Food and Agriculture Organization of the United Nations* (FAO) nos 179 países (WHO, 2015a) colaboradores entre 2002 e 2007. Estes produtos foram

categorizados em 62 grupos de alimentos (WHO, 2015b). Nesse contexto, o Brasil foi incluído no *cluster* 05 (WHO, 2015a, 2015c), que inclui também outros países das Américas do Sul e Central (Figura 4; WHO, 2015a, 2015c). O *cluster diet* 05 caracteriza-se, dentre outros, pelo alto consumo de cereais (grãos e farinhas); leites (sem adição de outros ingredientes); frutas tropicais e temperadas frescas; açúcares, mel, doces (exceto chocolate), edulcorantes e melado; raízes e tubérculos crus ou cozidos (WHO, 2013).

Entre as limitações dos dados dos *cluster diets* está a impossibilidade de acessar o consumo de alimentos por subgrupos mais sensíveis da população, dentre os quais, crianças, idosos, gestantes (KROES et al., 2002; PETERSEN, CHAISSON e DOUGLASS, 1994), os quais geralmente podem necessitar de atenção especial quando se trata de contaminantes em alimentos (KROES et al., 2002).

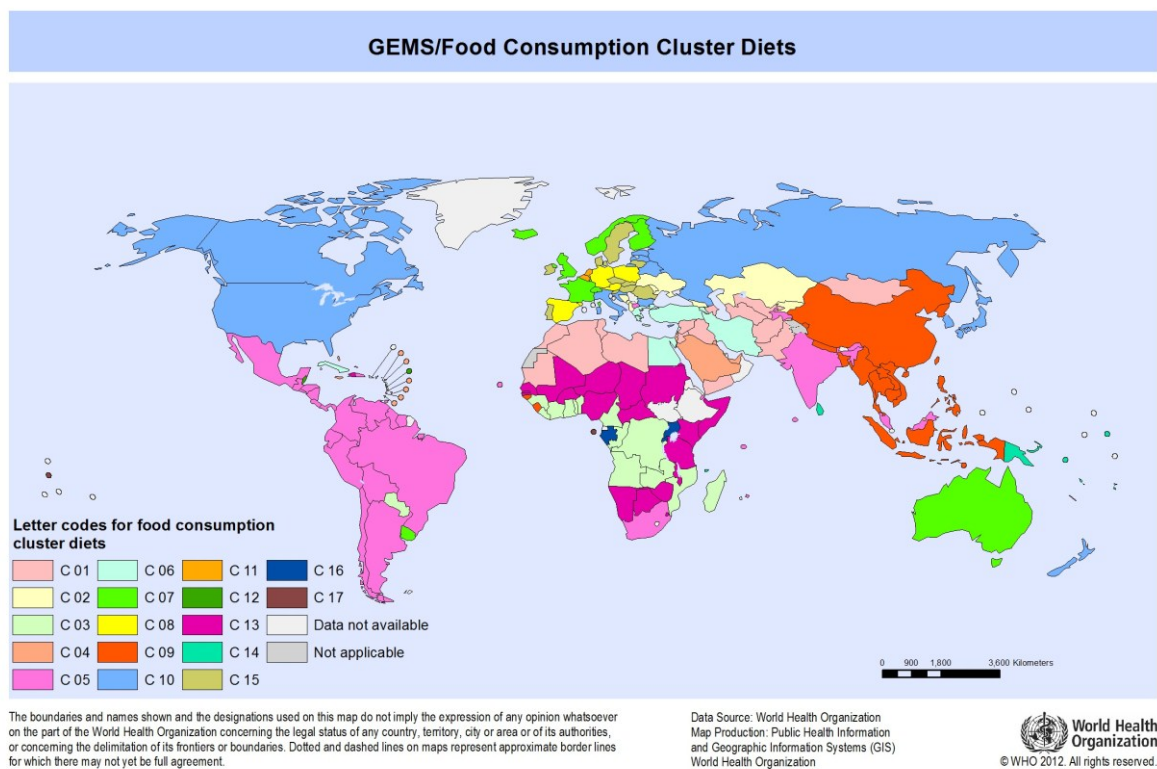


Figura 4 – *Cluster diets* de consumo de alimentos. GEMS/Food. 2012.

Fonte: WHO (2015a).

Na última avaliação do chumbo pelo JECFA (FAO/WHO, 2011), havia estimativas de exposição pela dieta, principalmente de alimentos prontos para

o consumo, de 28 países disponíveis. Com isso, concluiu-se que estes dados apresentados dos 28 países refletiam melhor a exposição ao chumbo pela dieta do que os *cluster diets* de consumo de alimentos do GEMS/Food e foram usados na avaliação da exposição ao chumbo.

Nos países europeus, embora a contribuição de cada categoria de alimentos para a ingestão diária de chumbo não seja muito diferente, os pequenos consumidores, de modo geral, refletem melhor a realidade para a exposição global do que os altos consumidores. Isto porque nos pequenos consumidores a análise é pouco influenciada pelo elevado número de amostras abaixo do LOD em algumas categorias de alimentos (EFSA, 2010).

Leite e produtos lácteos, frutas, pães e açúcares foram os alimentos que mais contribuíram para a exposição ao chumbo na dieta em um estudo de dieta total (*Total Diet Study* – TDS) chileno. No Líbano, um TDS incluindo água e alimentos, água foi o que mais contribuiu para a exposição, seguido por pães e torradas, frutas, pizza e tortas, e legumes crus e cozidos (FAO/WHO, 2011). No Brasil, Morgano et al. (2011) calcularam a ingestão diária de chumbo pelo consumo de peixes com base em dados de aquisição de pescados para a região Sudeste (local de coleta das amostras) e provável consumo alimentar (POF 2002-2003: IBGE, 2004). A ingestão corresponde a 11,4 g/pessoa/dia e as espécies que mais contribuíram para a ingestão diária foram corvina e tainha (6,9 µg), seguida da pescada (1,8 µg) e sardinha (1,2 µg). A Tabela 5 apresenta a contribuição percentual de cada categoria de alimentos na exposição pela dieta ao chumbo na Europa, China e Nova Zelândia.

A referência no Brasil para dados de consumo alimentar e de disponibilidade de alimentos em domicílio (POF3) é a Pesquisa de Orçamentos Familiares (POF), realizada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), cuja última edição corresponde ao período 2008-2009 (IBGE, 2015). Os dados de consumo individual, denominado Bloco de Consumo Alimentar Pessoal (POF7), foram obtidos a partir de recordatório 24 horas reportado por indivíduos a partir de 10 anos de idade em dois dias não consecutivos. Não se registrou o consumo de água (IBGE, 2011a).

Tabela 5 – Contribuição relativa (%) das categorias de alimentos na exposição diária ao chumbo pela dieta por país ou grupo de países.

Categorias de alimentos	Europa ^a		China ^b	Nova Zelândia ^b	
	Consumidores médios	Altos consumidores		Adultos	Crianças
Legumes	-	-	21	-	-
Legumes, castanhas e leguminosas	19	14	-	-	-
Cereais	-	-	34	24-27	36-39
Cereais e produtos de cereais	13	14	-	-	-
Produtos diversos e alimentos para fins especiais	12	7	-	-	-
Raízes e tubérculos	8	6	-	-	-
Carne e produtos cárneos incluindo vísceras	8	9	-	-	-
Bebidas alcóolicas	7	9	-	-	-
Leite e produtos lácteos	6	8	-	-	-
Sucos, refrigerantes e águas envasadas	-	11	-	-	-
Frangos, ovos, peixes e carnes	-	-	-	12-16	7-12
Alimentos entregues sob encomenda ("delivery")	-	-	-	9-24	10-15
Frutas	-	-	-	-	-
Fórmula infantil e alimentos de seguimento (desmame)	-	-	-	-	-

Fontes: ^a EFSA (2010); ^b FAO/WHO (2011).

A POF7 contempla 34.003 indivíduos de 13.569 domicílios e faz uso do fator de expansão, que possibilita a extrapolação para toda a população. O fator de expansão, também denominado peso amostral, torna possível calcular estimativas de totais para as variáveis investigadas na pesquisa, seja para as características de domicílio, unidade de consumo e pessoa (IBGE, 2011a, 2011b). A POF inclui também dados de antropometria (peso e altura) das pessoas, entre outros (IBGE, 2011c).

2.4.3 Caracterização do Risco

Na etapa de caracterização de risco de substâncias não genotóxicas a ingestão calculada é comparada com o parâmetro toxicologicamente seguro de

exposição (PTWI, por exemplo). O risco pode existir quando a ingestão ultrapassa este parâmetro. Como, atualmente não existe um PTWI estabelecido para o chumbo, o risco da exposição a este metal na dieta pode ser avaliado pelo cálculo da Margem de Exposição (MOE) (BARLOW et al., 2006; DYBING et al., 2008), que pode ser calculada pela Equação 2:

$$\text{MOE} = \frac{\text{Referência Toxicológica}}{\text{Exposição}} \quad (\text{Equação 2})$$

No cálculo da MOE comumente a referência toxicológica usada é o *benchmark dose lower confidence limit* (BMDL), que é o menor limite de confiança unilateral da *benchmark dose* (BMD) para um nível predeterminado de resposta, chamado de *benchmark response* (BMR) (FAO/WHO, 2006b). A BMD é estimada pela interpolação na curva dose resposta com vista a um nível específico de interesse (por exemplo, a BMD10 representa a dose que causou aumento de 10% na incidência do efeito em estudo) (FAO/WHO, 2006b). Esta interpolação permite estimar a incerteza e o limite de confiança inferior da BMD, este denominado BMDL (SETZER e KIMMEL, 2003). Ao contrário do NOAEL, que depende do desenho experimental, podendo variar em função da menor dose testada, a BMD diminui a necessidade do uso de fatores de segurança e elimina limitações relacionadas ao experimento (USEPA, 2015b). Para substâncias genotóxicas e carcinogênicas, quando o BMD foi estimado a partir de modelos animais, valores de MOE igual ou maiores do que 10.000 representam situação de risco pouco preocupante sob a óptica de saúde pública (EFSA, 2005).

A interpretação da MOE depende da magnitude e natureza da BMR, à medida que a BMD é baseada na relevância da população na qual a BMDL foi calculada. A interpretação da MOE também depende de onde exatamente encontra-se a exposição dentro do intervalo de estimativas de ingestão baseadas nos limites inferior e superior dos dados (EFSA, 2010).

Para subsidiar a decisão dos gestores do risco baseada na MOE, o avaliador do risco deve fornecer informações da natureza e magnitude das incertezas envolvidas, tanto das propriedades toxicológicas da substância em estudo, como dos dados de exposição da população. Além disso, recomenda-se que a MOE seja calculada e comparada com outras já estimadas (EFSA, 2007).

Tabela 6 – Margem de Exposição (MOE) estimada para diferentes parâmetros críticos por população.

População/ Dieta	Parâmetro Crítico	MOE	
		Consumidor médio	Alto consumidor
Adulto	Efeitos cardiovasculares ^(a)	1,2-4,2	0,62-2,1
	Nefrotoxicidade ^(b)	0,51-1,8	0,26-0,86
Vegetarianos	Efeitos cardiovasculares	1,2-3,3	0,67-1,9
	Nefrotoxicidade	0,5-1,4	0,28-0,79
Dieta específica (carne de caça)	Efeitos cardiovasculares	0,76	0,61
	Nefrotoxicidade	0,32	0,26
Crianças de 3 meses alimentadas com leite materno	Neurotoxicidade do desenvolvimento ^(c)	2,4	1,6
Crianças de 3 meses alimentadas com fórmula infantil	Neurotoxicidade do desenvolvimento	0,79-1,9	0,53-1,3
Crianças de 1-3 anos	Neurotoxicidade do desenvolvimento	0,16-0,45	0,09-0,29
Crianças de 4-7 anos	Neurotoxicidade do desenvolvimento	0,19-0,63	0,10-0,38
Exposição intrauterina ^(d)	Neurotoxicidade do desenvolvimento	0,39-1,3	0,19-0,74

(a) Para efeitos cardiovasculares, a MOE foi calculada pela divisão do BMDL₀₁ do valor de ingestão de 1,50 µg/kg p.c./dia pela respectiva estimativa de exposição pela dieta apresentada na Tabela 7;

(b) Para nefrotoxicidade, a MOE foi calculada pela divisão da BMDL₁₀ do valor de ingestão de 0,63 µg/kg p.c./dia pela respectiva estimativa de exposição pela apresentada na Tabela 7;

(c) Para toxicidade do neurodesenvolvimento, a MOE foi calculada pela divisão da BMDL₀₁ do valor de ingestão de 0,50;

µg/kg p.c./dia pela respectiva estimativa de exposição pela dieta apresentada na Tabela 7;

(d) A MOE para exposição intrauterina foi derivada de dados de consumo de mulheres de 20 a 40 anos de idade.

Adaptado: EFSA (2010).

Considerando as limitações dos dados epidemiológicos e de relevância para a saúde associadas à concentração sanguínea de chumbo, com base na MOE, o CONTAM concluiu que, nos níveis atuais de exposição ao chumbo, o risco de efeitos clinicamente importantes sobre o sistema cardiovascular ou os rins de consumidores adultos variou de baixo a insignificante. Em neonatos, crianças e mulheres grávidas, entretanto, evidenciou potencial preocupação devido aos efeitos sobre o neurodesenvolvimento. Diante disso, níveis de exposição ao chumbo que não representem risco às crianças e mulheres em idade fértil com relação aos efeitos do chumbo sobre o neurodesenvolvimento são considerados suficientes para proteger todos os (sub)grupos populacionais de todos os outros efeitos adversos relacionados ao chumbo em (EFSA, 2010).

O CONTAM avaliou o risco para a saúde humana relacionado à presença de chumbo nos alimentos aplicando a MOE e não encontrou evidência que levasse à necessidade de estabelecer limite (valor de referência) para os parâmetros críticos (pressão arterial sistólica, insuficiência renal crônica e escores de QI). A Tabela 6 apresenta um resumo das MOE estimadas para diferentes parâmetros críticos por população.

Tabela 7 – Visão geral da exposição ao chumbo na dieta, estimada para os médios e altos consumidores para diferentes subpopulações, e de estimativas de exposição não-alimentar ($\mu\text{g/kg p.c./dia}$).

	Via de Exposição	Consumidores médios	Altos consumidores
Exposição pela dieta			
Adultos	Oral	0,36-1,24	0,73-2,43
Crianças de 3 meses alimentadas com leite materno	Oral	0,21	0,32
Crianças de 3 meses alimentadas com fórmula infantil	Oral	0,27-0,63	0,40-0,94
Crianças de 1-3 anos	Oral	1,10-3,10	1,71-5,51
Crianças de 4-7 anos	Oral	0,80-2,61	1,30-4,83
Dieta específica (carne de caça)	Oral		1,98-2,44
Vegetarianos	Oral	0,46-1,25	0,80-2,24
Mulheres de 20-40 anos	Oral	0,38-1,28	0,68-2,60
Exposição não-alimentar potencial			
Solo e poeira (crianças de 2 anos)	Oral		0,18-0,80
Poeira externa (não doméstica)	Inalação		0,001-0,003
Fumaça (20 cigarros)	Inalação		0,003-0,018
Fumaça de cigarro ambiental	Inalação		0,009-0,037 (adultos) 0,012-0,052 (crianças)

p.c.: peso corpóreo

Nota: Devido à disponibilidade de dados as áreas populacionais das pesquisas não são as mesmas para todos os cenários.

(a) A idade adulta varia de 15 a 25 anos em diferentes estudos. Detalhes disponíveis em:

<<http://www.efsa.europa.eu/en/datex/datexfooddb.htm>>.

(b) Exposição baseada no conteúdo médio e alto de chumbo de 23 mg/kg e 100 mg/kg de solo e poeira, respectivamente, e ingestão de 100 mg de solo e poeira por dia para uma criança de 12,5 kg;

(c) Exposição baseada no conteúdo médio e alto de chumbo de 0,003 $\mu\text{g/m}^3$ e 0,010 $\mu\text{g/m}^3$, respectivamente, e 17 m^3 de ar respirado e 60 kg p.c.

(d) Exposição baseada em 0,2 a 1,1 μg de chumbo por pessoa por dia;

(e) Exposição baseada em 0,03 a 0,13 $\mu\text{g/m}^3$ e 17 m^3 de ar respirado por adulto de 60 kg ou 5 m^3 de ar respirado por criança de 12,5 kg p.c.

Adaptado: EFSA (2010).

3 MÉTODOS

Os dados da concentração de chumbo em alimentos foram obtidos das planilhas de monitoramento de contaminantes em alimentos recebidas dos Laboratórios Centrais de Saúde Pública (LACEN) pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), de dados fornecidos à ANVISA oriundos de monitoramento de contaminantes em alimentos realizado pelo setor produtivo de alimentos e de referências normativas (MERCOSUL, 2011; BRASIL, 2010, 2013). As amostras de alimentos para monitoramento de contaminantes pelos LACEN foram coletadas no comércio pelas Vigilâncias Sanitárias (Visa) estaduais e municipais nos anos de 2010, 2011 e 2012 e remetidas aos LACEN para determinação do teor de chumbo. Estes dados de monitoramento são, portanto, resultado do trabalho conjunto de entes do Sistema Nacional de Vigilância Sanitária (SNVS) (BRASIL, 1999c).

As técnicas analíticas utilizadas pelos LACEN para determinação do teor de chumbo em alimentos foram espectrometria de absorção atômica (EAA) com forno de grafite e espectrometria de emissão atômica com plasma de argônio indutivamente acoplado (ICP-OES). Os métodos são validados considerando as principais características de desempenho: seletividade e especificidade, faixa de medição, calibração e rastreabilidade, tendência/ recuperação, linearidade, limite de detecção/ limite de quantificação, robustez, precisão (BRASIL, 2005b; EURACHEM, 2005).

Para as análises das matrizes cujas concentrações de chumbo foram menores do que o LOQ, utilizou-se para o cálculo da média metade do valor do LOD adotado. Para as categorias de alimentos que não foram monitoradas pelos LACEN, mas havia resultados de análises disponibilizados p, utilizaram-se estes dados do setor produtivo de alimentos. Para as categorias de alimentos que não foram monitoradas pelos LACEN nem analisadas pelo setor produtivo de alimentos, utilizou-se o LM preconizado na Resolução-RDC nº 42, de 29 de agosto de 2013, que dispõe sobre o Regulamento Técnico MERCOSUL sobre Limites Máximos de Contaminantes Inorgânicos em Alimentos (BRASIL, 2013).

Os dados de consumo de alimentos pela população foram obtidos da POF7 (IBGE, 2011a, p. 45-46). Como a POF7 não registrou o consumo de água,

utilizou-se o valor padrão de 2,0 L (2,0 kg) tradicionalmente recomendado por médicos e nutricionistas para consumo diário por adultos.

Para cálculo da estimativa da exposição (ingestão) fez-se o somatório do consumo dos alimentos de cada categoria multiplicado pelo respectivo dado de concentração de chumbo nos alimentos da categoria dividido pelo peso mediano da população em estudo. O peso da população de 10 ou mais anos de idade foi obtido por média ponderada do peso mediano da população total por idade e grupos de idade, que revelou o valor de 63,85 kg para a mediana de peso (IBGE, 2011c, p. 79-80).

Para cálculo da MOE, utilizaram-se valores de BMDL publicados na opinião científica sobre chumbo em alimentos da Comissão Europeia. Considerando a população em estudo (≥ 10 anos de idade), utilizaram-se os valores de BMDL correspondente aos efeitos em adultos sobre a pressão sanguínea sistólica e sobre a prevalência de doença renal crônica (EFSA, 2010, p. 1, 5, 102). Estes valores de BMDL foram divididos, conforme Equação 2, pelo valor encontrado para ingestão de chumbo diária per capita na população brasileira com 10 ou mais anos de idade (POF7).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Analisaram-se os dados disponíveis na Gerência-Geral de Alimentos da ANVISA referentes ao monitoramento do teor de chumbo em alimentos realizado de 2010 a 2012 em parceria com os LACEN e Visa estaduais e municipais (Tabela 8). Havia inicialmente 451 amostras de alimentos analisadas em diversos laboratórios, mas como dados faltantes para sete amostras não puderam ser recuperados, ao final somaram-se 444 resultados análises disponíveis. Observou-se em alguns casos, uma mesma categoria de alimento sendo analisada por diferentes metodologias/equipamentos/laboratórios. Isso implicou diferentes LOD/LOQ para uma mesma categoria. Com isso, em determinadas amostras, o LOD podia ser maior do que o LOQ de outro laboratório. Isto foi relevante para saber qual valor assumir como concentração média de chumbo na hora de utilizar o dado para os cálculos. Para as amostras cujo teor de chumbo foi menor do que o LOD/LOQ assumiu-se metade do valor do LOD.

Tomaram-se os dados de consumo alimentar da POF7, os quais revelaram que, na média de consumo referente aos dois dias da pesquisa, os alimentos mais consumidos per capita por dia foram: café, 215,1 mL; feijão, 182,9 g; arroz, 160,3 g; sucos, refrescos, sucos em pó reconstituídos, 145 g; refrigerantes, 94,7 g; frutas, 86,1 g; carne, 77,5 g; pães, 53,9 g (IBGE, 2011a).

No caso do café, como os dados de concentração de chumbo eram para o pó e o consumo, da bebida pronta, assumiu-se o uso de 100g de pó para preparar 1000 mL de bebida (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE CAFÉ, 2015). O consumo de sal foi uma estimativa do Ministério da Saúde (PORTAL BRASIL, 2011).

Para cálculo da estimativa da exposição na dieta fez-se o somatório do consumo de cada categoria de alimentos multiplicado pelo respectivo dado de concentração de chumbo dividido pelo peso mediano da população em estudo (≥ 10 anos de idade), correspondendo a 63,85 kg, conforme Equação 1. Os resultados estão apresentados na Tabela 9.

Tabela 8 – Resumo dos dados do monitoramento do teor de chumbo em alimentos realizado pelo Sistema Nacional de Vigilância Sanitária. Brasil. 2010-2012.

Categoria de alimento	n	amostras positivas (%)	LOD/LOQ	Concentração média (mg/kg)	Intervalo da concentração nas amostras positivas (mg/kg)
Água mineral natural	81	0	0,001	0,0005	-
Arroz integral	1	100	-	0,138	-
Arroz polido ("branco")	46	89,13	-	0,1631	0,021-0,9
Balas	16	50		0,1234	0,003-0,41
Bananada*	1	0	0,1	0,05	-
Carne	6	33	0,02	0,01733	0,027-0,037
Chá de camomila	1	0	0,05	0,025	-
Chá de erva-doce	3	1	0,05	0,0933	0,23
Chá de sene	1	0	0,05	0,025	-
Chá mate	2	100	-	0,45	0,3-0,6
Chá mate tostado	9	0	0,05	0,025	-
Chá misto	2	0	0,03	0,015	-
Chá preto	6	16,67	0,05	0,16	0,7
Chá verde	20	10	0,05	0,1965	0,48-3,0
<i>Chás</i>	<i>44</i>	<i>13,64</i>	<i>0,05</i>	<i>0,1445</i>	<i>0,23-3,0</i>
Chocolate (meio amargo)	2	100	-	0,1	0,1
Doce de banana e abacaxi*	2	0	0,05	0,025	-
Doce de mamão*	3	33	0,05	0,07	0,11
Erva mate	2	0	0,05	0,025	-
Gelatina minhoca	2	0	0,03	0,015	-
Geleia de fruta*	25	0	0,10	0,05	-
Goiabada*	25	4	0,10	0,05	-
Iogurte	2	0	0,03	0,015	-
Leite desnatado UHT	8	0	0,01	0,01075	-
Leite integral UHT	91	5,5	0,01	0,0142	0,01-0,33
Leite pasteurizado semidesnatado	1	0	0,002	0,001	-
Leite pasteurizado	19	42,1	0,002	0,003826	0,001-0,017

Categoria de alimento	n	amostras positivas (%)	LOD/LOQ	Concentração média (mg/kg)	Intervalo da concentração nas amostras positivas (mg/kg)
padronizado					
Leite integral pasteurizado	9	23,08	0,001	0,001	0,001
Leite em pó** desnatado	2	0	0,02	0,01	-
Leite em pó** semidesnatado instantâneo	1	100	-	0,03	0,03
Leite em pó** integral	27	37,04	0,003	0,03433	0,006-0,016
Leite em pó** integral instantâneo	8	0	0,003	0,0015	-
Leite em pó** integral enriquecido	1	100	-	0,02	-
Líquido de descongelamento de carne (purga)	2	0	-	0,001	-
Mandioca (minimamente processada)	3	33	0,1	0,0833	0,15
Mariola* (doce de caju, banana ou goiaba seca)	1	0	0,1	0,05	
Marmelada*	4	0	0,1	0,05	-
Pirulito	8	25	0,03	0,0675	0,17-0,39
Pó para preparo de bebida	1	100	-	0,0026	-
Total	444	-	-	-	-

*Doces de frutas; **Valor no produto pronto para consumo. **Fonte:** o próprio autor.

Tabela 9 – Dados da concentração de chumbo, consumo alimentar médio per capita, exposição ao chumbo per capita diária devida a cada categoria de alimento e contribuição relativa da categoria de alimentos sobre a exposição ao chumbo pela dieta na população brasileira (≥ 10 anos de idade).

Categoria de alimento	[Pb] (mg/kg)	Consumo alimentar médio per capita (g/dia)	[Pb] (mg/kg) x consumo (kg/dia)	Contribuição (%) da categoria de alimento para exposição ao Pb pela dieta
Feijão	0,2 ^(c)	182,9	0,03658	25,4
Doces de frutas	0,05 ^(a)	2,3	0,000115	0,1
Frutas	0,19 ^(b)	86,1	0,016359	11,3
Sal	0,02 ^(b)	8,2	0,000164	0,1
Água	0,0005 ^(a)	2000*	0,001	0,7
Peixes, pescados	0,3 ^(c)	27,4	0,00822	5,7
Aves	0,08 ^(b)	37,4	0,002992	2,1
Pães	0,2 ^(c)	53,9	0,01078	7,5
Raízes e tubérculos	0,0833 ^(a)	25	0,0020825	1,4
Legumes	0,1 ^(c)	15,7	0,00157	1,1
Verduras	0,3 ^(c)	24,6	0,00738	5,1
Leite integral	0,0142 ^(a)	34,7*	0,00049274	0,3
Leite desnatado	0,01075 ^(a)	4,7*	0,000050525	0,0
Leite em pó integral	0,03433 ^(a)	0,3	0,000010299	0,0
Açúcar de mesa e outros	0,1 ^(c)	0,9	0,00009	0,1
Sucos, refrescos, sucos em pó reconstituídos	0,05 ^(c)	145*	0,00725	5,0
Refrigerantes	0,05 ^(c)	94,7	0,004735	3,3
Café	0,05 ^(c)	215,1*	0,010755	7,5
Arroz integral	0,138 ^(a)	8,1	0,0011178	0,8
Arroz polido ("branco")	0,1631 ^(a)	160,3	0,02614493	18,1
Carne	0,01733 ^(a)	77,5	0,001343075	0,9
Chás	0,14 ^(a)	31,3*	0,004382	3,0
Chocolate	0,1 ^(a)	4,3	0,00043	0,3
Iogurte	0,015 ^(a)	9,8	0,000147	0,1
Total	-	-	0,144190869	100,0

*mL/dia. **Fontes:** (a) Monitoramento realizado pelo Sistema Nacional de Vigilância Sanitária (concentração média); (b) Dados do setor produtivo de alimentos (concentração máxima); (c) Limites Máximos (RDC 42/2013).

Em média, a ingestão de chumbo diária per capita na população brasileira com 10 ou mais anos de idade (POF7) é de 0,1442 mg, ou 2,26 µg/kg p.c./dia. Os alimentos que mais contribuíram para a ingestão de chumbo foram o feijão (25%) e o arroz (18%), principais alimentos da dieta tradicional brasileira (Tabela 9).

Na Europa entre os altos consumidores adultos a exposição ao chumbo pela dieta varia em média de 0,36-1,24 a 2,43 µg/kg p.c./dia. A exposição de lactentes varia de 0,21 a 0,94 µg/kg p.c./dia e em crianças 0,80-3,10 (consumidores médios), até 5,51 (altos consumidores) µg/kg p.c./dia. Em geral, os cereais são os alimentos que mais contribuem para a exposição ao chumbo na dieta, enquanto a poeira e solo podem ser fontes não alimentares importantes em crianças (EFSA, 2010).

Para cálculo das MOE (Tabela 10), utilizaram-se os valores de BMDL dos efeitos do chumbo em adultos sobre a pressão sanguínea sistólica e sobre a prevalência de doença renal crônica da EFSA (2010), divididos pela ingestão de chumbo calculada. A Tabela 10 mostra também a MOE calculada para a população Europeia adulta.

Tabela 10 – *Benchmark dose lower confidence limits* (BMDL) e Margens de Exposição (MOE) na Europa e no Brasil para efeitos do chumbo sobre a pressão sanguínea sistólica e sobre a prevalência de doença renal crônica.

Efeitos do Chumbo sobre	BMDL (µg/kg p.c./dia)	MOE _{Brasil}	MOE _{Europa} *
Pressão sanguínea sistólica	1,5	0,664	1,2-4,2
Prevalência de doença renal crônica	0,63	0,279	0,51-1,81

* faixa representa o risco para altos consumidores – consumidores médios.

Os valores de MOE encontrados para a população brasileira com 10 ou mais anos de idade tanto para os efeitos sobre a pressão sanguínea sistólica como para a prevalência de doença renal crônica foram inferiores aos relatados pela EFSA (2010) para a população da Europa. MOE abaixo de 1 significa que a ingestão é maior que a dose (BMDL) que levou a um efeito adverso. Desta maneira a exposição ao chumbo da população brasileira em estudo não exclui a possibilidade

da ocorrência de efeitos adversos à saúde, situação similar para altos consumidores europeus quando se considera o efeito doença renal crônica.

Khaniki e Zazouli (2005) verificaram que a ingestão semanal de chumbo, considerando apenas o arroz de quatro regiões no norte do Irã, era 42,23 $\mu\text{g/kg p.c.}$, ultrapassando a PTWI (25 $\mu\text{g/kg p.c.}$). Zazouli et al. (2010) calcularam a exposição ao chumbo devida ao consumo de arroz cultivado na Babol Region no Irã e revelaram que consumidores médios de arroz ingeriam, devido ao arroz cru polido, Kateh e Pilaw, respectivamente, 224,95; 200,85 e 67,23 μg de chumbo/kg p.c./semana. No presente estudo, verificou-se que a exposição dos brasileiros com 10 ou mais anos de idade ao chumbo ingerido com o arroz polido seria de 2,9 μg de chumbo/kg p.c./semana.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O chumbo é um metal que ocorre naturalmente na crosta terrestre e cuja distribuição no ambiente é largamente modificada por atividades antrópicas.

No Brasil, a exposição ao chumbo pela dieta da população com 10 ou mais anos de idade é de 2,26 $\mu\text{g/kg p.c./dia}$. Esta exposição é devida principalmente ao consumo de feijão e arroz. Esse dado reforça a necessidade de diversificação da dieta consumida pelo brasileiro (BRASIL, 2014).

Considerando os valores de BMDL de 1,5 e 0,63 $\mu\text{g/kg p.c./dia}$, correspondente aos efeitos em adultos sobre a pressão sanguínea sistólica e sobre a prevalência de doença renal crônica, as respectivas MOE foram 0,664 e 0,279. Estes valores foram inferiores aos relatados pela European Food Safety Authority (2010) para outras populações adultas e não excluem a possibilidade de efeitos da ingestão de chumbo junto com os alimentos sobre a saúde dos brasileiros com 10 ou mais anos de idade.

É de suma importância obter dados laboratoriais de monitoramento da concentração de chumbo em alimentos e no ambiente para que possam ser realizadas novas avaliações de risco da exposição da população brasileira a este contaminante. Adicionalmente, é necessário gerar dados de consumo de alimentos na população brasileira com menos de 10 anos de idade para, dentre outras ações, subsidiar avaliações do risco de exposição a contaminantes, inclusive chumbo, nesta população.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE CAFÉ. **Dicas de preparação de café**. 2015. Rio de Janeiro: Associação Brasileira da Indústria de Café. Disponível em: <<http://www.abic.com.br/publique/cgi/cgilua.exe/sys/start.htm?sid=39>>. Acesso em: 31 ago. 2015.

ARMBRUSTER, D. A.; PRY, T. Limit of Blank, Limit of Detection and Limit of Quantitation. **The Clinical Biochemist Reviews**, v. 29, Suppl. 1: p. S49–S52, Aug. 2008. Disponível em: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2556583/>>. Acesso em: 31 ago. 2015.

BAERT et al. Variability and uncertainty assessment of patulin exposure for preschool children in Flanders. **Food and Chemical Toxicology**, Oxford, v. 45, n. 9, p. 1745-1751, Sep. 2007. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S027869150700110X>>. Acesso em: 31 ago. 2015.

BARLOW, S. et al. Risk assessment of substances that are both genotoxic and carcinogenic: Report of an International Conference organized by EFSA and WHO with support of ILSI Europe. **Food and Chemical Toxicology**, Oxford, v. 44, n. 10, p. 1636-1650, Oct. 2006. Disponível em: <http://ac.els-cdn.com/S0278691506001840/1-s2.0-S0278691506001840-main.pdf?_tid=3e79604c-2aa1-11e2-9ad9-00000aacb362&acdnat=1352488460_b3a024310ea5579b0f46c223e317b996>. Acesso em: 31 ago. 2015.

BRASIL. Decreto-lei nº 986, de 21 de outubro de 1969. Institui normas básicas sobre alimentos. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, D.F., 21 out. 1969. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto-lei/Del0986.htm>. Acesso em: 31 ago. 2015.

_____. Ministério do Trabalho e Emprego. Norma Regulamentadora: **NR 15 – Atividades e Operações Insalubres**. 1978. Disponível em: <<http://portal.mte.gov.br/legislacao/norma-regulamentadora-n-15-1.htm>>. Acesso em: 31 ago. 2015.

_____. Lei nº 8.723, de 28 de outubro de 1993. Dispõe sobre a redução de emissão de poluentes por veículos automotores e dá outras providências. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, D.F., 1º nov. 1993. Repl. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l8723.htm>. Acesso em: 31 ago. 2015.

_____. Ministério do Trabalho e Emprego. Norma Regulamentadora: **NR 7 – Programa de Controle Médico de Saúde Ocupacional**. 1994. Disponível em: <http://portal.mte.gov.br/data/files/FF8080812BE914E6012BEF19C09E2799/nr_07_ssst.pdf>. Acesso em: 31 ago. 2015.

_____. Portaria SVS/MS nº 540, de 27 de outubro de 1997. Aprova o Regulamento Técnico: Aditivos Alimentares - definições, classificação e emprego. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, D.F., seção 1, p. 94-95, 28 out. 1997.

Disponível em:

<http://portal.anvisa.gov.br/wps/wcm/connect/d1b6da0047457b4d880fdc3fbc4c6735/PORTARIA_540_1997.pdf?MOD=AJPERES>. Acesso em: 31 ago. 2015.

_____. Portaria nº 685, de 27 de agosto de 1998. [Aprova o Regulamento Técnico: "Princípios Gerais para o Estabelecimento de Níveis Máximos de Contaminantes Químicos em Alimentos" e seu Anexo: "Limites máximos de tolerância para contaminantes inorgânicos"]. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, D.F., seção 1, p. 28-29, 28 ago. 1998. Disponível em: <<http://portal.anvisa.gov.br/wps/wcm/connect/8c494f804745801a8c00dc3fbc4c6735/PORTARIA+N%C2%BA+685%2C+DE+27+DE+AGOSTO+DE+1998.pdf?MOD=AJPERES>>. Acesso em: 31 ago. 2015.

_____. Lei nº 9.832, de 14 de setembro de 1999. Proíbe o uso industrial de embalagens metálicas soldadas com liga de chumbo e estanho para acondicionamento de gêneros alimentícios, exceto para produtos secos ou desidratados. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, D.F., 15 de set. 1999a. Disponível em: <<http://portal.anvisa.gov.br/wps/wcm/connect/5f98d8004d8b6621a9d3e9c116238c3b/ALIMENTOS+LEI+N%C2%BA+9.832%2C+DE+14+DE+SETEMBRO+DE+1999.pdf?MOD=AJPERES>>. Acesso em: 31 ago. 2015.

_____. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução nº 105, de 19 de maio de 1999. [Aprova os Regulamentos Técnicos: Disposições Gerais para Embalagens e Equipamentos Plásticos em contato com Alimentos]. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, D.F., 20 maio 1999b. Disponível em: <<http://portal.anvisa.gov.br/wps/wcm/connect/96d114004d8b6a7baa2debc116238c3b/ALIMENTOS+RESOLU%C3%87%C3%83O+N%C2%BA+105%2C+DE+19+DE+MAIO+DE+1999.pdf?MOD=AJPERES>>. Acesso em: 31 ago. 2015.

_____. Lei nº 9.782, de 26 de janeiro de 1999c. Define o Sistema Nacional de Vigilância Sanitária, cria a Agência Nacional de Vigilância Sanitária, e dá outras providências. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, D.F., seção 1, p. 1-6, 27 jan. 1999. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9782.htm>. Acesso em: 31 ago. 2015.

_____. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução-RDC nº 216, de 15 de setembro de 2004. Dispõe sobre Regulamento Técnico de Boas Práticas para Serviços de Alimentação. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, D.F., seção 1, p. 25-28, 16 set. 2004. Disponível em: <<http://portal.anvisa.gov.br/wps/wcm/connect/4a3b680040bf8cdd8e5dbf1b0133649b/RESOLU%C3%87%C3%83O-RDC+N+216+DE+15+DE+SETEMBRO+DE+2004.pdf?MOD=AJPERES>>. Acesso em: 31 ago. 2015.

_____. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução-RDC nº 218, de 29 de julho de 2005. Dispõe sobre o Regulamento Técnico de Procedimentos Higiênico-Sanitários para Manipulação de Alimentos e Bebidas Preparados com Vegetais. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, D.F., seção 1, p. 119, 1 ago. 2005a. Disponível em:

<http://portal.anvisa.gov.br/wps/wcm/connect/7b871900474597419fabdf3fbc4c6735/RDC_218.pdf?MOD=AJPERES>. Acesso em: 31 ago. 2015.

_____. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Métodos Físico-Químicos para Análise de Alimentos**. 4ª ed. Brasília: Ministério da Saúde, 2005b. 1018p. Disponível em: <http://www.ial.sp.gov.br/index.php?option=com_remository&Itemid=20>. Acesso em: 31 ago. 2015.

_____. **Atenção à saúde dos trabalhadores expostos ao chumbo metálico**. Brasília: Ministério da Saúde, 2006. 44 p. Disponível em: <http://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/protocolo_atencao_saude_trab_exp_chumbo_met.pdf>. Acesso em: 31 ago. 2015.

_____. Consulta Pública nº 101, de 27 de outubro de 2010. Proposta de Regulamento Técnico que estabelece os limites máximos de contaminantes inorgânicos em alimentos. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, D.F., seção 1, p. 78, 28 out. 2010. Disponível em: <<http://portal.anvisa.gov.br/wps/wcm/connect/f5dd598047458b0294a7d43fbc4c6735/CP+N%C2%BA+101+GGALI.pdf?MOD=AJPERES>>. Acesso em: 31 ago. 2015.

_____. Ministério da Saúde. Portaria nº. 2.914, de 12 de dezembro de 2011. Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, D.F., seção 1, p. 39-46, 14 dez. 2011. Disponível em: <http://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2011/prt2914_12_12_2011.html>. Acesso em: 31 ago. 2015.

_____. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução-RDC nº 42, de 29 de agosto de 2013. Dispõe sobre o Regulamento Técnico MERCOSUL sobre Limites Máximos de Contaminantes Inorgânicos em Alimentos. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, D.F., seção 1, p. 33-35, 30 ago. 2013. Disponível em: <http://portal.anvisa.gov.br/wps/wcm/connect/8100bb8040eac2e8b590b79cca79f4cf/RDC+n%C2%BA+42_2013_final.pdf?MOD=AJPERES>. Acesso em: 31 ago. 2015.

_____. Ministério da Saúde. **Guia alimentar para a população brasileira**. 2. ed. Brasília: Ministério da Saúde, 2014. 158p. Disponível em: <http://189.28.128.100/dab/docs/portaldab/publicacoes/guia_alimentar_populacao_brasileira.pdf>. Acesso em: 31 ago. 2015.

CALDAS, E. D.; JARDIM, A. N. O. Exposure to toxic chemicals in the diet: is The Brazilian population at risk? **Journal of Exposure Science and Environmental Epidemiology**, New York, v. 22, n. 1, p. 1-15, Jan./Feb. 2012. Disponível em: <<http://www.nature.com/jes/journal/v22/n1/pdf/jes201135a.pdf>>. Acesso em: 31 ago. 2015.

CARVALHO, M. de F. H. et al. Níveis de chumbo na água para consumo em escolas municipais da cidade de São Paulo. **Revista do Instituto Adolfo Lutz**, v. 64, n.1, p. 39-43, 2005. Disponível em:

<<http://periodicos.ses.sp.bvs.br/pdf/rial/v64n1/v64n1a06.pdf>>. Acesso em: 31 ago. 2015.

CODEX ALIMENTARIUS. Codex General Standard for Contaminants and Toxins in Food and Feed – **Codex STAN 193-1995**. Amendment 2014. 48p. Disponível em: <www.codexalimentarius.org/input/download/standards/17/CXS_193e.pdf>. Acesso em: 31 ago. 2015.

_____. Code of Practice Concerning Source Directed Measures to Reduce Contamination of Food with Chemicals – **CAC/RCP 49-2001**. 3 p. Disponível em: <<http://www.codexalimentarius.org/standards/list-of-standards/en/?provide=standards&orderField=fullReference&sort=asc&num1=CAC/RCP>>. Acesso em: 31 ago. 2015.

_____. Code of Practice for the Prevention and Reduction of Lead Contamination in Foods – **CAC/RCP 56-2004**. 7 p. Disponível em: <<http://www.codexalimentarius.org/standards/list-of-standards/en/?provide=standards&orderField=fullReference&sort=asc&num1=CAC/RCP>>. Acesso em: 31 ago. 2015.

CURCHO, M. R. S. M. **Avaliação de micro e macroelementos, elementos tóxicos (Cd, Hg e Pb) e ácidos graxos, em peixes disponíveis comercialmente para consumo em Cananéia e Cubatão, estado de São Paulo**. 2009. 224p. Dissertação (Mestrado em Ciências na Área de Tecnologia Nuclear – Aplicações) – Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, Universidade de São Paulo, São Paulo. 2009. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/85/85131/tde-16092009-143806/pt-br.php>>. Acesso em: 31 ago. 2015.

DE CAPITANI, E. M. Et al. Fontes de exposição humana a chumbo no Brasil. **Medicina**, Ribeirão Preto, v. 42, n. 3, p. 247-254, jul.-set. 2009. [Simpósio: Chumbo e a saúde humana. Cap. VI]. Disponível em: <http://revista.fmrp.usp.br/2009/vol42n3/Simp6_Fontes_%20exposicao_humana_chumbo_Brasil.pdf>. Acesso em: 31 ago. 2015.

DYBING, E. et al. Risk assessment of dietary exposures to compounds that are genotoxic and carcinogenic: an overview. **Toxicology Letters**, Amsterdam, v. 180, n.2, p. 110-117, Aug. 2008. Disponível em: <http://ac.els-cdn.com/S0378427408001513/1-s2.0-S0378427408001513-main.pdf?_tid=38ce2116-2a9f-11e2-8080-00000aacb35e&acdnat=1352487591_40f02b4f9afaed6f50626fb1cc6b8392>. Acesso em: 31 ago. 2015.

EFSA. Opinion of the Scientific Committee on a request from EFSA related to a harmonized approach for risk assessment of substances which are both genotoxic and carcinogenic. Jan. 2006 Updated. **European Food Safety Authority Journal**, Parma, v. 282, p. 1-31, Oct. 2005. [doi:10.2903/j.efsa.2005.282]. Disponível em: <<http://www.efsa.europa.eu/en/efsajournal/pub/282.htm>>. Acesso em: 31 ago. 2015.

_____. Scientific Opinion on Lead in Food – EFSA Panel on Contaminants in the Food Chain (CONTAM). **European Food Safety Authority Journal**, Parma, v. 8, n.

4, p. 1570 [147p.], Mar. 2010. [doi: 10.2903/j.efsa.2010.1570]. Disponível em: <<http://www.efsa.europa.eu/fr/scdocs/doc/1570.pdf>>. Acesso em: 31 ago. 2015.

EURACHEM. **Guia para Qualidade em Química Analítica**: uma assistência à habilitação. Brasília: ANVISA, SENAI, CNI, 2005. 46 p. Série Habilitação: 1. Disponível em: <<http://www.anvisa.gov.br/divulga/public/series/laboratorios.pdf>>. Acesso em: 31 ago. 2015.

EYSINK, G. G. J. et al. Metais pesados no Vale do Ribeira e em Iguape-Cananéia. **Revista Ambiente**, v. 2, n. 1, p. 6-13, 1988. Disponível em: <<http://www.cetesb.sp.gov.br/servicos/documentos-emitidos---publicacao/44-revista-ambiente>>. Acesso em: 31 ago. 2015.

FAO/WHO. **Food safety food analysis**: a guide for national food safety authorities. Roma: FAO/WHO, 2006a. 119p. [FAO Food Paper v. 87]. Disponível em: <<http://www.who.int/foodsafety/publications/micro/riskanalysis06.pdf>>. Acesso em: 31 ago. 2015.

_____. **Evaluation of certain food contaminants**: sixty-fourth report of the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives. Geneva: WHO, 2006b. 109p. Disponível em: <http://whqlibdoc.who.int/trs/WHO_TRS_930_eng.pdf>. Acesso em: 31 ago. 2015.

_____. **Working principles for risk analysis for food safety for application by governments**. Roma: FAO/WHO, 2007. 41p. Disponível em: <ftp://ftp.fao.org/codex/Publications/Booklets/Risk/Risk_EN_FR_ES.pdf>. Acesso em: 31 ago. 2015.

_____. **Evaluation of certain food additives and contaminants**: seventy-third report of the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives. Geneva: WHO, 2011. 237p. Disponível em: <http://whqlibdoc.who.int/trs/WHO_TRS_960_eng.pdf>. Acesso em: 31 ago. 2015. [WHO technical report series, n. 960]

_____. **Codex Alimentarius Commission**: Procedural Manual. 23rd ed. Rome: Joint FAO/WHO Food Standards Programme, 2015. 227p. Disponível em: <ftp://ftp.fao.org/codex/Publications/ProcManuals/Manual_23e.pdf>. Acesso em: 31 ago. 2015.

FISBERG, R. M. **Utilização de grandes bases de dados de informação na avaliação do consumo alimentar**. 2015. Disponível em: <http://www.espm.br/ConhecaAESPM/CAEPM/Eventos/outroseventos/ils/Documentos/SAS_Avaliacao_do_Consumo_Alimentar_REGINA_FISBERG.pdf>. Acesso em: 31 ago. 2015.

IBGE. **Pesquisa de Orçamentos Familiares 2002-2003**: aquisição alimentar domiciliar per capita. Rio de Janeiro: IBGE, 2004. 251p. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/xml/pof_2002_2003.shtm>. Acesso em: 31 ago. 2015.

_____. **Pesquisa de Orçamentos Familiares 2008-2009**: análise do consumo alimentar pessoal no Brasil. Rio de Janeiro: IBGE, 2011a. 150p. Disponível em:

<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/condicaodevida/pof/2008_2009_analise_consumo/pofanalise_2008_2009.pdf>. Acesso em: 31 ago. 2015.

_____. **Pesquisa de Orçamentos Familiares 2008-2009**: aquisição alimentar domiciliar *per capita* – Brasil e grandes regiões. Rio de Janeiro: IBGE, 2011b. 282p. Disponível em:

<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/condicaodevida/pof/2008_2009_aquisicao/pof20082009_aquisicao.pdf>. Acesso em: 31 ago. 2015.

_____. **Pesquisa de Orçamentos Familiares 2008-2009**: antropometria e estado nutricional de crianças, adolescentes e adultos no Brasil. Rio de Janeiro: IBGE, 2011c. 130p. Disponível em:

<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/condicaodevida/pof/2008_2009_encaa/pof_20082009_encaa.pdf>. Acesso em: 31 ago. 2015.

_____. 2015. **Pesquisa de Orçamentos Familiares 2008-2009**. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/xml/pof_2008_2009.shtm>. Acesso em: 31 ago. 2015.

IPCS. **Principles and Methods for the Risk Assessment of Chemicals in Food**.

Geneva: International Program on Chemical Safety, 2009. Environmental Health Criteria 240, chap. 6. Disponível em:

<http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/44065/9/WHO_EHC_240_9_eng_Chapter6.pdf?ua=1>. Acesso em: 31 ago. 2015.

JACOB, L. C. B.; ALVARENGA, K. de F.; MORATA, T. C. Os efeitos da exposição ocupacional ao chumbo sobre o sistema auditivo: uma revisão da literatura. **Revista Brasileira de Otorrinolaringologia**, Rio de Janeiro, v. 68, n. 4, p. 564-569, jul./ago. 2002. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rboto/v68n4/a18v68n4.pdf>>. Acesso em: 31 ago. 2015.

JARDIM, A. N. O.; CALDAS, E. D. Exposição humana a substâncias químicas potencialmente tóxicas na dieta e os riscos para saúde. **Química Nova**, São Paulo, v. 32, n. 7, p. 1898-1909, 2009. Disponível em:

<<http://www.scielo.br/pdf/qn/v32n7/36.pdf>>. Acesso em: 31 ago. 2015.

KHANI, G. R. J.; ZAZOULI, M. A. Cadmium and Lead contents in rice (*Oryza sativa*) in the north of Iran. **International Journal of Agriculture & Biology**, v. 7, n. 6, 2005. Disponível em:

<http://www.researchgate.net/publication/242421553_Cadmium_and_Lead_Contents_in_Rice_%28Oryza_sativa%29_in_the_North_of_Iran>. Acesso em: 31 ago. 2015.

KOYASHIKI, G. A. K. et al. Lead levels in human milk and children's health risk: a systematic review. **Reviews on Environmental Health**, v. 25, n. 3, 2010. Disponível em: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3086649/>>. Acesso em: 31 ago. 2015.

KROES et al. Assessment of intake from the diet. **Food and Chemical Toxicology**, Oxford, v. 40, n. 2-3, p. 327-385, Feb./Mar. 2002. Disponível em:

<[http://dx.doi.org/10.1016/S0278-6915\(01\)00113-2](http://dx.doi.org/10.1016/S0278-6915(01)00113-2)>. Acesso em: 31 ago. 2015.

LOPES et al. Risk factors for lead exposure in adult population in Southern Brazil. **Journal of Toxicology and Environmental Health, Part A: Current Issues**, v. 78, n. 2, p: 92-108, 2015. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1080/15287394.2014.942125>>. Acesso em: 31 ago. 2015.

MACHADO, I. C. et al. Estudo da ocorrência dos metais pesados Pb, Cd, Hg, Cu e Zn na ostra de mangue *Crassostrea brasiliiana* do estuário de Cananéia-SP, Brasil. **Revista do Instituto Adolfo Lutz**, São Paulo, v. 61, n. 1, p. 13-18, 2002.

MAVROPOULOS, E. A hidroxiapatita como absorvedor de metais. [Mestrado] Fundação Oswaldo Cruz, Escola Nacional de Saúde Pública; 1999. 105 p. Disponível em: <http://portalteses.icict.fiocruz.br/transf.php?script=thes_chap&id=00006602&lng=pt&nrm=iso>. Acesso em: 31 ago. 2015.

MERCOSUL. Mercosul/GMC/Res. nº 12/11. Regulamento Técnico Mercosul sobre Limites Máximos de Contaminantes Inorgânicos em Alimentos. **Mercosul**, Assunção, 17 jun. 2011. Disponível em: <http://www.mercosur.int/innovaportal/v/3186/1/secretaria/resoluciones_2011>. Acesso em: 31 ago. 2015.

MORGANO, M. A., et al. Níveis de mercúrio total em peixes de água doce de pisciculturas paulistas. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 25, n. 2, p. 250-253, abr.-jun. 2005. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/cta/v25n2/25019.pdf>>. Acesso em: 31 ago. 2015.

_____. Avaliação de contaminantes inorgânicos (As, Cd, Cr, Hg e Pb) em espécies de peixes. **Revista do Instituto Adolfo Lutz**, v. 70, n. 4, p. 497-506, out.-dez. 2011. Disponível em: <<http://periodicos.ses.sp.bvs.br/pdf/rial/v70n4/v70n4a09.pdf>>. Acesso em: 31 ago. 2015.

NOVACANA. História da legislação sobre o etanol. 2015. Disponível em: <<http://www.novacana.com/etanol/historia-legislacao/>>. Acesso em: 31 ago. 2015.

OKADA, I. A. et al. Chumbo em alimentos produzidos no entorno de uma empresa recicladora de baterias no município de Bauru, estado de São Paulo, Brasil. **Revista do Instituto Adolfo Lutz**, São Paulo, v. 63, n. 1, p.87-90, 2004.

PAOLIELLO, M. M. B.; DE CAPITANI, E. M. Chumbo. In: AZEVEDO, F.A.; CHASIN, A.M. **Metais**: gerenciamento de toxicidade. São Paulo: Atheneu, p.353-398, 2003.

_____. Occupational and environmental human lead exposure in Brazil. **Environmental Research**, v. 103, p. 288-297, 2007. Disponível em: <http://www.researchgate.net/publication/6867810_Occupational_and_environmental_human_lead_exposure_in_Brazil>. Acesso em: 31 ago. 2015.

PETERSEN, B. J.; BARRAJ, L. M. Assessing the Intake of Contaminants and Nutrients: an overview of methods. **Journal of Food Composition and Analysis**, San Diego, v. 9, n. 3, p. 243-254, Sep. 1996. Disponível em:

<<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0889157596900307>>. Acesso em: 31 ago. 2015.

PETERSEN, J. B.; CHAISSON, C. F.; DOUGLASS, J. S. Use of food-intake surveys to estimate exposures to nonnutrients. **American Journal of Clinical Nutrition**, Bethesda, v. 59, n. 1 (suppl.), p. 240S-244S, Jan. 1994. Disponível em: <<http://ajcn.nutrition.org/content/59/1/240S.full.pdf>>. Acesso em: 31 ago. 2015.

PETROBRAS Distribuidora. Dúvidas frequentes: gasolinas Petrobras – 17. A gasolina tem chumbo? 2015. Disponível em: <<http://goo.gl/qZxp0H>>. Acesso em: 31 ago. 2015.

PIRES, M. V. **Desenvolvimento e emprego de um banco de dados para a condução de estudos de avaliação do risco da exposição crônica da resíduos de agrotóxicos na dieta**. 2013. 86p. Dissertação (Mestrado Profissional em Toxicologia Aplicada à Vigilância Sanitária) – Centro de Ciências da Saúde, Universidade Estadual de Londrina, Londrina. 2013.

PORTAL BRASIL. **Saúde alerta que brasileiro consome excesso de sal, açúcar e gorduras saturadas**. 2011. Disponível em: <<http://www.brasil.gov.br/saude/2011/07/saude-alerta-que-brasileiro-consome-excesso-de-sal-acucar-e-gorduras-saturadas>>. Acesso em: 31 ago. 2015.

RIO DE JANEIRO. Lei n. 2.389, de 04 de abril de 1989. Proíbe a comercialização de combustíveis derivados de petróleo com a adição de chumbo. **Diário Oficial do Estado do Rio de Janeiro**, Rio de Janeiro, 05 abr. 1995. Disponível em: <<http://alerjln1.alerj.rj.gov.br/CONTLEI.NSF/c8aa0900025feef6032564ec0060dfff/1634d3ccc1f65d930325650d006d4e6d?OpenDocument&Highlight=0,Lei,2389>>. Acesso em: 22 jul. 2015.

SANTOS, D. M. et al. Avaliação de metais pesados na Baía de Paranaguá, PR, Brasil, sob influência das atividades antrópicas. **Journal of The Brazilian Society of Ecotoxicology**, Itajaí, v. 1, n. 2, p. 157-160, 2006. [doi: 10.5132/jbse.2006.02.013]. Disponível em: <http://ecotoxbrasil.org.br/index.php?option=com_rokdownloads&view=folder&Itemid=100&limitstart=10&limit=10>. Acesso em: 31 ago. 2015.

SETZER, R. W.; KIMMEL, C. A. Use of NOAEL, Benchmark Dose, and other models for human risk assessment of hormonally active substances. **Pure and Applied Chemistry**, Oxford, v. 75, n. 11–12, p. 2151–2158, Nov./Dec. 2003. Disponível em: <<http://pac.iupac.org/publications/pac/pdf/2003/pdf/7511x2151.pdf>>. Acesso em: 31 ago. 2015.

TAVARES, A. D. **Determinação de Cádmio e Chumbo em alimentos e bebidas industrializados por espectrometria de absorção atômica com atomização eletrotérmica**. 2010. 98p. Tese (Doutorado em Química) – Centro de Ciências Exatas e da Natureza, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa. 2010. Disponível em: <http://www.quimica.ufpb.br/posgrad/teses/Tese_Adriano_Duarte_Tavares.pdf>. Acesso em: 31 ago. 2015.

USEPA. **Reference Dose (RfD)**: description and use in health risk assessments. 1993. Disponível em: <<http://www.epa.gov/NCEA/iris/rfd.htm>>. Acesso em: 31 ago. 2015.

_____. **Choosing a percentile of acute dietary exposure as a threshold of regulatory concern**. Washington: Office of Pesticide Programs, U.S. Environmental Protection Agency, 2000. 39p. Disponível em: <<http://www.epa.gov/oppfead1/trac/science/trac2b054.pdf>>. Acesso em: 31 ago. 2015.

_____. **IRIS** – Integrated Risk Information System: Lead and compounds (inorganic) (CASRN 7439-92-1). 2004. Disponível em: <<http://www.epa.gov/ncea/iris/subst/0277.htm#noncar>>. Acesso em: 31 ago. 2015.

_____. **Learn about lead**. 2015a. Disponível em: <<http://www.epa.gov/lead/index.html>>. Acesso em: 31 ago. 2015.

_____. **Benchmark Dose Software (BMDS)**. 2015b. Disponível em: <<http://www.epa.gov/ncea/bmds/index.html>>. Acesso em: 31 ago. 2015.

WHO. **Guidelines for predicting dietary intake of pesticides residues**: Global Environment Monitoring System Food Contamination Monitoring and Assessment Programme (GEMS/Foods). Geneva: WHO, 1997. 41p. Disponível em: <<http://www.who.int/foodsafety/publications/pesticides/en/>>. Acesso em: 31 ago. 2015.

_____. International Programme on Chemical Safety. **Risk Assessment Terminology**. Harmonization Project. WHO, Geneva, 2004. Disponível em: <<http://www.who.int/ipcs/methods/harmonization/areas/terminology/en/>>. Acesso em: 31 ago. 2015.

_____. 2013. **GEMS/Food cluster diets – 2012: clusters and countries**. Disponível em: <https://extranet.who.int/sree/Reports?op=vs&path=/WHO_HQ_Reports/G7/PROD/EXT/GEMS_cluster_diets_2012&userid=G7_ro&password=inetsoft123>. Acesso em: 16 jul. 2015.

_____. 2015a. **Global Environment Monitoring System (GEMS/Food)**: Consumption Cluster Diets. Disponível em: <http://www.who.int/foodsafety/chem/Global_GEMS_CLUSTERS_2012.jpg?ua=1>. Acesso em: 31 ago. 2015.

_____. 2015b. **Global Environment Monitoring System (GEMS/Food)**: cluster diet 2012 consumption. Disponível em: <http://www.who.int/nutrition/landscape_analysis/nlis_gem_food/en/>. Acesso em: 31 ago. 2015.

_____. 2015c. **GEMS/Food cluster diets 2012**. Disponível em: <http://www.who.int/foodsafety/chem/cluster_diets_2012.pdf?ua=1>. Acesso em: 31 ago. 2015.

WHO/IARC. **Inorganic and Organic Lead Compounds**. Lyon: WHO/IARC, 2006, v. 87, 529p. IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Human. Disponível em: <<http://monographs.iarc.fr/ENG/Monographs/vol87/mono87-14.pdf>>. Acesso em: 31 ago. 2015.

HAZOUZI, M. A. et al. Investigation of Cadmium and Lead Contents in Iranian Rice Cultivated in Babol Region. **Asian Journal of Chemistry**, v. 22, n. 2, , p.1369-1376, 2010. Disponível em: <http://rcep.muq.ac.ir/uploads/127_305_52_Investigation_of_.pdf>. Acesso em: 31 ago. 2015.

ZENEBON, O. et al. Determinação de metais presentes em corantes e pigmentos utilizados em embalagens para alimentos. **Revista do Instituto Adolfo Lutz**, v. 63, n. 1, p. 56-62, 2004.