

LEAD CONTAMINATION IN FOOD: BIOACCUMULATION, MAXIMUM LEVELS, AND HUMAN HEALTH EFFECTS

A.B.S. LEMOS¹, B.J. SOUSA¹, K. S. F. S. C, DAMASCENO^{1*}

Universidade Federal do Rio Grande do Norte¹

ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0001-6884-1023>*

karla.suzanne.damasceno@ufrn.br*

Submetido 04/07/2024 - Aceito 23/12/2025

DOI: 10.15628/holos.2024.17372

ABSTRACT

This review brings information on the toxic metal lead (Pb) and its bioaccumulative effects and impacts on human health, as well as a compilation of the main foods investigated in studies and legal limits. We searched 10 databases for studies published in the last 14 years. We used 35 studies that analyzed Pb in samples of food of plant (n=28) and animal (n=8) origin, and that analyzed 60 types of food. As for the maximum levels, those determined by four legislations were compiled. Pb toxicity

mechanisms lead to changes in biological processes, which may occur as a result of indirect production of reactive oxygen species. The maximum levels of Pb in food, determined by legislation, contribute to the existence of a parameter that limits its occurrence, since the main route of exposure is food consumption, requiring greater monitoring of the levels of this contaminant and its effects on public health.

KEYWORDS: Lead. Metals. Toxicity. Maximum Levels.

CONTAMINAÇÃO POR CHUMBO EM ALIMENTOS: BIOACUMULAÇÃO, LIMITES MÁXIMOS E EFEITOS NA SAÚDE HUMANA

RESUMO

Essa revisão traz um levantamento sobre o metal tóxico chumbo (Pb) e seus efeitos bioacumulativos e impactos na saúde humana, além de um compilado dos principais alimentos investigados em estudos e dos limites legais. Buscou-se, em 10 bases de dados, estudos publicados nos últimos 14 anos. Foram utilizados 35 estudos que analisaram Pb em amostras de alimentos de origem vegetal (n=28) e animal (n=8), e que analisaram 60 tipos de alimentos. Quanto aos limites máximos, compilou-se aqueles determinados por quatro legislações. Os

mecanismos de toxicidade do Pb levam a mudanças nos processos biológicos podendo ocorrer pela produção indireta de espécies reativas de oxigênio. Os limites máximos toleráveis de Pb em alimentos, determinados por legislações, contribuem para que exista um parâmetro que limite sua ocorrência, visto que a principal via de exposição é a alimentação, demandando um maior monitoramento dos níveis desse contaminante e de seus efeitos na saúde pública.

PALAVRAS-CHAVE: Chumbo. Metais. Toxicidade. Limites máximos toleráveis.

1 INTRODUÇÃO

Os metais são grupos de elementos que podem ser encontrados em todos os lugares, pois fazem parte da composição da crosta terrestre, solo, corpos d'água e atmosfera (Hartwig & Jahnke, 2017). Metais tóxicos são um grupo de substâncias que apresentam toxicidade a longo prazo no organismo (Stančić et al., 2016). Ao contrário dos contaminantes orgânicos, os metais não são biodegradáveis (Magna et al., 2013), pois se acumulam (Hartwig & Jahnke, 2017) e se concentram já que possuem capacidade de retenção nas camadas mais superficiais da crosta terrestre, sendo esta a parte mais ativa do solo, podendo facilmente serem transmitidos aos vegetais (Magna et al., 2013). Ainda, os metais podem avançar entre os níveis da cadeia alimentar pois possuem capacidade de biomagnificação trófica (Amirah et al., 2013).

Como cada metal tóxico apresenta um mecanismo distinto de toxicidade, a identificação e o tratamento tornam-se um grande desafio (Zheng et al., 2020), porém, de forma geral, o principal mecanismo envolvido é a geração de espécies reativas de oxigênio (ROS: reactive oxygen species) e, conseqüentemente a indução do estresse oxidativo (Waciewicz-Muczyńska et al., 2021).

Níveis elevados de metais no solo podem conduzir uma maior absorção pelas plantas, tornando a contaminação destes e dos alimentos uma grande preocupação para o meio ambiente e saúde humana, isso porque alguns alimentos têm capacidade de absorver os metais desses solos contaminados, principalmente através de suas raízes, e de agregar esses compostos folhas, frutos e flores (Magna et al., 2013). O aumento de atividades industriais causa contaminação nos recursos hídricos por metais tóxicos (Canelhas et al., 2023), e reduzir suas concentrações tem sido foco de estudiosos (Paz et al., 2018). Além disso, essa contaminação também ocorre em decorrência da contaminação das águas residuais e dos lençóis freáticos, gerando problemas na produção agrícola (Ametepey et al., 2018).

O metal chumbo foi classificado como produto perigoso e de relevante preocupação para a saúde devido a sua ampla distribuição no meio ambiente e sua toxicidade (*World Health Organization*, 2019). Por ser um metal altamente danoso, o Pb apresenta efeitos tóxicos para o organismo humano (G. Wang et al., 2019).

Essa revisão bibliográfica traz um compilado de informações obtidas através da literatura científica acerca dos efeitos bioacumulativos e conseqüências do chumbo à saúde por meio da alimentação.

2 METODOLOGIA

Foi realizado um levantamento bibliográfico com o intuito de avaliar o mecanismo de toxicidade do chumbo e seus efeitos bioacumulativos no organismo humano, os impactos da contaminação por esse contaminante na saúde pública, além de compilar os principais alimentos investigados quanto a contaminação por Pb e limites máximos tolerados na legislação de alimentos. Conduziu-se buscas de estudos publicados nos últimos 14 anos (2012-2025). A primeira busca contemplou os anos de 2012 a 2023, e uma busca de atualização contemplou os anos de 2024 e 2025. As bases de dados utilizadas foram: MEDLINE, SCOPUS, ScienceDirect, FSTA (Food Science and

Technology Abstracts), Web of Science, CAB Direct, Gale - Academic OneFile, AGRIS (Agricultural Sciences and Technology), Wiley Online Library, Google acadêmico.

Para o processo de pesquisa dos artigos foram utilizados os seguintes descritores: “*food*”, “*human food*” em associação com “*lead*”, “*heavy metal*”, “*trace elemento*”, “*non-essential element*”, “*multi-element*”, “*ecotoxic*” e combinado com “*toxicity mechanism*”, “*bioaccumulation*”, “*biological accumulation*”, “*human organism*”, “*public health*”, e “*human health*”. As equações de busca seguiram as recomendações de cada base de dados. A pesquisa foi refinada levando em consideração os anos de publicação (2012-2025), assim como o tipo de publicação, onde foram utilizados apenas artigos de pesquisas primárias e sem restrição de idioma.

Também foi realizada uma busca nos sites oficiais dos governos acerca das legislações nacionais e internacionais vigentes que estabelecessem limites máximos tolerados (LMT) de contaminantes em alimentos, incluindo o chumbo. Os alimentos presentes nas legislações foram listados e separados por grupos de alimentos que tinham características em comum.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados e discussões desta revisão serão abordados quanto ao mecanismo de toxicidade do chumbo e aos efeitos bioacumulativos no organismo humano, os principais alimentos investigados quanto a contaminação por chumbo, os limites máximos tolerados de chumbo em alimentos de acordo com as legislações vigentes recuperadas, além dos impactos da contaminação por chumbo na saúde pública.

Os dados presentes no Quadro 1 são oriundos de 35 estudos que foram incluídos a partir das buscas, cujos dados foram divididos em produtos de origem vegetal e produtos de origem animal, sendo estes organizados por países de origem em ordem alfabética. Já os resultados apresentados no Quadro 2 são provenientes das legislações encontradas durante as pesquisas. Na Figura 1 é apresentado um resumo gráfico dos mecanismos de toxicidade do chumbo e seus efeitos bioacumulativos.

3.1 Mecanismo de toxicidade do chumbo e efeitos bioacumulativos no organismo humano

O chumbo, em razão de suas altas capacidade bioacumulativa e toxicidade, despertou a preocupação de pesquisadores. Sendo assim, trata-se de substância de importância para a saúde pública pela Agência de Substâncias Tóxicas e Registros de Doenças, uma vez que baixas concentrações podem desencadear, em humanos, condições clínicas e subclínicas adversas (Curcio et al., 2022).

O chumbo ingressa no organismo humano principalmente pelas vias aéreas e pelo trato gastrointestinal (Kasperczyk et al., 2012). Quando absorvido em alimentos contaminados, distribui-se majoritariamente de três formas: no sangue (99% no plasma, 1%, nas hemácias), no tecido ósseo e nos tecidos moles (fígado, rins, cérebro, pulmões, baço), aí permanecendo por até 30 dias, 25 anos e 40 dias, respectivamente (World Health Organization, 2022). Mesmo pouco prevalente no plasma, destaca-se sua alta biodisponibilidade, apurando, conseqüentemente, sua toxicidade (Junior, 2014).

Em razão da forte absorção pelo trato gastrointestinal, a dieta torna-se uma relevante via preventiva da bioacumulação. Com efeito, dietas pouco nutritivas podem elevar a absorção entérica de chumbo (Pedroso, 2017).

A bioacumulação crônica do chumbo no organismo humano pode causar anemia (Kasperczyk et al., 2012), nefropatia (Wilk et al., 2017), fragilidade óssea em idosos (García-Esquinas et al., 2015), neurotoxicidade, dano no sistema nervoso, (H. Wang et al., 2021), Alzheimer (Huat et al., 2019a), hipertensão (Wildemann et al., 2016), imunotoxicidade (World Health Organization, 2022) e toxicidade para os órgãos reprodutivos (World Health Organization, 2022; Zheng et al., 2020).

A toxicidade aguda do chumbo leva ao surgimento de sintomas inespecíficos como: alterações gastrointestinais, irritabilidade, insônia, dor de cabeça, redução da libido e comprometimento de diversos órgãos, porém, esse tipo de toxicidade é bastante incomum (Rocha et al., 2018).

O mecanismo de toxicidade do chumbo (Figura 1) causa mudanças significativas nos processos biológicos e pode ocorrer devido à produção de ERO (Espécies Reativas de Oxigênio) (Wildemann et al., 2016), levando à destruição e ao desequilíbrio antioxidante das enzimas e células (Fu & Xi, 2020), ocasionando o estresse oxidativo (Wacewicz-Muczyńska et al., 2021).

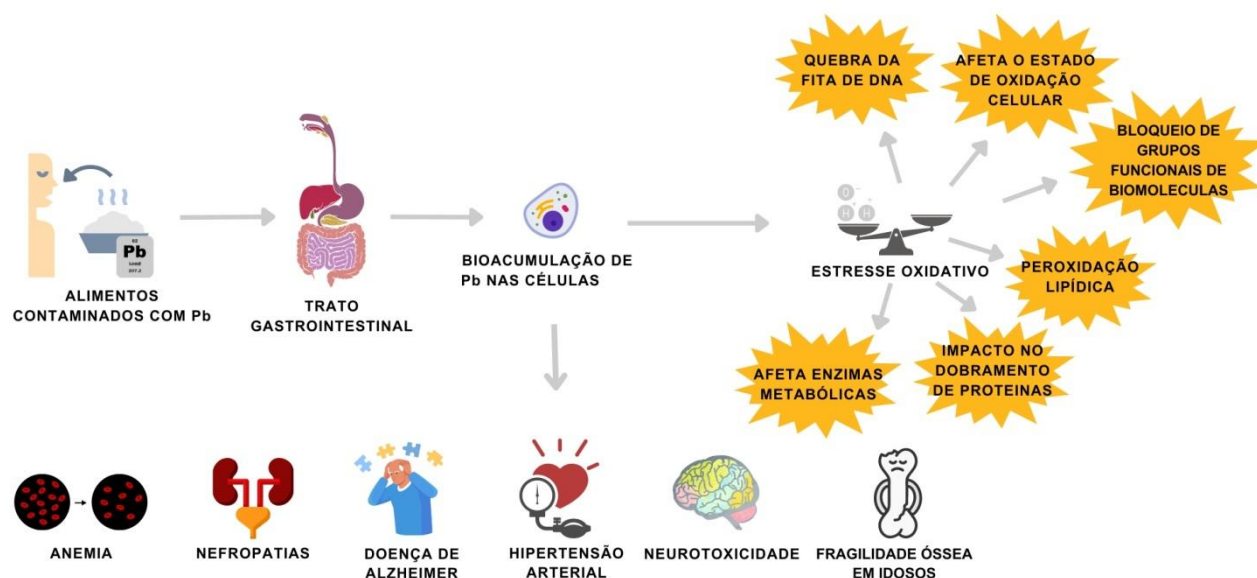


Figura 1. Mecanismos de toxicidade do chumbo e efeitos bioacumulativos. Fonte: figura elaborada pelos autores.

Vale ainda ressaltar que as ERO têm seu mecanismo de geração nas mitocôndrias, citoplasma, ou na membrana, sendo o alvo celular destas as macromoléculas e DNA (C. Silva et al., 2019). O aumento de ROS leva ao estresse oxidativo devido ao desequilíbrio antioxidante existente no sistema biológico (Hellwing, 2022).

O chumbo participa da inibição e até mesmo destruição das principais enzimas antioxidantes das células, principalmente aquelas com o grupo tiol ($-SH$), tendo como principal exemplo a glutatona peroxidase (GPx) (Ali et al., 2019) e a enzima ácido delta-aminolevulínico desidratase (δ -

ALAD) (Junior, 2014). Este metal se liga ao grupo –SH da GPx e da ALAD e inibe a atividade destas metaloenzimas (do Nascimento et al., 2014).

O sistema hematopoiético é afetado pela acumulação do chumbo pois este age restringindo a síntese da hemoglobina, através da inibição das enzimas ALAD, coproporfirina oxidase e ferroquelatase (Junior, 2014; Pedroso, 2017) ocasionando ainda a redução da vida útil dos eritrócitos circulantes e aumentando a fragilidade de membranas celulares podendo causar anemia em humanos (Gomes, 2020).

Mesmo que o acúmulo crônico do chumbo ocorra principalmente no tecido ósseo, o acúmulo primário deste começa nos rins. O acúmulo do Pb ocorre no túbulo proximal dos rins após um período de exposição crônica, ocasionando dano renal podendo levar a nefropatia (Wilk et al., 2017).

O mecanismo de ação do chumbo no organismo pode contribuir no processo de desenvolvimento da doença de Alzheimer pois a ação desse metal promove o aumento da expressão de amilóide precursos de proteína (APP) e β -secretase (BACE1), interrompendo o funcionamento correto da micróglia, levando ao aumento na produção de β -amilóide (A β), ocasionando no aumento da formação de placas (Huat et al., 2019b).

Por não possuírem maturidade cognitiva, física e fisiológica, as crianças são mais susceptíveis aos efeitos advindos da exposição à metais tóxicos. Elas retêm maior parte da carga recebida. Enquanto adultos retêm aproximadamente 1%, crianças chegam a 50% (World Health Organization, 2022). Quando expostas de forma aguda ou crônica aos metais tóxicos, mesmo em baixos níveis, distúrbios no sistema nervoso central são comuns, sendo manifestados principalmente através de déficits de inteligência, atenção e memória, deficiências no desenvolvimento funcional, comportamental e psicológico (Nascimento et al., 2014).

3.2 Principais alimentos investigados quanto à contaminação por chumbo

Entre os 35 estudos recuperados nas bases de dados, foram encontradas análises de 60 tipos diferentes de alimentos (Quadro 1). Destes, 80% foram de origem vegetal (48 diferentes alimentos). Os produtos mais frequentemente investigados nos 28 estudos que analisaram chumbo em alimentos de origem vegetal foram: alface (em 9 estudos), repolho (n = 6), tomate (n = 5), batata (n = 4), arroz parboilizado (n = 4), cenoura (n = 3), espinafre (n = 3), salsinha (n = 3). Os alimentos de origem animal mais frequentemente investigados nos 8 estudos que analisaram chumbo nesse tipo de amostra foram: manteiga (n = 3), leite de vaca (n = 3) e queijo branco (n = 2).

Quadro 1. Principais alimentos investigados quanto ao teor de chumbo.

ESTUDO	PAÍS	ALIMENTOS
PRODUTOS DE ORIGEM VEGETAL		
(Godebo et al., 2024)	Belize, Bolívia, Brasil, Colômbia, Congo, Costa do Marfim, Costa Rica, Equador, Filipinas, Gana, Guiana, Índia, Indonésia, Madagáscar, México, Nicarágua, Papua Nova Guiné, Peru, República Dominicana,	Chocolate

	São Tomé, Serra Leoa, Tanzânia, Trinidad, Uganda, Venezuela, Vietnã	
(Magna et al., 2013)	Brasil	Amêndoas
(Silvestre & Nomura, 2013)	Brasil	Arroz
(Araújo et al., 2014)	Brasil	Alface
		Pimentão verde
		Tomate
(Villa et al., 2014)	Brasil	Chocolate
(Corguinha et al., 2015)	Brasil	Arroz polido
		Arroz parboilizado
		Arroz integral
(V. D. da Silva et al., 2022)	Brasil	Alface crespa
		Couve
		Escarola
(Garcia, 2024)	Brasil	Erva-mate
(Nedzarek et al., 2013)	Bósnia, Brasil, Herzegovina, Líbano e Polônia	Café
(Y. Chen et al., 2013)	China	Alface
		Alho
		Aipo
		Bok-choy
		Berinjela
		Espinafre
		Morango
		Pimenta
		Rabanete
		Repolho
		Tomate
(Y. Chen et al., 2014)	China	Alface
		Repolho
(Liu et al., 2016)	China	Alface italiano
		Couve-flor chinesa
(Vrček et al., 2014)	Croácia	Farinha de trigo
(Vitali Čepo et al., 2018)	Croácia	Vinho tinto e branco
(Hadayat et al., 2018)	Estados Unidos	Alface
		Batata
		Cebola
		Cenoura
		Tomate
(Romero-Estévez et al., 2020)	Equador	Alface
		Tomate
(Cámara-Martos et al., 2021)	Espanha	Nabo verde
(Palisoc et al., 2018)	Filipinas	Abóbora
		Batata doce
		Repolho
(Xavier et al., 2020)	Índia	Amaranto
		Berinjela
		Coentro
		Couve-flor

		Espinafre
		Feijão verde francês
		Folhas de feno grego
		Hortelã
		Pepino
		Tomate
(Drava & Minganti, 2019)	Itália	Vinho branco
(Elmi et al., 2019)	Kuwait	Alface
(Hisham et al., 2021)	Malásia	Espinafre
		Couve
		Mostarda
(Oladoyinbo et al., 2019)	Nigéria	Sopas
		Alho poró
		Arroz integral
		Arroz parboilizado
		Batata inglesa
		Beterraba
		Cebola
		Cenoura
		Salsa
		Salsão
		Salsinha
(Parreira, 2012)	Portugal	Chá
		Alho
		Batata inglesa
		Beterraba
		Cenoura
		Couve de Bruxelas
		Couve-rábano
		Repolho
(Wijeyaratne & Kumari, 2021)	Sri Lanka	<i>Alternanthera sessilis</i>
		Feijão-longo
		Feijão-verde
		Pepino
PRODUTOS DE ORIGEM ANIMAL		
(Lazarus et al., 2021)	Croácia	Mel
(Rodríguez-Bermúdez et al., 2018)	Espanha	Leite bovino
(Cámara-Martos et al., 2021)	Espanha	Queijo branco
(Parinet et al., 2018)	França	Manteiga
(Hasmi & Mallongi, 2016)	Golfo de Youtefa, Jayapura	Peixe
(Qin et al., 2021)	Inglaterra	Leite bovino
		Coalhada
		Creme
		Fórmula infantil (em pó e líquida)
		Iogurte
		Leite não processado (bovino e ovino)

		Leite pronto para consumo (incluindo todos os leites prontos para consumo tratados termicamente).
		Manteiga
		Queijo (Mussarela de búfala, pecorino, e tipo raclette)
(Seğmenoğlu & Baydan, 2021)	Turquia	Leite
		Manteiga
		Queijo branco

Em uma revisão sistemática e meta-análise conduzidas em paralelo por nosso grupo de pesquisa (SOUSA et al., 2024) com o objetivo de investigar se havia diferenças nos níveis de Pb em vegetais folhosos orgânicos (VFO) e convencionais (VFC), 24 estudos foram incluídos e uma diferença significativa ($p = 0,008$) foi observada na metanálise considerando os resultados em peso úmida (diferença média = 0,01 mg/kg), indicando uma concentração inferior de Pb em VFO. O estudo demonstra os desafios para sintetizar dados sobre os níveis de Pb em diferentes amostras de alimentos, inclusive quanto à sua apresentação. Devido a esses desafios, na presente revisão, não foi estabelecido o objetivo de fornecer a síntese dos níveis de Pb nas amostras analisadas nos estudos listados no Quadro 1.

3.3 Compilado dos limites máximos tolerados de chumbo na legislação de alimentos

A resolução de diretoria colegiada RDC de nº 487/2021, por meio da IN nº 88/2021 (Brasil, 2021), os Padrões Nacionais da República Popular da China GB2762-2022 (China, 2023), o *Codex Alimentarius* (FAO/WHO, 2019), e o Regulamento da Comissão da União Europeia 2015/1005 (European Commission, 2015), estabelecem os limites máximos tolerados (LMT) de contaminantes alimentares, incluindo o Pb. O Quadro 2 apresenta os valores de LMT em mg/kg de chumbo em alimentos e encontra-se subdividido em grupos de alimentos.

Os LMT de Pb nos alimentos determinados por essas quatro legislações, em mg/kg, estão listados no Quadro 2 e organizados por grupos de alimentos. Tais legislações estabelecem diferentes LMT e podem ser importantes para a tomada de decisão dos consumidores.

Quadro 2. Limites máximos toleráveis de chumbo (Pb) permitido nos alimentos.

Grupo de alimentos (Alimento)	Legislação			
	Brasil (Brasil, 2021)	China (China, 2023)	Codex <i>Alimentarius</i> (FAO/WHO, 2019)	União Europeia (European Commission, 2015)
	Concentração de chumbo (Pb) em mg/kg			
Açúcares e alimentos açucarados				
Açúcares	0,10	0,50	*	*

Balas, caramelos e similares, incluindo goma de mascar	0,10	*	*	*
Compotas, geleias, marmeladas e outros doces à base de frutas e hortaliças	0,20	0,40	0,40	*
Alimentos diversos				
Azeitonas de mesa	0,50	*	0,40	*
Castanhas, incluindo nozes, pistaches, avelãs, macadâmia e amêndoas	0,80	0,20	*	*
Chá, erva-mate e outros vegetais para infusão	0,60	5,0	*	*
Concentrados de tomate	0,50	*	*	*
Gelos comestíveis	0,01	*	*	*
Hastes Jovens e Pecíolos	0,20	0,10	*	*
Legumes (sementes secas das leguminosas), exceto soja	0,20	0,20	*	0,10
Mel	0,30	0,50	*	0,10
Óleos e Gorduras comestíveis de origem vegetal e ou animal (incluindo margarina)	0,10	0,08	0,08	0,10
Sal para consumo humano	2,00	*	1,00	*
Vegetais enlatados	*	*	0,10	*
Alimentos e fórmulas infantis				
À base de cereais para alimentação infantil (lactentes e crianças de primeira infância)	0,05	*	*	0,05
De transição para lactentes e crianças de primeira infância	0,15	*	*	*
Fórmula pediátrica para nutrição enteral	0,01	*	*	*
Fórmulas de nutrientes apresentadas ou indicadas para recém-nascidos de alto risco	0,01	*	*	*
Fórmula de seguimento para lactentes e crianças de primeira infância	0,01	0,20	0,01	0,01
Fórmula destinadas a necessidades dietoterápicas específicas	0,01	0,15	0,01	0,01
Fórmula para lactentes	0,01	0,20	*	*
Outros alimentos especialmente formulados para lactentes e crianças de primeira infância	0,01	*	*	*
Bebidas				
Bebidas alcoólicas fermentadas e fermento-destilladas, exceto vinho	0,20	*	*	*
Bebidas não alcoólicas, excluídos os sucos e néctares de frutas	0,05	0,30	*	*
Sucos e néctares de frutas	0,05	0,05	0,03	0,03

Suco de uva	*	0,04	0,04	*
Vinho	0,15	0,50	0,10	0,15
Cafés				
Café solúvel em pó ou granulado	1,00	*	*	*
Café torrado em grãos e pó	0,50	0,50	*	*
Carnes, produtos cárneos, derivados e ovos.				
Carnes de bovinos, ovinos, suínos, caprinos e aves de curral, derivados crus, congelados ou refrigerados, embutidos e empanados crus	0,10	0,20	0,10	0,10
Fígado de bovinos, ovinos, suínos, caprinos e aves de curral	0,50	0,50	*	*
Ovos e produtos de ovos	0,10	0,20	*	*
Rins de bovinos, ovinos, suínos, caprinos	0,50	0,50	*	*
Chocolates e produtos à base de cacau				
Com mais de 40 % de cacau	0,40	0,50	*	*
Com menos de 40 % de cacau	0,20	0,50	*	*
Pasta de cacau	0,50	0,50	*	*
Cogumelos				
Gênero <i>Agaricus</i> , <i>Pleurotus</i> e <i>Lentinula</i> ou <i>Lentinus</i>	0,30	0,50	0,30	0,30
Exceto os do gênero <i>Agaricus</i> , <i>Pleurotus</i> e <i>Lentinula</i> ou <i>Lentinus</i>	0,10	1,0	*	*
Frutas				
Enlatadas	*	*	0,10	*
Frescas de bagos e pequenas	0,20	*	0,10	*
Frescas, excluídas as de bagos e pequenas	0,10	0,10	0,10	0,10
Groselhas	*	0,20	0,20	0,20
Grãos e derivados				
Arroz e seus derivados, exceto óleo	0,20	0,20	0,20	0,20
Cereais e produtos de e à base de cereais, excluídos trigo, arroz e seus produtos derivados e óleos	0,20	0,20	0,20	0,20
Raízes e tubérculos	0,10	0,20	0,10	*
Soja em grãos	0,20	0,30	*	*
Trigo e seus derivados, exceto óleo	0,20	*	*	*
Hortaliças				
Gênero Brássica, excluídas as de folhas soltas	0,30	0,20	0,10	0,30
De folha, incluídas as Brássicas de folhas soltas, e ervas aromáticas frescas	0,30	0,30	0,30	0,30

Frutos com folhas em baina	0,10	*	0,10	*
Frutos da família <i>Cucurbitaceae</i>	0,10	0,10	*	*
Frutos distintas da família <i>Cucurbitaceae</i>	0,10	0,10	0,05	0,10
Leguminosas	0,10	0,20	0,10	0,20
Leite e derivados do leite				
Creme de leite	0,10	0,20	*	*
Queijos	0,40	0,20	*	*
Leite condensado e doce de leite	0,10	*	*	*
Miúdos comestíveis				
De bovinos	*	*	0,20	*
De suínos	*	*	0,15	*
De aves	*	*	0,10	*
Exceto fígado e rins	0,50	0,50	*	0,50
Pescados				
Crustáceos	0,50	1,5	*	0,50
Moluscos bivalves	1,50	1,50	*	1,50
Moluscos cefalópodes	1,00	1,00	*	0,30
Peixes crus, congelados ou refrigerados	0,30	0,50	0,30	*
Sorvetes				
À base de fruta	0,07	0,20	*	*
Água saborizados	0,05	0,30	*	*
Leite ou creme	0,10	*	*	*

#Considerado como 'legumes frescos'.

Ao observar o Quadro 2, vê-se que nem todos os alimentos são contemplados nas quatro legislações listadas. A maioria dos alimentos listados nas diferentes legislações apresentou LMT de Pb igual ou muito próximo como observados no grupo de chocolates, frutas, grãos e derivados e hortaliças. Entretanto, foram observadas variações para alguns alimentos.

Observou-se que na China, por vezes, os LMT de Pb são superiores aqueles apresentados nas demais legislações, especialmente na do Brasil. A maior diferença visualizada foi nos LMT para a categoria de alimentos e fórmulas infantis, na qual 3 fórmulas chamam a atenção quando comparadas às legislações do Brasil e da China. Esta última determina valores mais permissivos (até 20 vezes superior), enquanto o Brasil está alinhado com o *Codex Alimentarius* e a União Europeia, quando disponíveis.

Expressiva diferença foi observada também quanto aos chás, erva-mate e outros vegetais para infusão, que na legislação chinesa, têm LMT de 5,0 mg/kg, valor acima de 8 vezes maior que na legislação brasileira (0,60 mg/kg). A maior flexibilidade na legislação pode estar relacionada com a elevada produção de chá na China. Em 2021, de acordo com a Base de Dados Estatística

Corporativa da Organização para a Alimentação e a Agricultura (FAOSTAT, 2021), a China produziu 14.812.000 toneladas de chá. De acordo com Chen et al. (2020), o consumo de chá influencia a economia e os vetores geográficos da Região.

Uma proporção 6 vezes superior de Pb é tolerado em bebidas não alcoólicas, excluídos os sucos e néctares de frutas, na China ao contrastar com os LMT no Brasil. Na China, o LMT em açúcares é de 0,5 mg/kg, enquanto no Brasil é de 0,1 mg/kg. Isto é, a China apresenta uma legislação 5 vezes mais permissiva que a do Brasil para esse alimento. Vale destacar que este alimento é altamente consumido. Tanto bebidas não alcoólicas quanto açúcares não tiveram LMT determinados nas legislações do *Codex Alimentarius* e da União Europeia. Ainda no grupo das bebidas, o vinho apresentou LMT mais de três vezes maior na legislação da China quando comparada a legislação do Brasil e da União Europeia, e cinco vezes maior quando comparado ao LMT presente no *Codex Alimentarius*.

No grupo das bebidas, apenas a legislação brasileira apresentou LMT para bebidas alcoólicas fermentadas e fermento-destilladas, exceto vinho. As legislações da China, União Europeia e o *Codex Alimentarius* não apresentaram LMT para esses alimentos.

Por outro lado, em castanhas, incluindo nozes, pistaches, avelãs, macadâmia e amêndoas o LMT listado é quatro vezes maior no Brasil do que na China. Já o *Codex Alimentarius* e a legislação da União Europeia não determinaram limites para a presença de Pb nesses alimentos.

3.4 Impactos da contaminação por chumbo na saúde pública

Estima-se que a exposição humana ao chumbo tenha contribuição em cerca de 21,7 milhões de anos perdidos por morte ou incapacidade em todo o mundo, pois os efeitos de acumulação no organismo ocorrem a longo prazo (OMS, 2016).

Em 2017, a exposição ao chumbo ocasionou cerca de 1.050.000 mortes no mundo, além de promover um aumento significativo na carga de doenças, classificando-se como um carcinógeno humano (GBD 2017 Risk Factor, 2018).

Além de afetarem os indivíduos, estudos transgeracionais apresentaram resultados onde as implicações para a saúde também são progressivas e afetam a prole dos que são afetados (Li et al., 2019).

Um estudo realizado com crianças em idade escolar, que possuíam dificuldade de aprendizagem e níveis significativamente aumentados de malondialdeído (MDA) plasmáticos, identificou elevados níveis plasmáticos de Pb, sendo estes níveis superiores aos recomendados pela OMS (Nascimento et al., 2014).

Reuben et al. (2017) realizaram estudo analisando a associação entre exposição ao Pb na infância e consequências desta na idade adulta. Foi observado que crianças com níveis mais elevados de Pb no sangue possuíam um pior desempenho cognitivo na idade adulta e menor status socioeconômico. Os adultos acompanhados durante quase 3 décadas apresentaram pontuações mais baixas de QI, refletindo em declínio cognitivo e impactos na vida social destes.

Waciewicz-Muczyńska et al. (2021) realizaram um estudo analisando os níveis sanguíneos de Cd, Pb e Hg em pacientes com psoríase e vitiligo e observaram aumento desses metais pesados, ressaltando ainda que o principal meio de acúmulo foi através da alimentação. Observou-se que o consumo frequente de peixe enlatado em pacientes com vitiligo e o consumo frequente de salsichas em pacientes com psoríase aumentam os níveis sanguíneos de Pb. Esses resultados apresentam grande relevância para a saúde pública da população em geral, visto que, pacientes acometidos por essas condições devem ter maior atenção ao consumo de alguns alimentos que contêm maior teor de metais pesados.

A associação entre a exposição ao Pb, arsênio (As), Cádmio (Cd) e Mercúrio (Hg) foi investigada em relação aos níveis de pressão arterial e a prevalência de hipertensão entre adultos dos Estados Unidos da América (EUA) que participaram da pesquisa “National Health and Nutrition Examination Survey 2011-2018 (NHANES)” e os resultados apresentaram associação positiva entre os níveis de Pb no sangue e a presença de elevação da pressão arterial (PA) e prevalência de hipertensão arterial (HA) (Tang et al., 2022).

Devido às legislações e fiscalizações existentes ao redor do mundo a intoxicação aguda por chumbo tem diminuído, porém, os problemas e as consequências da intoxicação vêm ascendendo entre os pesquisadores da área de políticas de saúde pública. A intoxicação crônica por Pb ainda é comum em países em desenvolvimento devido a exposição frequente a esse metal, que está presente na área de habitação ou de trabalho (Dascanio et al., 2016).

Caso haja a identificação de danos relacionados a falta de tratamento ou ao nível elevado de exposição, medidas de reabilitação do indivíduo devem ser colocadas em pauta (Dascanio et al., 2016).

4 CONCLUSÃO

O chumbo, enquanto contaminante alimentar, mostra-se como uma séria ameaça à saúde pública, visto que seus efeitos são frequentemente manifestados a longo prazo, não viabilizando intervenções precoces. A principal via de exposição é através da alimentação, sendo necessário um maior monitoramento dos níveis desse contaminante em alimentos através de uma maior rigorosidade nas legislações vigentes, considerando o regionalismo, as singularidades da população e a frequência de consumo alimentar, possibilitando um maior controle na produção e comercialização dos alimentos que são mais susceptíveis à contaminação.

Algumas ações devem ser voltadas para a prevenção que antecede a intoxicação, sendo estas iniciativas de promoção à saúde realizadas por meio de ações de educação sanitária da população, condições satisfatórias de vida para a população (incluindo moradia, alimentação, lazer, planejamento familiar), condições nutricionais satisfatórias e segurança alimentar e nutricional.

5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Ali, H., Khan, E., & Ilahi, I. (2019). Environmental chemistry and ecotoxicology of hazardous heavy

metals: Environmental persistence, toxicity, and bioaccumulation. *Journal of Chemistry*, 2019(Cd). <https://doi.org/10.1155/2019/6730305>

Ametepey, S. T., Cobbina, S. J., Akpabey, F. J., Duwiejuah, A. B., & Abuntori, Z. N. (2018). Health risk assessment and heavy metal contamination levels in vegetables from tamale metropolis, Ghana. *International Journal of Food Contamination*, 5(1). <https://doi.org/10.1186/s40550-018-0067-0>

Amirah, M. N., Afiza, A. S., Faizal, W. I. W., Nurliyana, M. H., & Laili, S. (2013). Human Health Risk Assessment of Metal Contamination through Consumption of Fish. *Journal of Environment Pollution and Human Health*, 1(1), 1–5. <https://doi.org/10.12691/jephh-1-1-1>

Araújo, D. F. de S., da Silva, A. M. R. B., Lima, L. L. de A., da Silva Vasconcelos, M. A., Andrade, S. A. C., & Asfora Sarubbo, L. (2014). The concentration of minerals and physicochemical contaminants in conventional and organic vegetables. *Food Control*, 44, 242–248. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2014.04.005>

Battisti, S., Scaramozzino, P., Delfino, D., Droghei, B., Ubaldi, A., Sala, M. G., Russo, K., & Neri, B. (2024). Heavy metals and trace elements in milk and dairy products in the Lazio region (Central Italy). *Food Additives and Contaminants: Part B Surveillance*, 17(4), 371–380. <https://doi.org/10.1080/19393210.2024.2389423>

Brasil. Ministério da Saúde, A. (2021). *Resolução de Diretoria Colegiada - RDC no 487, de 26 de março de 2021*. https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/anvisa/2020/rdc0487_26_03_2021.pdf

Cámara-Martos, F., Sevillano-Morales, J., Rubio-Pedraza, L., Bonilla-Herrera, J., & de Haro-Bailón, A. (2021). Comparative effects of organic and conventional cropping systems on trace elements contents in vegetable brassicaceae: Risk assessment. *Applied Sciences (Switzerland)*, 11(2), 1–15. <https://doi.org/10.3390/app11020707>

Canelhas, B. B; Campos, A.; Ferreira, D. C.; Rocha, V. C.; Poletto, Cristiano; Gonçalves, J. C. S. I; Luz, M. S. Development and Analysis of an Alternative Method for Removing Potentially Toxic Metals From Water Using Sorbent Materials. *Holos*. 5(39):1–16. <https://doi.org/10.15628/holos.2023.16377>

Chen, L., Guan, X., Zhuo, J., Han, H., Gasper, M., Doan, B., Yang, J., & Ko, T. H. (2020). Application of Double Hurdle Model on Effects of Demographics for Tea Consumption in China. *Journal of Food Quality*, 2020. <https://doi.org/10.1155/2020/9862390>

Chen, Y., Hu, W., Huang, B., Weindorf, D. C., Rajan, N., Liu, X., & Niedermann, S. (2013). Accumulation and health risk of heavy metals in vegetables from harmless and organic vegetable production systems of China. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 98, 324–330. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2013.09.037>

Chen, Y., Huang, B., Hu, W., Weindorf, D. C., Liu, X., & Niedermann, S. (2014). Assessing the risks of trace elements in environmental materials under selected greenhouse vegetable production systems of China. *Science of the Total Environment*, 470–471, 1140–1150. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2013.10.095>

CHINA, G. 2762-2022. (2023). *National food safety standard – Maximum levels of contaminants in foods*. National Standard of the People's Republic of China. https://www.mast.is/static/files/Serleyfismarkadir/Kina/Log_og_reglugerdir/gb%022762-2022-1-

.pdf

Corguinha, A. P. B., Souza, G. A. de, Gonçalves, V. C., Carvalho, C. de A., Lima, W. E. A. de, Martins, F. A. D., Yamanaka, C. H., Francisco, E. A. B., & Guilherme, L. R. G. (2015). Assessing arsenic, cadmium, and lead contents in major crops in Brazil for food safety purposes. *Journal of Food Composition and Analysis*, 37, 143–150. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2014.08.004>

Curcio, V., Macirella, R., Sesti, S., Ahmed, A. I. M., Talarico, F., Pizzolotto, R., Tagarelli, A., Mezzasalma, M., & Brunelli, E. (2022). The role of exposure window and dose in determining lead toxicity in developing Zebrafish. *Chemosphere*, 307(P4), 136095. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2022.136095>

da Silva, V. D., de Mello Gabriel, G. V., Botero, W. G., Fernandes, A. P., do Carmo, J. B., & de Oliveira, L. C. (2022). Leafy vegetables marketed as organic and conventional: assessment of essential and non-essential elements' content. *Environmental Monitoring and Assessment*, 194(10), 758. <https://doi.org/10.1007/s10661-022-10439-4>

Dascanio, D., Prette, Z. A. P. Del, Rodrigues, O. M. P. R., & Prette, A. Del. (2016). Intoxicação infantil por chumbo: uma questão de saúde e de políticas públicas TT - Childhood lead poisoning: a health issue and public policy TT - Intoxicación infantil por plomo: una cuestión de salud y de políticas públicas. *Psicol. Rev. (Belo Horizonte)*, 22(1), 90–111. http://pepsic.bvsalud.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1677-11682016000100007

do Nascimento, S. N., Charão, M. F., Moro, A. M., Roehrs, M., Paniz, C., Baierle, M., Brucker, N., Gioda, A., Barbosa, F., Bohrer, D., Ávila, D. S., & Garcia, S. C. (2014). Evaluation of toxic metals and essential elements in children with learning disabilities from a rural area of southern Brazil. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 11(10), 10806–10823. <https://doi.org/10.3390/ijerph111010806>

Drava, G., & Minganti, V. (2019). Mineral composition of organic and conventional white wines from Italy. *Heliyon*, 5(9), e02464. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2019.e02464>

Elmi, A., Anderson, A. K., & Albinali, A. S. (2019). Comparative study of conventional and organic vegetable produce quality and public perception in Kuwait. *Kuwait Journal of Science*, 46(4), 120–127.

European Commission. (2015). COMMISSION REGULATION (EU) 2015/1006 of 25 June 2015 amending Regulation (EC) No 1831/2003 as regards maximum levels of lead in foodstuff. *Official Journal of the European Union*, 2015(1831), 1–5. <https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/4ea62ae9-1bc8-11e5-a342-01aa75ed71a1/language-en%0Ahttps://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32015R1006&from=EN>

FAO/WHO. (2019). *General Standard for Contaminants and Toxins in Food and Feed (GSCTFF) - CXS 193-1995*. International Food Standards.

FAOSTAT. (2021). *Food Balances*. Food and Agriculture Organization of the United Nations. <https://www.fao.org/faostat/en/#data/FBS>

Fu, Z., & Xi, S. (2020). The effects of heavy metals on human metabolism. *Toxicology Mechanisms and Methods*, 30(3), 167–176. <https://doi.org/10.1080/15376516.2019.1701594>

García-Esquinas, E., Navas-Acien, A., Pérez-Gómez, B., & Artalejo, F. R. (2015). Association of lead and cadmium exposure with frailty in US older adults. *Environmental Research*, 137, 424–431.

<https://doi.org/10.1016/j.envres.2015.01.013>

Garcia, J. C. da S. (2024). CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA E DETERMINAÇÃO DE MINERAIS E METAIS PESADOS PRESENTES EM AMOSTRAS DE ERVA-MATE PRODUZIDAS NO RIO GRANDE DO SUL. Universidade Estadual do Rio Grande do Sul.

GBD 2017 Risk Factor, C. (2018). Global, regional, and national comparative risk assessment of 84 behavioural, environmental and occupational, and metabolic risks or clusters of risks for 195 countries and territories, 1990-2017: A systematic analysis for the Global Burden of Disease Study. *The Lancet*, 392(10159), 1923–1994. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(18\)32225-6](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(18)32225-6)

Glodowska, M., & Krawczyk, J. (2017). Heavy metals concentration in conventionally and organically grown vegetables. *QUALITY ASSURANCE AND SAFETY OF CROPS & FOODS*, 9(4), 497–503.

Godebo, T. R., Stoner, H., Kodsup, P., Bases, B., Marzoni, S., Weil, J., Frey, M., Daley, P., Earnhart, A., Elias, G., Friedman, T., Rajan, S., Murphy, N., Miller, S., Battisti, S., Scaramozzino, P., Delfino, D., Droghei, B., Ubaldi, A., ... Neri, B. (2024). Occurrence of heavy metals coupled with elevated levels of essential elements in chocolates: Health risk assessment. *Food Research International*, 187(4), 114360. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2024.114360>

Gomes, A. S. F. (2020). *Estudo dos efeitos toxicológicos decorrentes da libertação de chumbo a partir de artes de pesca*. Universidade de Aveiro.

Hadayat, N., De Oliveira, L. M., Da Silva, E., Han, L., Hussain, M., Liu, X., & Ma, L. Q. (2018). Assessment of trace metals in five most-consumed vegetables in the US: Conventional vs. organic. *Environmental Pollution*, 243, 292–300. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2018.08.065>

Hartwig, A., & Jahnke, G. (2017). Metalle und ihre Verbindungen als Kontaminanten in Lebensmitteln: Arsen, Cadmium, Blei und Aluminium. *Bundesgesundheitsblatt - Gesundheitsforschung - Gesundheitsschutz*, 60(7), 715–721. <https://doi.org/10.1007/s00103-017-2567-0>

Hasmi, & Mallongi, A. (2016). Health risk analysis of lead exposure from fish consumption among communities along Youtefa Gulf, Jayapura. *Pakistan Journal of Nutrition*, 15(10), 929–935. <https://doi.org/10.3923/pjn.2016.929.935>

Hellwing, A. de O. B. (2022). O estresse oxidativo na doença de parkinson. *Revista Brasileira de Biomedicina-RBB*, 155–181. <https://revistadabiomedicina.com.br/index.php/12222/article/view/129>

Hisham, I. N. M., Hasim, N. I., Shaharom, N. A., & Shafie, F. A. (2021). Food safety quality of organic and conventional vegetables from farms in Malaysia. *JOURNAL OF SUSTAINABILITY SCIENCE AND MANAGEMENT*, 16(8), 338–349. <https://doi.org/10.46754/jssm.2021.12.024>

Huat, T. J., Camats-Perna, J., Newcombe, E. A., Valmas, N., Kitazawa, M., & Medeiros, R. (2019a). Metal Toxicity Links to Alzheimer's Disease and Neuroinflammation. *Journal of Molecular Biology*, 431(9), 1843–1868. <https://doi.org/10.1016/j.jmb.2019.01.018>

Huat, T. J., Camats-Perna, J., Newcombe, E. A., Valmas, N., Kitazawa, M., & Medeiros, R. (2019b). Metal Toxicity Links to Alzheimer's Disease and Neuroinflammation. *Journal of Molecular Biology*, 431(9), 1843–1868. <https://doi.org/10.1016/j.jmb.2019.01.018>

Junior, M. A. da C. (2014). *Avaliação dos polimorfismos do Ácido Delta-aminolevulínico desidratase*

(ALAD) e Glutathione peroxidase (GPx) sobre estresse oxidativo em trabalhadores ocupacionalmente expostos ao chumbo.

Karnpanit, W., Benjapong, W., Srianujata, S., Rojroongwasinkul, N., Tanaviyutpakdee, P., Sakolkittinapakul, J., Poowanastien, A., Jatutipsompol, C., & Jayasena, V. (2019). Cultivation practice on nitrate, lead and cadmium contents of vegetables and potential health risks in children. *International Journal of Vegetable Science*, 25(6), 514–528.

Kasperczyk, A., Machnik, G., Dobrakowski, M., Sypniewski, D., Birkner, E., & Kasperczyk, S. (2012). Gene expression and activity of antioxidant enzymes in the blood cells of workers who were occupationally exposed to lead. *Toxicology*, 301(1–3), 79–84.
<https://doi.org/10.1016/j.tox.2012.07.002>

Lazarus, M., Tariba Lovaković, B., Orct, T., Sekovanić, A., Bilandžić, N., Đokić, M., Solomun Kolanović, B., Varenina, I., Jurič, A., Denžić Lugomer, M., & Bubalo, D. (2021). Difference in pesticides, trace metal(loid)s and drug residues between certified organic and conventional honeys from Croatia. *Chemosphere*, 266. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2020.128954>

Li, X., Zhang, B., Li, N., Ji, X., Liu, K., & Jin, M. (2019). Zebrafish neurobehavioral phenomics applied as the behavioral warning methods for fingerprinting endocrine disrupting effect by lead exposure at environmentally relevant level. *Chemosphere*, 231, 315–325.
<https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2019.05.146>

Liu, T., Yang, M., Han, Z., & Ow, D. W. (2016). Rooftop production of leafy vegetables can be profitable and less contaminated than farm-grown vegetables. *Agronomy for Sustainable Development*, 36(3), 9. <https://doi.org/10.1007/s13593-016-0378-6>

Magna, G. A. M., Machado, S. L., Bagattini Portella, R., De, M., & Carvalho, F. (2013). Chumbo e cádmio detectados em alimentos vegetais e gramíneas no município de Santo Amaro - Bahia. *Quim. Nova*, 36(7), 989–997.

Nascimento, S. N., Charão, M. F., Moro, A. M., Roehrs, M., Paniz, C., Baierle, M., Brucker, N., Gioda, A., Barbosa, F., Bohrer, D., Ávila, D. S., & Garcia, S. C. (2014). Evaluation of toxic metals and essential elements in children with learning disabilities from a rural area of southern Brazil. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 11(10), 10806–10823.
<https://doi.org/10.3390/ijerph111010806>

Nedzarek, A., Tórz, A., Karakiewicz, B., Clark, J. S., Laszczyńska, M., Kaleta, A., & Adler, G. (2013). Concentrations of heavy metals (Mn, Co, Ni, Cr, Ag, Pb) in coffee. *Acta Biochimica Polonica*, 60(4), 623–627. https://doi.org/10.18388/abp.2013_2031

Oladoyinbo, C. A., Ede, E. K., Akinbule, O. O., Sobo, A. A., & Maxwell, Y. M. O. (2019). Comparison of heavy metal content of selected vegetables grown with organic and inorganic fertilizers. *Nigerian Journal of Nutritional Sciences*, 40(2), 23–29.

OMS, O. M. da S. (2016). O Impacto De Substâncias Químicas Sobre a Saúde Pública : Fatores. *Organização Pan-Americana de Saúde*, 16.
<https://iris.paho.org/bitstream/handle/10665.2/49122/OPASBRA180022-por.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Palisoc, S. T., Natividad, M. T., Jesus, N. de, & Carlos, J. (2018). Highly sensitive AgNP/MWCNT/Nafion modified GCE-based sensor for the determination of heavy metals in organic and non-organic vegetables. *Scientific Reports*, 8(1), 17445.

<https://doi.org/10.1038/s41598-018-35781>

Parinet, J., Royer, E., Saint-Hilaire, M., Chafey, C., Noël, L., Minvielle, B., Dervilly-Pinel, G., Engel, E., & Guérin, T. (2018). Classification of trace elements in tissues from organic and conventional French pig production. *Meat Science*, 141(February), 28–35.

<https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2018.02.008>

Parreira, A. R. B. (2012). *Estudo comparativo do teor de metais contaminantes em amostras de chás provenientes de agricultura tradicional e biológica*. 1–125.

<http://repositorio.ul.pt/handle/10451/11315>

Paz, J. E. M, Garnica, A.I, Curbelo, F. D. S. 2018. Estudo Da Adsorção De Chumbo Utilizando Como Adsorvente Bagaço De Cana De Açúcar Ativado. *Holos*. 8:3–18.

<https://doi.org/10.15628/holos.2018.7544>

Pedroso, T. F. (2017). *Avaliação Da Toxicidade Do Chumbo Em Parâmetros Bioquímicos E Comportamentais: Efeito Preventivo Do Zinco E Da N-Acetilcisteína*. Universidade Federal de Santa Maria.

Popović-Djordjević, J. B., Kostić, A., Rajković, M. B., Miljković, I., Krstić, Đ., Caruso, G., Siavash Moghaddam, S., & Brčeski, I. (2022). Organically vs. Conventionally Grown Vegetables: Multi-elemental Analysis and Nutritional Evaluation. *Biological Trace Element Research*, 200(1), 426–436. <https://doi.org/10.1007/s12011-021-02639-9>

Qin, N., Faludi, G., Beauclercq, S., Pitt, J., Desnica, N., Pétursdóttir, Á., Newton, E. E., Angelidis, A., Givens, I., Juniper, D., Humphries, D., Gunnlaugsdóttir, H., & Stergiadis, S. (2021). Macromineral and trace element concentrations and their seasonal variation in milk from organic and conventional dairy herds. *Food Chemistry*, 359(March).

<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.129865>

Reuben, A., Caspi, A., Belsky, D. W., Broadbent, J., Harrington, H., Sugden, K., Houts, R. M., Ramrakha, S., Poulton, R., & Moffitt, T. E. (2017). Association of childhood blood lead levels with cognitive function and socioeconomic status at age 38 years and with IQ change and socioeconomic mobility between childhood and adulthood. *JAMA - Journal of the American Medical Association*, 317(12), 1244–1251. <https://doi.org/10.1001/jama.2017.1712>

Rocha, R., Pezzini, M. F., & Poeta, J. (2018). Fontes de contaminação pelo chumbo e seus efeitos tóxicos na saúde ocupacional. *Ciência Em Movimento*, 19(39), 23. <https://doi.org/10.15602/1983-9480/cm.v19n39p23-32>

Rodríguez-Bermúdez, R., López-Alonso, M., Miranda, M., Fouz, R., Orjales, I., & Herrero-Latorre, C. (2018). Chemometric authentication of the organic status of milk on the basis of trace element content. *Food Chemistry*, 240(August 2017), 686–693.

<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.08.011>

Romero-Estévez, D., Yáñez-Jácome, G. S., Simbaña-Farinango, K., Vélez-Terreros, P. Y., & Navarrete, H. (2020). Determination of cadmium and lead in tomato (*Solanum lycopersicum*) and lettuce (*Lactuca sativa*) consumed in Quito, Ecuador. *Toxicology Reports*, 7(January), 893–899.

<https://doi.org/10.1016/j.toxrep.2020.07.008>

Seğmenoğlu, M. S., & Baydan, E. (2021). Comparison of Heavy Metal Levels of Organic and Conventional Milk and Milk Products in Turkey. *Turkish Journal of Agriculture - Food Science and Technology*, 9(4), 696–700. <https://doi.org/10.24925/turjaf.v9i4.696-700.4007>

Silva, C., Freitas, A. R., & Rodrigues, A. G. (2019). Espécies reativas e a ação dos antioxidantes. *Revista Saúde Em Foco*, 11, 1456–1462.

Silvestre, D. M., & Nomura, C. S. (2013). Direct determination of potentially toxic elements in rice by SS-GF AAS: Development of methods and applications. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 61(26), 6299–6303. <https://doi.org/10.1021/jf401726r>

Sousa, B. J., Seabra, L. M. J., Silva de Lemos, A. B., Chaves, G., & Florentino da Silva Chaves Damasceno, K. S. (2023). Lead in Leafy Vegetables from Organic and Conventional Production Systems: Systematic Review and Meta-Analysis. *Food Reviews International*, 40(9), 2827–2843. <https://doi.org/10.1080/87559129.2023.2279592>

Stančić, Z., Vujević, D., Gomaz, A., Bogdan, S., & Vincek, D. (2016). Detection of heavy metals in common vegetables at Varaždin City Market, Croatia. *Arhiv Za Higijenu Rada i Toksikologiju*, 67(4), 340–350. <https://doi.org/10.1515/aiht-2016-67-2823>

Tang, J., Zhu, Q., Xu, Y., Zhou, Y., Zhu, L., Jin, L., Wang, W., Gao, L., Chen, G., & Zhao, H. (2022). Total arsenic, dimethylarsinic acid, lead, cadmium, total mercury, methylmercury and hypertension among Asian populations in the United States: NHANES 2011–2018. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 241(June). <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2022.113776>

Villa, J. E. L., Peixoto, R. R. A., & Cadore, S. (2014). *Lead and cadmium found in some chocolate bought in Brazil. September*, 2–3.

Vitali Čepo, D., Pelajić, M., Vinković Vrček, I., Krivohlavek, A., Žuntar, I., & Karoglan, M. (2018). Differences in the levels of pesticides, metals, sulphites and ochratoxin A between organically and conventionally produced wines. *Food Chemistry*, 246(March 2017), 394–403. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.10.133>

Vrček, I. V., Čepo, D. V., Rašić, D., Peraica, M., Žuntar, I., Bojić, M., Mendaš, G., & Medić-Šarić, M. (2014). A comparison of the nutritional value and food safety of organically and conventionally produced wheat flours. *Food Chemistry*, 143, 522–529. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2013.08.022>

Waciewicz-Muczyńska, M., Socha, K., Soroczyńska, J., Niczypruk, M., & Borawska, M. H. (2021). Cadmium, lead and mercury in the blood of psoriatic and vitiligo patients and their possible associations with dietary habits. *Science of The Total Environment*, 757, 143967. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.143967>

Wang, G., Dibari, J., Bind, E., Steffens, A. M., Mukherjee, J., Azuine, R. E., Singh, G. K., Hong, X., Ji, Y., Ji, H., Pearson, C., Zuckerman, B. S., Cheng, T. L., & Wang, X. (2019). Association between Maternal Exposure to Lead, Maternal Folate Status, and Intergenerational Risk of Childhood Overweight and Obesity. *JAMA Network Open*, 2(10). <https://doi.org/10.1001/jamanetworkopen.2019.12343>

Wang, H., Mao, W. F., Jiang, D. G., Liu, S. J., & Lei, Z. (2021). Cumulative Risk Assessment of Exposure to Heavy Metals through Aquatic Products in China. *Biomedical and Environmental Sciences*, 34(8), 606–615. <https://doi.org/10.3967/bes2021.084>

Wijeyaratne, W. M. D. N., & Kumari, E. A. C. S. (2021). Cadmium, Chromium, and Lead Uptake Associated Health Risk Assessment of *Alternanthera sessilis*: A Commonly Consumed Green Leafy Vegetable. *Journal of Toxicology*, 2021. <https://doi.org/10.1155/2021/9936254>

Wildemann, T. M., Siciliano, S. D., & Weber, L. P. (2016). The mechanisms associated with the development of hypertension after exposure to lead, mercury species or their mixtures differs with the metal and the mixture ratio. *Toxicology*, 339, 1–8.

<https://doi.org/10.1016/j.tox.2015.11.004>

Wilk, A., Kalisińska, E., Kosik-Bogacka, D. I., Romanowski, M., Rózański, J., Ciechanowski, K., Słojewski, M., & Łanocha-Arendarczyk, N. (2017). Cadmium, lead and mercury concentrations in pathologically altered human kidneys. *Environmental Geochemistry and Health*, 39(4), 889–899.

<https://doi.org/10.1007/s10653-016-9860-y>

World Health Organization. (2019). *No Title*. Guidance on Chemicals and Health.

<https://www.who.int/tools/compendium-on-health-and-environment/chemicals>

World Health Organization. (2022). *No Title*. Lead Poisoning. <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/lead-poisoning-and-health>

Xavier, J. R., Mythri, V., Nagaraj, R., Ramakrishna, V. C. P., & Patki, P. E. (2020). *Orgânico versus convencional – um estudo comparativo sobre qualidade e valor nutritivo dos selecionados culturas de vegetais do Sul da Índia*. 18(1), 99–116.

Zheng, S., Wang, Q., Yuan, Y., & Sun, W. (2020). Human health risk assessment of heavy metals in soil and food crops in the Pearl River Delta urban agglomeration of China. *Food Chemistry*, 316(January), 126213. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.126213>

HOW TO CITE THIS ARTICLE:

Silva de Lemos, A. B., Sousa, B. J., & Florentino da Silva Chaves Damasceno, K. S. (2024). CONTAMINAÇÃO POR CHUMBO E ALIMENTOS: BIOACUMULAÇÃO, LIMITES MÁXIMOS E EFEITOS NA SAÚDE HUMANA. HOLOS, 1(40). <https://doi.org/10.15628/holos.2024.17372>

ABOUT THE AUTHORS**A. B. S. LEMOS**

Master's student in Nutrition at the Graduate Program in Nutrition of the Federal University of Rio Grande do Norte (PPgNut/UFRN), undergraduate degree in Nutrition from UFRN, Food Technician degree from the Federal Institute of Education, Science and Technology of Rio Grande do Norte (IFRN). Member of the Interinstitutional Food Research Group.

Email: beatrizlemos37@hotmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-1420-8757>

B. J. SOUSA

Master in Nutrition by the Graduate Program in Nutrition of the Federal University of Rio Grande do Norte (PPgNut/UFRN), Specialist in Food Science and Technology by the Federal Institute of Education, Science and Technology of the State of Rio Grande DO Norte (IFRN), and undergraduate degree in Nutrition from the University Center of Rio Grande do Norte (UNI-RN).

Email: bruno.sousa.086@ufrn.edu.br

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5367-236X>

K. S. F. S. C, DAMASCENO

Doctor in Nutrition - Food Sciences from the Federal University of Pernambuco (UFPE), Master in Nutrition from UFPE and undergraduate in Nutrition from the Federal University of Rio Grande do Norte (UFRN). Associate Professor IV of the Department of Nutrition/UFRN, Professor and researcher of the Graduate Program in Nutrition (PPgNut/UFRN), leader of the Interinstitutional Food Research Group.

Email: karla.suzanne.damasceno@ufrn.br

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6884-1023>

Editor: Paulo Augusto de Lima Filho

Ad Hoc Reviewer: Adriano Martinez Basso e Danyelle Medeiros de Araújo



Submitted July 4, 2024

Accepted December 23, 2025

Published June 8, 2025