



NOTA TÉCNICA Nº 8/2019/SEI/GEARE/GGALI/DIRE2/ANVISA

Processo nº 25351.918291/2019-53

Avaliação de Risco: Consumo de pescado proveniente de regiões afetadas pelo rompimento da Barragem do Fundão/MG.

1. INTRODUÇÃO

O rompimento da barragem em Mariana ocorreu na tarde de 5 de novembro de 2015, no subdistrito de Bento Rodrigues, a 35 km do centro do município brasileiro de Mariana, Minas Gerais. Rompeu-se a barragem de rejeitos de mineração denominada "Fundão", controlada pela Samarco Mineração S.A., um empreendimento conjunto da brasileira Vale S.A. e da anglo-australiana BHP Billiton. A barragem de rejeitos foi construída para acomodar os rejeitos provenientes da extração do minério de ferro retirado de minas na região. A estrutura operada pela mineradora Samarco liberou mais de 39 milhões de metros cúbicos de rejeito de mineração, que escoaram por uma extensão de 670 quilômetros de cursos de água, desde o município de Mariana, em Minas Gerais, até Linhares, no litoral do Espírito Santo — a maior parte desse trajeto pelo rio Doce.

Para reparação dos possíveis danos causados foi elaborado o chamado Termo de Transação e Ajustamento de Conduta (TTAC), a constituição de uma organização de direito privado (Fundação Renova) para executar os esforços descritos no Termo e o estabelecimento de um sistema com várias instâncias de representação técnica, o Comitê Interfederativo (CIF). O CIF, com suas Câmaras Técnicas, tem permitido a participação de integrantes do meio acadêmico, do poder público das esferas federal e estaduais, da população atingida, das empresas envolvidas, além do acompanhamento de instâncias legais em cada definição e providência.

Em novembro de 2018, o Grupo de Trabalho da Pesca e Aquicultura (GT - Pesca), instituído pela Deliberação nº 175 de 29 de junho de 2018, do Comitê Interfederativo – CIF, solicitou à Anvisa um parecer sobre o impacto à saúde humana decorrente do consumo de pescados provenientes da região afetada pelo acidente. Para tanto, o ICMBio iria disponibilizar à Anvisa resultados de concentração de metais de diferentes pescados coletados na região. A Anvisa informou que para uma avaliação de risco mais precisa, considerando a magnitude e impacto da contaminação dos pescados e crustáceos à saúde pública, seria necessário conhecer os dados brutos das análises. Assim, em 26 de novembro de 2018, a Anvisa disponibilizou ao GT-Pesca um modelo de planilha em Excel para aporte dos dados e resultados analíticos.

Em 19 de dezembro de 2018, a Anvisa recebeu planilha contendo os dados brutos referentes a análises de oito metais (cádmio, cromo, cobre, chumbo, ferro, manganês, mercúrio, arsênio). Essas amostras de pescados foram coletadas na foz do Rio Doce e região costeira adjacente (de Guarapari/ES a Abrolhos/BA), pela Universidade Federal do Rio Grande (FURG), em sua última expedição (Expedição V), correspondendo a 4592 resultados analíticos.

Em 12 de fevereiro de 2019, a Anvisa recebeu mais duas planilhas, encaminhadas pela Fundação Renova, contendo os dados brutos referentes a análises de 12 metais (cádmio, cromo, cobre, chumbo, ferro, manganês, mercúrio, arsênio, alumínio, níquel, prata, zinco). Essas amostras de pescados foram coletadas na Bacia do Rio Doce, correspondendo a 6408 resultados analíticos, realizados pelo Laboratório Tommasi Analítica LTDA.

2. OBJETIVO

Esta avaliação tem por objetivo estimar o risco à saúde humana, decorrente da ingestão de metais, por meio do consumo de pescados originários de regiões afetadas pelo rompimento da Barragem do Fundão/MG.

3. METAIS ESSENCIAIS

A vida depende da matriz geológica (minerais) cuja disponibilidade é afetada pelo intemperismo e ações antropogênicas. Do ar ao que consumimos e bebemos, tudo está relacionado aos 97 elementos químicos que ocorrem naturalmente, incluindo os que chamamos de essenciais, não essenciais, tóxicos e possivelmente tóxicos (Silva, et al, 2005). O corpo humano necessita de 25 elementos químicos, denominados essenciais. Desses, 21 elementos (essenciais) são ingeridos pela dieta.

Alimentos e água costumam refletir a composição mineral do solo. A alimentação é a principal fonte de exposição não ocupacional aos metais. Tanto os metais essenciais quanto os não essenciais são igualmente absorvidos em quantidades variáveis, após consumo de alimentos e água contaminados (Silva et al., 2005).

Do rol de metais avaliados neste documento, Cobre (Cu), Cromo (Cr), Ferro (Fe), Manganês (Mn), Níquel (Ni) e Zinco (Zn) são considerados essenciais. A Tabela 1 traz um resumo sobre a função biológica de cada um dos metais essenciais analisados, a Ingestão Diária Recomendada (IDR) estabelecida na RDC nº 269/2005, "Regulamento Técnico sobre a Ingestão Diária Recomendada (IDR) de Proteína, Vitaminas e Minerais" e os limites máximos permitidos para suplementação estabelecidos no Anexo IV da IN nº 28/2018, que estabelece as listas de constituintes, de limites de uso, de alegações e de rotulagem complementar dos suplementos alimentares. Apesar de ser considerado um metal essencial, não constam na RDC nº 269/2005, nem na IN nº 28/2018 quaisquer valores de referência para ingestão do Níquel. Sendo assim, o valor de referência para o Níquel foi retirado de estudos toxicológicos (Institute of Medicine, 2001).

TABELA 1. Função biológica e Valor de Referência para os metais considerados essenciais.

Elemento Químico	Função biológica	Valor de Referência Criança - Adulto

Cobre (Cu)^a	Constituinte de uma dezena de enzimas importantes no metabolismo humano como a superoxi-dismutase, envolvida no controle de radicais livres. Pode ocasionar quadros de epilepsia, melanomas, artrite reumatoide e doenças psiquiátricas.	2560 - 6935 µg/dia
Cromo (Cr)^a	Essencial para o metabolismo da glicose. Apesar de sua provável relação com desenvolvimento de diabetes no adulto, casos clínicos de deficiência humana desse elemento não foram ainda descritos.	22,5 - 45µg/dia
Ferro (Fe)^a	Componente da hemoglobina é responsável pelo transporte de oxigênio no sangue e reserva desse elemento nos músculos.	30 -34,7 mg/dia
Manganês (Mn)^b	Apesar de ser considerado essencial, suas funções específicas são pouco conhecidas; ainda participa de reações enzimáticas e da atividade da vitamina B1 em quantidades mínimas.	1,5 - 2,3 mg /dia
Zinco (Zn)^a	Ocorre em todos os tecidos, principalmente em ossos, músculos e pele; atua no sistema imunológico; regula crescimento corpóreo, proteção ao fígado. Deficiência reduz crescimento corpóreo.	7 – 23,5 mg/dia
Níquel (Ni)^c	Considerado essencial e ligado ao controle do crescimento, mas pouco conhecido quanto aos seus mecanismos de ação no metabolismo normal. Alergia.	0,2 – 1 mg/dia

a: IN 28/2018, b: RDC 269/2005 – valor de referência para lactentes (0-6 meses) e adultos, c:Institute of Medicine (2001).

4. METAIS NÃO ESSENCIAS

4.1 Alumínio (Al)

O Al é um dos elementos metálicos mais abundantes e constitui cerca de 8% da crosta da terra. Devido a sua versatilidade tem sido utilizado em embalagens, pigmentos, produtos para saúde, aditivos alimentares e no tratamento de água. Isto pode ocasionar uma ampla possibilidade de contato humano como este metal e um consequente impacto potencial para a população. A ingestão de Al pelos alimentos, em especial pelos alimentos contendo aditivos alimentares com Al, é uma das principais vias de exposição para o homem. A contribuição da água potável para a exposição oral total de Al é geralmente entre 1 e 2% do total da ingestão.

Não existe evidência confirmada sobre a essencialidade do Al para o homem. Além disto os aspectos toxicológicos de Al ingerido são menos definidos. O elemento é pouco absorvido pelo intestino; as pequenas quantidades absorvidas das dietas são excretadas pelos rins. Os compostos mais solúveis (biodisponíveis) de Al são os sais de cloreto e lactatos, enquanto que os hidróxidos de Al e silicatos são menos solúveis (WHO, 2007).

A principal consideração com respeito ao Al e a saúde é seu potencial de toxicidade se a exposição for excessiva. Os níveis de Al no cérebro e em outros tecidos de indivíduos expostos ao metal são elevados. Além disto em estudos com animais observou-se efeitos histopatológicos no fígado e rim, osteomalácia, potencial efeito no sistema nervoso, reprodutivo e nos ossos, anemia hipocrômica microcítica não associada à deficiência de ferro (Anemia derivada da diminuição anormal do tamanho dos glóbulos vermelhos); esclerose amiotrófica lateral (doença de degeneração progressiva do sistema neuromuscular) (WHO, 2007).

Concentrações mais elevadas de Al no cérebro de pacientes com Alzheimer são observadas, porém se o metal possui um papel causador na patogênese desta doença ainda não está completamente esclarecido.

O Al interage com outros elementos, como Cálcio, Flúor, Ferro, Magnésio, Fósforo e Estrôncio, e quando ingerido em excesso, pode reduzir suas absorções (Lotz, Zisman e Barter, 1968). O uso de utensílios para cozimento de alimentos, em meio ácido, pode aumentar significativamente a ingestão do elemento.

O JECFA, Comitê de Especialistas para aditivos e contaminantes alimentares da Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura (FAO) e da Organização Mundial da Saúde (OMS) concluiu em 2012, a partir de estudos toxicológicos, que o LOAEL (“Lowest Observed Adverse Effect Level”) do alumínio era de 100 mg/kg peso corpóreo por dia, com um NOAEL (“No Observed Adverse Effect Level”) de 30 mg/kg peso corpóreo por dia. Ainda usando o NOAEL de 30 mg/kg peso corpóreo/dia obtido a partir do estudo considerado dividido pelo fator de incerteza de 100 para contemplar a variabilidade interespecies e intra espécies, o JECFA estabeleceu um PTWI de 2 mg/kg por peso corpóreo. O PTWI aplica-se a todos os compostos de alumínio (TOX/2013/12).

O comitê reforçou que crianças muito jovens são um subgrupo particularmente sensível porque suas capacidades metabólicas ainda não estão totalmente desenvolvidas. Em geral, os valores de orientação com base na saúde não são considerados aplicáveis a bebês com idade inferior a 12 semanas que possam estar em risco em níveis de exposição mais baixos, por isso a caracterização do risco, nesses casos, devem ser avaliada e considerada caso a caso (TOX/2013/12).

A exposição/ingestão de alumínio pelo homem vem aumentando nos últimos anos, tanto pelo consumo de medicamentos contendo o elemento (antiácidos), como pelo consumo de alimento e água. Como percebido em outros metais, a composição do solo tem significativa influencia no conteúdo de Al na cadeia alimentar. Em estudo realizado no RJ, observou-se que a concentração de Al variou de 0,02 mg/kg a 116 mg/kg nos diferentes alimentos analisados. A concentração média em peixes foi de 8,3 mg/kg (Santos et al., 2004).

4.2 Arsênio (As)

O arsênio ocorre normalmente na crosta terrestre na forma de mineral ligado e torna-se mais facilmente disponível através de fontes naturais, a exemplo da atividade vulcânica e intemperismo de minerais; pela atividade antropogênica causadora de emissões para o ambiente, como a fundição de minério, a queima de carvão, uso de conservantes de madeira à base de arsênico, agrotóxicos ou medicamentos veterinários e humanos. Nos alimentos, o arsênio ocorre como um grande número de formas químicas orgânicas ou inorgânicas. No ambiente marinho, o arsênio é frequentemente encontrado em altas concentrações de formas orgânicas, já tendo sido descritos até 50 mg de arsênio por quilo de alguns frutos do mar, incluindo algas, peixes, mariscos e crustáceos. Em água doce e em ambientes terrestres é normalmente encontrado em níveis muito mais baixos. Níveis mais elevados podem ser encontrados em arroz, cogumelos e na água potável (níveis superiores a 200 mg/L foram relatados em alguns países).

As formas mais tóxicas de arsênio são os compostos de arsênio inorgânico (III e V); o trióxido de arsênico inorgânico é bem conhecido como um veneno de rato, que também foi utilizado algumas vezes em suicídios ou homicídios. Formas metiladas de arsênio têm uma toxicidade aguda baixa; arsenobetaina, a principal forma de arsênio em peixes e crustáceos, é considerado não-tóxico. Apenas uma pequena percentagem do total de arsênio em peixes está presente na forma inorgânica. Cabe ressaltar que a quantificação de arsênio total pode não caracterizar risco à saúde, pois grande parte do arsênio detectado, provavelmente, refere-se à forma orgânica não tóxica do arsênio.

A proporção de arsênio inorgânico em alguns alimentos pode variar amplamente. Assim, a análise de arsênio total pode ser útil em análises de triagem; entretanto, quando forem encontrados valores superiores ao limite estabelecido, é recomendável que seja feita a especificação para verificar qual a concentração de arsênio inorgânico presente.

As manifestações agudas da intoxicação por arsênio incluem febre, dores abdominais e esofagianas, diarreia, anorexia, vômito, aumento da irritabilidade, exantema e perda de cabelo. Os efeitos crônicos incluem tumores malignos na pele, nos pulmões, rins, bexiga, aumento hepático, com necrose e cirrose.

A Agência Internacional para Pesquisa de Câncer (IARC) classificou arsênio inorgânico como um carcinógeno em humanos. Estudos epidemiológicos em áreas com água potável contendo 0,35 -1,14 mg de arsênio por litro revelaram riscos elevados de câncer de bexiga, rim, pele, pulmão, fígado e cólon, tanto em homens quanto em mulheres.

O JECFA, Comitê de Especialistas para aditivos e contaminantes alimentares da Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura (FAO) e da Organização Mundial da Saúde (OMS), estabeleceu em 2010, uma BMDL para 0,5% de aumento na incidência de câncer de pulmão por arsênio inorgânico, usando uma série de premissas para estimar a exposição a partir de água potável e alimentos, com diferentes concentrações de arsênio inorgânico. O BMDL 0.5 foi calculada em 3,0 µg de arsênio por quilo de peso corporal por dia. As incertezas incluídas nessa dose de referência para efeito de saúde estão relacionadas com os pressupostos relativos à exposição total e à extrapolação da BMDL0.5 a outras populações devido à influência do estado nutricional, tais como, baixa ingestão proteica, e outros fatores de estilo de vida sobre os efeitos observados na população estudada.

O comitê observou que o PTWI de 15 µg/kg pc (equivalente a 2,1 µg/kg pc por dia) estava próximo do BMDL0,5 e portanto não era apropriado. Como consequência o PTWI foi revogado.

4.3 Cádmi (Cd)

Fontes naturais e antropogênicas, por exemplo, minas/resíduos de fundição, fertilizantes comerciais derivados de minérios de fosfato ou lamas de depuração, aterros de resíduos municipais contribuem para os níveis de cádmio encontrado no solo e sedimentos. A deposição de cádmio atmosférico sobre plantas e solo pode levar à entrada de cádmio na cadeia alimentar através da absorção foliar ou captação radicular.

O solo no Brasil não possui grande quantidade deste metal, sendo que as fontes para aumentar o seu nível nos alimentos são o uso de fertilizantes e o cultivo ou extração de alimentos em áreas contaminadas por processos industriais.

Aumento do teor de cádmio no solo irá resultar em um aumento na absorção de cádmio pelas plantas; sendo então, a via de exposição humana suscetível a aumentos de cádmio do solo. Moluscos e crustáceos também são acumuladores naturais de cádmio. Os alimentos que mais contribuem para a ingestão humana de cádmio são arroz, trigo, amido de raízes/tubérculos e moluscos.

A absorção gastrointestinal de cádmio é influenciada tanto pelo tipo de dieta como pelo estado nutricional. Por exemplo, a ingestão adequada de zinco, cobre, ferro, cálcio e selênio reduzem a absorção de cádmio.

O cádmio absorvido acumula-se principalmente no fígado e rins. Embora este metal se acumule na placenta, a transferência para o feto é baixa. A excreção é, normalmente, lenta e a sua meia-vida é muito longa, com efeitos crônicos importantes. Um dos efeitos mais expressivos é a sobrecarga renal, que leva a perda anormal de proteínas. Também diminui a absorção de cálcio e aumenta sua excreção no trato digestório, favorecendo osteoporose e a osteomalácia, anemia ferropriva em decorrência da competição com o ferro, câncer de pulmão e próstata, entre outros efeitos.

A IARC classificou o cádmio e os compostos de cádmio como do grupo 1, ou seja, carcinogênico para humanos.

Em razão de uma série de novos estudos epidemiológicos, em 2010, o JECFA decidiu estabelecer a ingestão mensal tolerável (PTMI) de 25 µg/kg de peso corporal.

4.4 Chumbo (Pb)

O chumbo é um metal tóxico ubíquo na natureza, podendo estar presente em altos níveis em complexos industriais, aterros e rodovias, ou presente em recipientes e utensílios que entram em contato com alimentos. A principal exposição da população geral adulta não-fumante é por intermédio da comida e da água.

O chumbo pode ser mobilizado no ecossistema gerando efeitos tóxicos nas espécies terrestres e marinhas. Plantas e animais podem bioacumular o chumbo sem ocasionar a biomagnificação na cadeia alimentar terrestre ou aquática, devido ao fato de que, em vertebrados, o chumbo é estocado principalmente nos tecidos ósseos, reduzindo o risco de sua transferência para indivíduos da cadeia trófica.

A exposição humana ao chumbo representa uma preocupação do ponto de vista de saúde pública, já que pode afetar os sistemas neurológico, hematológico, gastrointestinal, cardiovascular e renal, estando associado à incidência de retardo no desenvolvimento mental, resultando na perda de QI (quociente de inteligência) de crianças, anemia e ao aumento na pressão sanguínea em adultos. As crianças são particularmente vulneráveis aos efeitos neurotóxicos desse metal e, até em níveis relativamente baixos de exposição, graves danos podem ser causados, sendo que, em alguns casos, o dano neurológico é irreversível.

A IARC classificou os compostos inorgânicos de chumbo como provavelmente carcinogênicos para seres humanos (grupo 2A) com base em evidências limitadas de carcinogenicidade no homem e evidências robustas verificadas em estudos com animais.

A absorção gastrintestinal do chumbo é, em média, maior em crianças (50%) que em adultos (15%), e depende do tempo decorrido entre a ingestão do metal tóxico e a última refeição. Experimento conduzido com adultos voluntários demonstrou que aqueles que haviam se alimentado recentemente tinham níveis de chumbo no soro (PbS) correspondente a 6% do total de chumbo ingerido. Em indivíduos que não se alimentaram no dia, 60 a 80% do chumbo ingerido foi encontrado na corrente sanguínea.

O chumbo ligado às metalo-proteínas e peptídeos é transferido para os tecidos moles e ósseos, onde é acumulado com o tempo. Em indivíduos adultos, aproximadamente 94% do total do chumbo corpóreo está concentrado nos ossos, e, em crianças, esse percentual é de 73%. A distribuição do chumbo no organismo também está associada ao turn-over com o cálcio e, conforme demandado, ele retorna à corrente sanguínea. Seu retorno gradual à circulação sanguínea é favorecido/estimulado em situações fisiológicas/patológicas de desmineralização óssea como a gestação, lactação e osteoporose.

A excreção da ingestão oral diária de chumbo ocorre principalmente nas fezes (90% da ingestão oral) e cerca de 12% é excretado na urina; a meia-vida no sangue é de aproximadamente 30 dias e nos ossos varia de 10 a 30 anos. Efeitos geralmente não são observados após uma única exposição; a intoxicação por chumbo é classicamente crônica e cumulativa.

A avaliação do JECFA, em 2010, considerou o desenvolvimento neurocomportamental e aumento da pressão sanguínea sistólica como sendo os efeitos mais críticos, tomados como base para uma análise de dose-resposta. Na ocasião foi revogado o PTWI de 25 µg/kg de peso corpóreo por não ser seguro.

A Autoridade Europeia em Segurança dos Alimentos (EFSA) identificou a neurotoxicidade como efeito crítico para a avaliação de risco ao chumbo em crianças jovens, e a nefrotoxicidade e efeitos cardiovasculares como efeitos críticos em adultos. Posteriormente houve o endosso dessas

considerações pelo JECFA (FAO/WHO, 2010).

A partir dos níveis de PbS em humanos, a EFSA derivou para a ingestão oral uma BMDL_{0,1} de 0,50 µg de chumbo por quilo de peso corpóreo para desenvolvimento de neurotoxicidade em crianças, BMDL₁ de 1,50 µg de chumbo por quilo de peso corpóreo para efeitos na pressão sistólica e de BMDL₁₀ 0,63 µg de chumbo por quilo de peso corpóreo para efeitos renais em adultos.

4.5 Mercúrio (Hg)

Metal líquido à temperatura ambiente, bom condutor de eletricidade, insolúvel em água e solúvel em ácido nítrico. Do ponto de vista toxicológico pode ser classificado em compostos orgânicos e inorgânicos (Ruppenthal, J.E., 2013).

Alguns dos principais usos do mercúrio são: catalisador da indústria de cloro, fabricação de aparelhos de medição de uso doméstico, médico e controle industrial, fabricação de lâmpadas e amálgama na atividade de mineração e odontológica, eletrólitos em bateria, biocidas, pigmentos e tintas.

Do ponto de vista toxicológico, a principal via de exposição ocorre pelos pulmões (inalação). Também pode ser absorvido pela e através da ingestão, onde é entre 2% a 10% são absorvidos após ingestão.

A toxicidade do mercúrio está associada ao local de armazenamento, sendo esses o cérebro e os rins. Além desses é rapidamente oxidado ao íon mercúrio, facilitando a fixação em proteínas (albumina e glóbulos vermelhos), sendo posteriormente distribuído aos demais tecidos. Os efeitos são lesão renal, convulsão, tremores, vômito, diarreia, perda de memória, coma e até morte.

Em 2010 o JECFA estabeleceu um PTWI para mercúrio inorgânico de 4 µg/kg de peso corporal. O PTWI anterior de 5 µg / kg de peso corporal para o mercúrio total, estabelecido na décima sexta reunião, foi retirado (FAO/WHO, 2010).

O novo PTWI para o mercúrio inorgânico foi considerado aplicável à exposição da dieta ao mercúrio total de alimentos que não o peixe e o marisco. Para a exposição alimentar ao mercúrio destes alimentos, deve ser aplicado o PTWI para metil-mercúrio previamente estabelecido (1,6 µg/kg de peso corporal). Os limites superiores das estimativas da exposição alimentar média ao mercúrio total de alimentos que não o peixe e marisco para adultos (1 µg/kg de peso corporal por semana) e para crianças (4 µg/kg de peso corporal por semana) foram iguais ou inferiores ao PTWI para inorgânicos mercúrio (FAO/WHO, 2010).

4.6 Prata (Ag)

A prata é um metal branco dúctil que ocorre naturalmente na forma pura e nos minérios. Encontra-se associado a minerais contendo arsênio e cádmio. Alguns compostos de prata são extremamente fotossensíveis e são estáveis no ar e na água, exceto quando expostos a compostos de enxofre. Além disto formam compostos com antimônio, arsênio, selênio e telúrio.

A prata metálica é insolúvel em água, mas muitos sais de prata, como o nitrato de prata (AgNO₃), são solúveis. No ambiente natural, a prata ocorre principalmente na forma do sulfeto (Ag₂S) ou está intimamente associada a outros sulfetos metálicos, especialmente os de chumbo, cobre, ferro e ouro, todos essencialmente insolúveis. No ambiente marinho a disponibilidade da prata livre é fortemente controlada pela salinidade devido a alta afinidade com o íon cloreto. Compostos solúveis de prata são mais rapidamente absorvidos do que prata metálica e insolúvel.

A capacidade de bioacumular e a toxicidade aguda a prata varia drasticamente entre as espécies a partir da forma química e disponibilidade do íon livre de prata. No geral íons de prata são menos tóxicos para peixes de água doce em condições de baixa concentração, aumento do pH, dureza, presença de partículas dissolvidas de sulfeto e matéria orgânica. Entretanto a relação é inversa para o nitrato de prata, cuja toxicidade é maior para peixes e pescados de água doce do que para os de ambiente marinho (Ratte, 1999).

A sintomatologia da intoxicação com nitrato de prata vai deste o aumento da pressão, diarreia, irritação gástrica e diminuição da capacidade respiratória (Drake et al, 2005). Compostos solúveis são capazes de acumular em pequena quantidade no cérebro e músculo. A via de excreção é a urina, sangue e fezes. Os limites para os níveis ocupacionais variam de 0,1 a 0,01 mg/m³ (Drake et al, 2005).

No entanto os estudos que avaliam a exposição a prata, por mais que a prata esteja em uso a milhares de anos, é limitado. Apesar do mais notado efeito a intoxicação a prata ser a argíria, a prata metálica tem um efeito mínimo sobre o corpo humano. Estando os efeitos mais associados a prata solúvel (Drake et al, 2005).

A TABELA 2 apresenta um resumo dos possíveis efeitos tóxicos, como também as doses de segurança, para os metais considerados não essenciais.

TABELA 2. Possíveis efeitos adversos e doses de segurança dos metais não essenciais.

Elemento Químico	Efeitos Adversos	Dose de segurança
Alumínio (Al)	Efeitos histopatológicos no fígado e rim, osteomalácia, potencial efeito no sistema nervoso, reprodutivo e nos ossos, anemia hipocrômica microcítica não associada à deficiência de ferro (Anemia derivada da diminuição anormal do tamanho dos glóbulos vermelhos); esclerose amiotrófica lateral (doença de degeneração progressiva do sistema neuromuscular)	2 mg/kg por peso corpóreo semanal (PTWI)
Arsênio (As)	Febre, dores abdominais e esofagianas, diarreia, anorexia, vômito, aumento da irritabilidade, exantema e perda de cabelo. Os efeitos crônicos incluem tumores malignos na pele, nos pulmões, rins, bexiga, aumento hepático, com necrose e cirrose	Revogada
Cádmio (Cd)	Diminui a absorção de cálcio e aumenta sua excreção no trato digestório, favorecendo osteoporose e a osteomalácia, anemia ferropriva em decorrência da competição com o ferro, câncer de pulmão e próstata, entre outros efeitos	25 µg/kg peso corpóreo mensal (PTMI)
Mercúrio (Hg)	Lesão renal, convulsão, tremores, vômito, diarreia, perda de memória, coma e até morte	4 µg / kg de peso corporal semanal (PTWI)
Chumbo (Pb)	Afeta os sistemas neurológico, hematológico, gastrointestinal, cardiovascular e renal, estando associado à incidência de retardo no desenvolvimento mental, resultando na perda de QI (quociente de inteligência) de crianças, anemia e ao aumento na pressão sanguínea em adultos	Revogada
Prata (Ag)	Toxicidade aguda a prata varia drasticamente entre as espécie. Em aves foi observado necrose hepática, redução no crescimento, hemoglobina.	-

5. METODOLOGIA DE AVALIAÇÃO

Para avaliar o risco pela ingestão de metais não essenciais, foi considerado, primeiramente, a existência de doses de segurança para cada um deles. A dose de segurança é a expressão quantitativa de uma exposição oral, aguda ou crônica, que não acarretaria em risco apreciável à saúde.

Nesta avaliação foram utilizadas como doses seguras de ingestão os valores de “*Provisional Tolerable Weekly Intake (PTWI)*” (Ingestão Semanal Máxima Tolerável), para alumínio e mercúrio; e “*Provisional Tolerable Monthly Intake (PTMI)*” (Ingestão Mensal Máxima Tolerável), para o cádmio.

Para os contaminantes que não possuem uma dose de segurança, tais como, arsênio e chumbo, foi utilizado o valor de “*Benchmark Dose Lower Confidence Limit (BMDL)*”, dose de referência na qual, pela primeira vez, o efeito adverso pode ser observado no limite inferior para um intervalo de confiança de 95%.

Apesar da toxicidade referente a prata existir, o risco decorrente da ingestão desse metal não foi estimado devido as incertezas relacionadas as doses toxicológicas, que são conhecidas apenas em animais.

A avaliação da exposição, ou seja, a estimativa de consumo de cada metal, juntamente com o conhecimento do potencial toxicológico de um dado agente, permite estimar a probabilidade de ocorrência de um efeito adverso em um organismo ou população de maneira objetiva. Basicamente, para que a exposição a um dado agente químico pelo consumo de alimentos possa ser estimada, as seguintes informações são necessárias: concentração do agente químico no alimento, estimativa de consumo do alimento e estimativa de peso corpóreo (individual ou da população em estudo).

Todos os pressupostos assumidos durante esta avaliação foram os mais conservadores possíveis, ou seja, adotou-se sempre “o pior cenário” de forma que a avaliação fosse mais protetiva à saúde, conforme será esclarecido a seguir.

Para avaliação da exposição, diferentes cenários foram estabelecidos para o consumo diário dos alimentos. O primeiro corresponde a média diária consumida de pescado em g/kg de peso corpóreo, conforme os dados de consumo da população geral, relatados na Pesquisa de Orçamento Familiar - POF-2008/2009. O segundo corresponde ao consumo de diferentes porções estabelecidas na RDC 359/2003, Regulamento Técnico de porções de alimentos embalados para fins de Rotulagem Nutricional. O terceiro cenário, corresponde as porções médias de consumo, identificadas, para peixe (309,1g) e pescados (123,2g) na Pesquisa de Orçamento Familiar (TABELA 3).

TABELA 3. Cenários de consumo utilizados na avaliação da exposição.

Alimentos	Consumo (g/dia)					
	Cenário 1 ^a		Cenário 2 ^b			Cenário 3 ^c
	Média	97,5 percentil	1 porção	2 porções	3 porções	
Peixe e pescados ^d	0,45	1,45	60g	120g	180g	309g
Peixe de água doce	0,23	0,76	60g	120g	180g	309g
Peixe de água salgada ^e	0,11	0,37	60g	120g	180g	309g
Crustáceos ^f	0,01	0,03	60g	120g	180g	123,2g

a: consumo por kg de peso corpóreo/dia;

b: RDC 359/2003,

c: porção média consumida de peixe e pescado

d: soma dos consumos de peixe, pescados e peixes não especificados, excluído o consumo de bacalhau e atum em conserva

e: peixe de água salgada, excluído o consumo de bacalhau e atum em conserva

f: soma dos consumos de camarão e siri

Para a caracterização do risco dos metais não essenciais, a exposição, ou seja, estimativa de ingestão do metal foi comparada com o valor de segurança do metal correspondente (Tabela 2). Para tanto foi utilizada a proporção, expressa em percentagem, do PTWI ou do PTMI que ficariam comprometidos. No caso do chumbo e arsênio utilizou-se a Margem de Exposição (*Margin of Exposure - MOE*), calculada pela razão do BMDL e a estimativa de ingestão do metal, correspondentes.

Para a caracterização do risco dos metais considerados essenciais, a estimativa de ingestão do metal foi comparada tanto com o valor de referência (Tabela 1), quanto com os limites máximos permitidos para suplementação, estabelecidos no Anexo IV da IN 28/2018, que estabelece as listas de constituintes, de limites de uso, de alegações e de rotulagem complementar dos suplementos alimentares.

6. PERFIL DE CONTAMINAÇÃO

A Anvisa recebeu 11000 resultados analíticos, abrangendo 76 espécies diferentes de peixes, quatro de camarões e uma de lagosta. No total, contam 9808 resultados analíticos de peixes e 1192 resultados analíticos de crustáceos.

Dentre os metais pesquisados, aqueles que apresentaram as maiores porcentagens de resultados acima dos limites máximos estabelecidos na Resolução RDC n° 42/2013, que dispõe sobre o Regulamento Técnico Mercosul sobre Limites Máximos de Contaminantes Inorgânicos em Alimentos, foram o Cádmio e o Mercúrio. Para o cádmio, 6% dos resultados de pescados coletados em água salgada e 2% dos crustáceos apresentaram valores acima dos limites máximos permitidos. Para o Mercúrio, 2,5% dos resultados de peixes de água doce, 0,5% dos resultados de peixes de água salgada e 0,6% dos crustáceos apresentaram valores acima dos limites máximos permitidos. A TABELA 4 mostra o número de amostras analisadas e consideradas positivas para a presença de cada metal, assim como a percentagem de amostras com concentração do metal acima do limite máximo permitido.

TABELA 4. Proporção de amostras positivas e com concentração de metais acima do limite máximo (LM) estabelecido na RDC n° 42/2013.

Metais	Pescados						
	Total	Peixes				Crustáceos	
		Água Doce		Água salgada			
	Amostra (N/N ⁺)	Amostra (N/N ⁺)	% >LM	Amostra (N/N ⁺)	% >LM	Amostra (N/N ⁺)	% >LM
Al	NR	534 / 314	NA	NR	NA	NR	NA
As	1108 / 324	534 / 243	0	425 / 49	0	149 / 5	0
Cd	1108 / 675	534 / 110	0	425 / 421	6	149 / 144	2
Cu	1108 / 449	534 / 446	NA	425 / 3	NA	149 / 0	NA
Cr	1108 / 784	534 / 259	NA	425 / 383	NA	149 / 142	NA
Fe	1108 / 815	534 / 243	NA	425 / 423	NA	149 / 149	NA

Hg	857 / 316	283 / 283	2,5	425 / 29	0,5	149 / 4	0,6
Mn	1108 / 777	534 / 296	NA	425 / 357	NA	149 / 137	NA
Ni	NR	534 / 268	NA	NR	NA	NR	NA
Pb	1108 / 566	534 / 243	0	425 / 238	0,5	149 / 85	0
Ag	NR	535 / 61	NA	NR	NA	NR	NA
Zn	NR	534 / 532	NA	NR	NA	NR	NA

N: Número de amostras analisadas

N⁺: Número de amostras positivas para a detecção do metal.

NA: Não analisado

NR: Não realizado em virtude do metal não possuir limite máximo estabelecido na Resolução RDC n. 42/2013.

Considerando que diferentes limites de quantificação (LQ) geram diferentes proporções de amostras positivas e que, para os dados aportados, foram utilizadas diferentes metodologias analíticas, foram estabelecidas a proporção e a percentagem de amostras positivas para os contaminantes inorgânicos listados na RDC 42/2013, considerando as diferentes metodologias utilizadas (TABELA 5, 6, 7 e 8).

TABELA 5. Proporção e percentagem de amostras positivas para arsênio, considerando diferentes metodologias analíticas.

Metodologia	(A): Limite de quantificação (LQ) de 0,0005 mg/Kg		(B): Limite de quantificação (LQ) de 0,05 mg/Kg	
	N/N ⁺	%	N/N ⁺	%
Peixe de água doce	266/239	89,8	268/4	1,5
Peixe Marinho	NA	NA	425/49	11,5
Crustáceo	NA	NA	150/5	3

NA: não analisado

É expressiva a diferença entre a proporção de amostras positivas, quando se compara as diferentes metodologias analíticas para quantificação do arsênio, sobretudo nos peixes de água doce. De maneira geral quando utilizado o método analítico de maior sensibilidade, a percentagem de amostras positivas foi maior.

Por exemplo, para o As a percentagem de amostras positivas foi de 89,8% e de 1,5%, quando se utiliza as metodologias A e B, respectivamente. Amostras negativas na metodologia B, poderiam ser consideradas positivas na metodologia A. A análise destes dados pode sugerir uma baixa contaminação nos peixes, quando observada apenas a relação N/N⁺.

Para o Cádmiu, amostras positivas de peixes de água doce foram encontradas quando aplicado o LQ de 0,0005 mg/kg, mas nenhuma amostra positiva foi encontrada quando o LQ foi de 0,05 mg/kg. Apenas um limite de quantificação foi utilizado para determinação de Cd em peixes marinhos e crustáceos. A proporção de amostras positivas foi superior a 90% nos dois alimentos (TABELA 6).

TABELA 6. Proporção e percentagem de amostras positivas para cádmio, considerando diferentes metodologias analíticas.

	(A): Limite de quantificação (LQ) de 0,0005 mg/Kg		(B): Limite de quantificação (LQ) de 0,05 mg/Kg	
	N/N ⁺	%	N/N ⁺	%
Peixe de água doce	266/85	31,9	268/0	0%
(C): Limite de quantificação (LQ) de 0,004 mg/Kg				
Peixe Marinho	424/421	99,3	NA	NA
Crustáceo	149/144	96,6	NA	NA

NA: não analisado

O contaminante Chumbo (Pb) merece especial atenção, considerando a inexistência de valores de segurança e a expressiva diferença de proporção de amostras positivas nas diferentes metodologias. Nenhuma amostra positiva foi identificada quando aplicado o LQ (0,5 mg/kg), mas 91,4% foram consideradas positivas para o LQ (0,0005 mg/kg). Para o Chumbo vale ressaltar também que a metodologia (B) apresenta LQ acima do limite máximo regulamentar (LM), estabelecido na RDC 42/2013, o que confere a esta metodologia baixa aplicabilidade, tanto para análise de fiscalização, quanto para a Avaliação de Risco, por superestimar o risco (TABELAS 7).

TABELA 7. Proporção e percentagem de amostras positivas para chumbo, considerando diferentes metodologias analíticas.

	(A): Limite de quantificação (LQ) de 0,0005 mg/Kg		(B): Limite de quantificação (LQ) de 0,5 mg/Kg	
	N/N ⁺	%	N/N ⁺	%
Peixe de água doce	266/243	91,4	268/0	0%
Peixe Marinho	425/238	44	NA	NA
Crustáceo	149/85	43	NA	NA

NA: não analisado

Vale ressaltar que, segundo o *Codex Alimentarius*, as metodologias devem ser aplicáveis ao propósito que se destinam. Como critério de qualidade, os LQ dos métodos devem corresponder a 1/5 do limite máximo estabelecido, quando este for maior que 0,1 mg/kg e a 2/5 do limite máximo estabelecido, quando este for menor que 0,1 mg/kg.

Neste contexto, as metodologias B, utilizadas na determinação de chumbo e cádmio, cujos respectivos limites máximos para peixes são de 0,3 mg/kg e de 0,1 mg/kg (peixes predadores), seriam consideradas inadequadas.

Todas as amostras analisadas para mercúrio nas metodologias A e B apresentaram resultado positivo (TABELA 8). Desta forma, se aplicadas metodologias analíticas mais sensíveis nos peixes marinhos e crustáceos, a proporção de amostras seria alterada. Vale ressaltar que o LMs para mercúrio variam de 0,5 mg/kg a 1,0 mg/kg. Aplicados os critérios *Codex Alimentarius* para avaliação de desempenho de métodos, a metodologia C, não se enquadraria.

TABELA 8. Proporção e percentagem de amostras positivas para mercúrio, considerando diferentes metodologias analíticas.

	(A): Limite de quantificação (LQ) de 0,0005 mg/Kg		(B): Limite de quantificação (LQ) de 0,05 mg/Kg		(C): Limite de quantificação (LQ) de 0,250mg/Kg	
	N/N ⁺	%	N/N ⁺	%	N/N ⁺	%
Peixe de água	266/266	100	17/17	100	NA	NA

doce						
Peixe Marinho	NA	NA	NA	NA	425/28	6,6
Crustáceo	NA	NA	NA	NA	149/4	2,7

NA: não analisada

Na Avaliação de Risco, essas diferenças metodológicas podem afetar a estimativa dos níveis médios de ocorrência de cada metal, pois a partir da abordagem *left censored*, para correção dos valores, o valor assumido para a amostra não quantificada (NQ) corresponde a ½ Limite de Quantificação (LQ) e o valor assumido para amostra não detectada corresponde a ½ Limite de Detecção (LD), ou seja, $NQ = \frac{1}{2} LQ$ e $ND = \frac{1}{2} LD$, respectivamente.

A concentração média de cada contaminante e a amplitude da contaminação encontrada nos pescados (mg/kg) está apresentada na TABELA 9.

TABELA 9. Média e amplitude da concentração de metais encontrada nos pescados.

Metais	Concentração de metais (mg/kg)															
	Pescados															
	Total				Peixe água doce				Peixe água salgada				Crustáceos			
	Média	Mínimo	Máximo	95 Percentil	Média	Mínimo	Máximo	95 Percentil	Média	Mínimo	Máximo	95 Percentil	Média	Mínimo	Máximo	95 Percentil
Al	NR	NR	NR	NR	9,14	0,79	208,4	29,9	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR
As	0,032	0,001	0,821	0,086	0,049	0,001	0,821	0,105	0,027	0,009	0,395	0,075	0,018	0,009	0,096	0,034
Cd	0,037	0,0003	1,38	0,117	0,014	0,0003	0,028	0,028	0,043	0,0005	1,38	0,106	0,098	0,0005	0,810	0,397
Cu	0,108	0,0085	3,96	0,389	0,213	0,031	3,96	0,568	0,009	0,009	0,124	0,009	0,009	0,009	0,034	0,009
Cr	0,009	0,0001	7,10	0,256	0,16	0,0001	7,10	0,256	0,022	0,001	0,259	0,093	0,015	0,001	0,123	0,049
Fe	1,56	0,0001	47,05	6,52	0,133	0,0001	0,291	0,255	3,208	0,017	47,05	12,72	1,98	0,211	39,35	6,46
Hg	0,101	0,003	1,88	0,298	0,13	0,003	1,88	0,357	0,089	0,042	1,45	0,277	0,082	0,042	0,586	0,167
Mn	0,523	0,0085	11,88	1,88	0,869	0,165	11,88	2,74	0,158	0,009	1,10	0,462	0,248	0,034	1,82	0,879
Ni	NR	NR	NR	NR	0,145	0,0001	0,8	0,258	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR
Pb	0,078	0,0001	0,388	0,255	0,134	0,0001	0,29	0,25	0,025	0,001	0,388	0,146	0,023	0,001	0,324	0,133
Ag	NR	NR	NR	NR	0,137	0,00001	0,273	0,273	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR
Zn	NR	NR	NR	NR	7,98	0,255	7,78	7,78	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR

NR: não realizada

Fonte: Dados aportados pelo ICMBio.

Comparando os níveis médios de cada metal, os peixes de água doce apresentaram médias maiores para Arsênio (0,049 mg/kg), Cobre (0,213 mg/kg), Cromo (0,16 mg/kg), Mercúrio (0,13 mg/kg), Manganês (0,869 mg/kg) e Chumbo (0,13 mg/kg). Os peixes de água salgada apresentaram médias maiores para Ferro (3,208 mg/kg). Para o cádmio, a maior média foi apresentada para os crustáceos (0,098 mg/kg). Os metais Alumínio (9,14 mg/kg), Prata (0,137 mg/kg), Zinco (7,98 mg/kg) e Níquel (0,145 mg/kg) foram pesquisados apenas nos peixes de água doce.

Ao comparar os níveis médios dos metais essenciais (Fe, Mn, Cu e Zn) com os valores referenciados na TABELA TACO, para 100 g de pescada de água doce (Fe: 0,3/100g; Mn: 0,02/100g; Cu: 0,02/100g e Zn: 0,4/100g), foram observados aumentos de 430% para o Mn e 199% para o Zn nos peixes analisados.

Adicionalmente, também foi realizado, para cada metal, comparação entre a concentração média encontrada neste estudo e a concentração média encontrada em pescados comercializados mundialmente (TABELA 10). A ocorrência média de metais nos pescados comercializados mundialmente foi obtida do *Global Environment Monitoring System – Food Contamination Monitoring and Assessment Programme* (GEMS/Food), programa utilizado pelo *Codex Alimentarius* e outras instituições, que possui os níveis e tendências de contaminantes em alimentos, sua contribuição para a exposição humana total e significância em relação à saúde pública e ao comércio. O Programa é gerido pela Organização Mundial de Saúde (OMS), em cooperação com uma rede de mais de 30 Centros Colaboradores e instituições nacionais reconhecidas localizadas em todo o mundo.

Os níveis médios de arsênio são menores que a média mundial em mais de 100 vezes. Os níveis médios de cádmio em pescados de água salgada e os de mercúrio e chumbo, tanto os de água salgada, como os de água doce estão maiores do que a média mundial, como pode ser observado na tabela 10. Para avaliação de chumbo, considerando a completa inadequação da metodologia B (LQ 0,5 mg/kg), esses dados foram excluídos. Vale lembrar que as 266 amostras de peixes de água doce analisadas pela metodologia B (LQ 0,5 mg/kg) não apresentaram amostra positiva, entretanto possuem limite de quantificação superior ao limite máximo legal para peixes que é de 0,30 mg/kg. Em contrapartida 91,4% das amostras analisadas pela metodologia A (LOQ 0,005 mg/kg) foram quantificadas. Para os demais metais, não foram encontrados dados no GEMS/Food, no intervalo de 2013-2018.

TABELA 10. Comparação entre as concentrações médias de metais não essenciais encontradas neste estudo no LB (limite inferior) e aquelas para pescados comercializados mundialmente.

Metais	Média de Concentração (mg/kg)			Relação entre as ocorrência mundial e a obtida no pescado da região	
	Pescado coletado na região de Mariana		Mundial ^a		
	Água Doce	Água Salgada		Água Doce	Água Salgada
As	0,02	0,01	2,32	116 vezes menor	232 vezes menor
Cd	0,0002	0,04	0,006	300 vezes menor	6,66 vezes maior
Hg	0,13	0,03	0,31	2,4 vezes maior	10,3 vezes maior
Pb ^b	0,01	0,02	0,007	1,42 vezes maior	2,86 vezes maior

a: GEMS/Food (2013-2018) (peixes crus); b: resultados analíticos obtidos pela metodologia (B) LQ > LMs foram excluídos.

7. AVALIAÇÃO DA EXPOSIÇÃO

A estimativa da ingestão de metais, considerando os diferentes cenários de consumo (TABELA 3), por tipo de alimento (pescados geral, peixe de água doce, peixe de água salgada e crustáceos), para população geral e alto consumidores, estão apresentadas na TABELA 11. Os valores foram estabelecidos em mg/dia. O peso corpóreo considerado foi de 60kg.

A estimativa para crianças está apresentada na TABELA 12. Para cálculo da exposição de crianças, foi considerada a abordagem utilizada pelo JECFA na avaliação de exposição para o chumbo, onde se considera a ingestão pela criança o equivalente a três vezes a ingestão do adulto. Para estimar a exposição do cenário 2 (RDC 359/2003) manteve-se o valor consumido, uma vez que ela corresponde a indivíduos acima de 36 meses.

TABELA 11. Estimativa da ingestão de metais, considerando os diferentes cenários de consumo, por tipo de alimento (pescados geral, peixes de água doce, peixes de água salgada e crustáceos), para população geral e alto consumidores.

Consumo		Ingestão dos metais (mg/dia) - Pescados Geral											
		Al	As	Cd	Cu	Cr	Fe	Hg	Mn	Ni	Pb	Ag	Zn
Cenário 1	População geral	NR	0,001	0,001	0,003	0,003	0,041	0,003	0,014	NR	0,002	NR	NR
	Alto consumidores	NR	0,003	0,003	0,009	0,008	0,136	0,009	0,046	NR	0,007	NR	NR
Cenário 2	1 porção (60g)	NR	0,002	0,002	0,006	0,005	0,094	0,006	0,031	NR	0,005	NR	NR
	2 porção (120 g) (Alto consumidores)	NR	0,004	0,004	0,013	0,011	0,187	0,012	0,063	NR	0,009	NR	NR
	3 porção (180 g) (Alto consumidores)	NR	0,006	0,007	0,019	0,016	0,281	0,018	0,094	NR	0,014	NR	NR
Cenário 3	309g	NR	0,010	0,011	0,033	0,028	0,482	0,031	0,162	NR	0,023	NR	NR
		Ingestão dos metais (mg/dia) - Peixes de água doce											
		Al	As	Cd	Cu	Cr	Fe	Hg	Mn	Ni	Pb	Ag	Zn
Cenário 1	População geral	0,126	0,001	0,000	0,003	0,002	0,002	0,002	0,013	0,002	0,002	0,002	0,110
	Alto consumidores	0,415	0,002	0,001	0,010	0,007	0,006	0,006	0,039	0,007	0,006	0,006	0,362
Cenário 2	1 porção (60g)	0,548	0,003	0,001	0,013	0,010	0,008	0,008	0,052	0,009	0,008	0,008	0,479
	2 porção (120 g) (Alto consumidores)	1,097	0,006	0,002	0,026	0,019	0,016	0,016	0,104	0,017	0,016	0,016	0,958
	3 porção (180 g) (Alto consumidores)	1,645	0,009	0,003	0,038	0,029	0,024	0,023	0,156	0,026	0,024	0,025	1,436
Cenário 3	309g	2,825	0,015	0,004	0,066	0,049	0,041	0,040	0,269	0,045	0,041	0,042	2,467
		Ingestão dos metais (mg/dia) - Peixes de água salgada											
		Al	As	Cd	Cu	Cr	Fe	Hg	Mn	Ni	Pb	Ag	Zn
Cenário 1	População geral	NR	0,000	0,000	0,000	0,000	0,022	0,001	0,001	NR	0,000	NR	NR
	Alto consumidores	NR	0,001	0,001	0,000	0,000	0,071	0,002	0,003	NR	0,001	NR	NR
Cenário 2	1 porção (60g)	NR	0,002	0,003	0,001	0,001	0,192	0,005	0,009	NR	0,002	NR	NR
	2 porção (120 g) (Alto consumidores)	NR	0,003	0,005	0,001	0,003	0,385	0,011	0,019	NR	0,003	NR	NR
	3 porção (180 g) (Alto consumidores)	NR	0,005	0,008	0,002	0,004	0,577	0,016	0,028	NR	0,005	NR	NR
Cenário 3	309g	NR	0,008	0,013	0,003	0,007	0,991	0,028	0,049	NR	0,008	NR	NR
		Ingestão dos metais (mg/dia) - Crustáceos											
		Al	As	Cd	Cu	Cr	Fe	Hg	Mn	Ni	Pb	Ag	Zn
Cenário 1	População geral	NR	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	NR	0,000	NR	NR
	Alto consumidores	NR	0,000	0,000	0,000	0,000	0,004	0,000	0,000	NR	0,000	NR	NR
Cenário 2	1 porção (60g)	NR	0,001	0,006	0,001	0,001	0,119	0,005	0,015	NR	0,002	NR	NR
	2 porção (120 g) (Alto consumidores)	NR	0,002	0,012	0,001	0,002	0,238	0,010	0,030	NR	0,005	NR	NR
	3 porção (180 g) (Alto consumidores)	NR	0,003	0,018	0,002	0,003	0,356	0,015	0,045	NR	0,007	NR	NR
Cenário 3	123g	NR	0,002	0,012	0,001	0,002	0,244	0,010	0,031	NR	0,005	NR	NR

NR: não realizada

TABELA 12. Estimativa da ingestão de metais, considerando os diferentes cenários de consumo, por tipo de alimento (pescados geral, peixes de água doce, peixes de água salgada e crustáceos), para crianças.

Consumo		Ingestão dos metais (mg/ dia) – Pescados Geral											
		Al	As	Cd	Cu	Cr	Fe	Hg	Mn	Ni	Pb	Ag	Zn
Cenário 1	População geral	NR	0,003	0,003	0,009	0,008	0,124	0,008	0,042	NR	0,006	NR	NR
	Alto consumidores	NR	0,008	0,010	0,028	0,024	0,408	0,026	0,137	NR	0,020	NR	NR
Cenário 2	1 porção (60g)	NR	NR	0,002	0,002	0,006	0,005	0,094	0,006	0,031	NR	0,005	NR
	2 porção (120 g)	NR	0,004	0,004	0,013	0,011	0,187	0,012	0,063	NR	0,009	NR	NR
	3 porção (180 g)	NR	0,006	0,007	0,019	0,016	0,281	0,018	0,094	NR	0,014	NR	NR
Cenário 3	309g	NR	0,010	0,011	0,033	0,028	0,482	0,031	0,162	NR	0,023	NR	NR
		Ingestão dos metais (mg/ dia) - Peixes de água doce											
		Al	As	Cd	Cu	Cr	Fe	Hg	Mn	Ni	Pb	Ag	Zn
Cenário 1	População geral	0,377	0,002	0,001	0,010	0,007	0,005	0,005	0,036	0,006	0,006	0,006	0,329
	Alto consumidores	1,245	0,007	0,002	0,029	0,021	0,018	0,018	0,118	0,019	0,018	0,018	1,086
Cenário 2	1 porção (60g)	0,548	0,003	0,001	0,013	0,010	0,008	0,008	0,052	0,009	0,008	0,008	0,479
	2 porção (120 g)	1,097	0,006	0,002	0,026	0,019	0,016	0,016	0,104	0,017	0,016	0,016	0,958
	3 porção (180 g)	1,645	0,009	0,003	0,038	0,029	0,024	0,023	0,156	0,026	0,024	0,025	1,436
Cenário 3	309g	2,825	0,015	0,004	0,066	0,049	0,041	0,040	0,269	0,045	0,041	0,042	2,467
		Ingestão dos metais (mg/ dia) - Peixes de água salgada											
		Al	As	Cd	Cu	Cr	Fe	Hg	Mn	Ni	Pb	Ag	Zn
Cenário 1	População geral	NR	0,001	0,001	0,000	0,000	0,066	0,002	0,003	NR	0,000	NR	NR
	Alto consumidores	NR	0,002	0,002	0,001	0,002	0,212	0,006	0,010	NR	0,002	NR	NR
Cenário 2	1 porção (60g)	NR	0,002	0,003	0,001	0,001	0,192	0,005	0,009	NR	0,002	NR	NR
	2 porção (120 g)	NR	0,003	0,005	0,001	0,003	0,385	0,011	0,019	NR	0,003	NR	NR
	3 porção (180 g)	NR	0,005	0,008	0,002	0,004	0,577	0,016	0,028	NR	0,005	NR	NR
Cenário 3	309g	NR	0,008	0,013	0,003	0,007	0,991	0,028	0,049	NR	0,008	NR	NR
		Ingestão dos metais (mg/ dia) - Crustáceos											
		Al	As	Cd	Cu	Cr	Fe	Hg	Mn	Ni	Pb	Ag	Zn
Cenário 1	População geral	NR	0,000	0,000	0,000	0,000	0,003	0,000	0,000	NR	0,000	NR	NR
	Alto consumidores	NR	0,000	0,001	0,000	0,000	0,010	0,000	0,001	NR	0,000	NR	NR
Cenário 2	1 porção (60g)	NR	0,001	0,006	0,001	0,001	0,119	0,005	0,015	NR	0,002	NR	NR
	2 porção (120 g)	NR	0,002	0,012	0,001	0,002	0,238	0,010	0,030	NR	0,005	NR	NR

	3 porção (180 g)	NR	0,003	0,018	0,002	0,003	0,356	0,015	0,045	NR	0,007	NR	NR
Cenário 3	123g	NR	0,002	0,012	0,001	0,002	0,244	0,010	0,031	NR	0,005	NR	NR

NR: não realizada

8. AVALIAÇÃO DE IMPACTO DO MARCO REGULATÓRIO (RDC 43/2013)

Para avaliação dos limites máximos regulamentares estabelecidos, foram excluídos os valores acima dos LMs regulamentares e avaliado o impacto dessa medida na redução da ingestão dos contaminantes. (TABELA 13).

TABELA 13. Percentagem de redução na Ingestão de contaminantes para população geral após exclusão dos resultados acima dos LMs regulamentares

Tipo de alimento	% de redução na ingestão por metal			
	As	Cd	Hg	Pb
Peixe de Água doce	0	0	15,6	92,6
Peixe Marinho	0	47,4	10,1	8
Crustáceos	0	11,2	0	0,3

Limites Máximos (RDC 42/2013): As: 1 mg/kg; Cd:0,05 mg/kg (0,5 mg/kg –crustáceo); Hg: 0,5mg/kg; Pb:0,3 mg/kg

Após exclusão dos resultados acima do LM, maior redução na ingestão foi observada no peixe de água doce para o chumbo (92,6%). Também houve redução para o peixe de marinho (8%) e crustáceos (0,3%). Houve redução na ingestão de Hg em peixes de água doce (15,6%) e peixe marinho (10,1%). Redução também foi observada em peixe marinho (47,4%) e crustáceos (11,2%) para o cádmio. Não houve redução na ingestão para As, após remoção dos resultados analíticos acima dos LMs, pois não foram encontradas amostras acima do LM.

9. CARACTERIZAÇÃO DO RISCO – METAIS ESSENCIAIS

As percentagens de comprometimento dos valores de suplementação de metais essenciais, para população geral (>36 meses), estão apresentadas na TABELA 14.

TABELA 14. Comprometimento dos valores máximos de suplementação, para metais essenciais, para crianças e adultos, considerando o cenário 2 (60g), para a população em geral.

Elemento Químico	Criança		Adulto	
	Valor de referência	Comprometimento (%)	Valor de referência	Comprometimento(%)
Cobre (Cu)^a	2560 µg/dia	0,25% (1,49% peixe água doce)	6935 µg/dia	0,09% (0,18% peixe de água doce)
Cromo (Cr)^a	22,5 µg /dia	2,4% (12,8% peixe de água doce)	45µg /dia	1,2% (2,1% peixe de água doce)
Ferro (Fe)^a	30 mg/dia	0,3% (1,9% peixe de água salgada)	34,7 mg/dia	0,27% (0,55% peixe de água salgada) -
Manganês (Mn)^b	1,5 mg /dia	2,09% (10,4% peixe de água doce)	2,3 mg/dia	1,36% (2,26% peixe de água doce) -
Zinco (Zn)^a	7 mg/dia	6,8% peixe de água doce	23,5 mg/dia	2,03% peixe de água doce -
Níquel (Ni)^c	0,2 mg/dia	4,35% peixe de água doce	1 mg/dia	0,87% peixe de água doce

a: IN 28/2018; b: RDC 269/2005 – valor de referência para lactentes (0-6 meses) e adultos; c:Institute of Medicine (2001).

De maneira geral não houve comprometimento dos valores máximos para suplementação para os metais essenciais, em nenhum grupo populacional. O impacto para os alto consumidores está apresentado na TABELA 15.

TABELA 15. Comprometimento dos valores máximos de suplementação, para metais essenciais, para crianças e adultos, considerando o cenário 3 (309g), para alto consumidores.

Elemento Químico	Criança		Adulto	
	Valor de referência	Comprometimento (%)	Valor de referência	Comprometimento (%)
Cobre (Cu)^a	2560 µg/dia	1,3% (2,57% peixe água doce)	6935 µg/dia	0,48% (0,95% peixe de água doce)
Cromo (Cr)^a	22,5 µg /dia	12,36% (21,9% peixe de água doce)	45µg /dia	6,18% (10,98% peixe de água doce)
Ferro (Fe)^a	30 mg/dia	1,6% (3,3% peixe de água salgada)	34,7 mg/dia	1,38% (2,85% peixe de água salgada) -
Manganês (Mn)^b	1,5 mg /dia	10,8% (17,9% peixe de água doce)	2,3 mg/dia	7,02% (11,67% peixe de água doce) -
Zinco (Zn)^a	7 mg/dia	35,2% peixe de água doce	23,5 mg/dia	10,49% peixe de água doce -
Níquel (Ni)^c	0,2 mg/dia	22,4% peixe de água doce	1 mg/dia	4,48% peixe de água doce

a: IN 28/2018; b: RDC 269/2005 – valor de referência para lactentes (0-6 meses) e adultos; c:Institute of Medicine (2001).

10. CARACTERIZAÇÃO DO RISCO – METAIS NÃO ESSENCIAIS

Após avaliação dos diferentes cenários foram utilizadas para a caracterização de risco somente os cenários 2 e 3.

Cenário 2: foi considerado como porção diária para população > 36 meses, 60g para a população geral e 2-3 vezes a porção de 60g, ou seja, 120 e 180g, para os alto consumidores (RDC 359/2003).

Cenário 3: foi considerado como consumos diário, a quantidade média consumida por porção de peixe (309,1g) e crustáceo (~120 g) identificada na POF 2008/2009 para população > 10 anos.

Os valores consumidos diariamente foram corrigidos para comparação com a dose de segurança estabelecida. Para o PTWI o consumo diário foi multiplicado por 7. Para o PTMI os valores de consumo diário foram multiplicados por 30.

10.1 Alumínio

Para a caracterização do risco foi utilizada a abordagem da proporção em percentagem do PTWI (TABELA 16). O PTWI para o alumínio é de 2 mg/kg de peso corpóreo por semana.

TABELA 16. Estimativa de comprometimento (%) da PTWI do Al para população > 36 meses

Al (peixe de água doce)			
Ingestão	Cenário	Consumo Médio (%)	Alto consumidor (%)
População > 36 meses	2 (60 g)	2,9	-
	2 (120g)	-	5,9
	2 (180g)	-	8,8
População > 10 anos	3 (309g)	15,2	

PTWI Al: 2 mg/kg de peso corpóreo por semana;

O Al foi pesquisado apenas em peixes de água doce. Considerando o cenário 2, para população adulta, a ingestão semanal de Al pelo consumo de uma porção comprometeu a PTWI em 2,9%. Para os alto consumidores, considerando o consumo diário de 120 g e 180g, o comprometimento foi de 5,9% e 8,9%, respectivamente. O impacto do cenário 2 foi maior (15,2%), conforme esperado, uma vez que o consumo de alimento superior ao pior cenário (> 3 porções dia).

10.2 Mercúrio

O PTWI para o Hg é de 4 µg/kg de peso corporal semanal. Para a caracterização do risco foi utilizada a abordagem da proporção em percentagem do PTWI (TABELA 17).

TABELA 17. Estimativa de comprometimento (%) da PTWI do Hg para população >36 meses de idade

Hg (pescado em geral)			
	Ingestão	Consumo Médio (%)	Alto consumidor (%)
População > 36 meses	2 (60 g)	26	-
	2 (120g)	-	35
	2 (180g)	-	53
População > 10 anos	3 (309g)	91	
Hg (peixes de água doce)			
	Ingestão	Consumo Médio	Alto consumidor
População > 36 meses	2 (60 g)	23	-
	2 (120g)	-	45
	2 (180g)	-	68
População > 10 anos	3 (309g)	117	
Hg (peixes de água salgada)			
	Ingestão	Consumo Médio	Alto consumidor
População > 36 meses	2 (60 g)	16	-
	2 (120g)	-	31
	2 (180g)	-	47
População > 10 anos	3 (309g)	80	
Hg (crustáceos)			
	Ingestão	Consumo Médio	Alto consumidor
População > 36 meses	2 (60g)	14	-
	2 e 3 (~120g)	-	29
	2 (180g)	-	43
População > 10 anos	3(~120g)	-	29

PTWI Hg: 4µg / kg de peso corporal semanal

Considerando o cenário 2, o comprometimento do PTWI, foi de 23% para peixes de água doce, 16% para peixes marinhos e 14% para crustáceo. Para os alto consumidores, a ingestão de Hg a partir do consumo do pescado em geral variou entre 35% e 53%.

Considerando o cenário 3, o comprometimento na PTWI na população > 10 anos para Hg total foi de 91% (pescados geral), 117% (peixes de água doce) e 80% (peixes de água salgada). Isso significa que caso a população consuma uma porção diária de pescado de 309g, já seria suficiente para extrapolar o valor de segurança semanal do Hg total. O valor obtido no cenário 3 se refere ao consumo por indivíduos acima de 10 anos. Crianças, consomem 2 a 3 vezes mais e desta forma o impacto seria muito maior. No entanto ele não foi estimado por já haver extrapolado 100% do PTWI. Há de se considerar que estas estimativas foram estabelecidas para o Hg total e que seria oportuno avaliar quanto de metilmercúrio seria ingerido.

10.3 Cádmi

O PTMI para o Cd é de 25 µg/kg de peso corpóreo mensal. Para a caracterização do risco foi utilizada a abordagem da proporção em percentagem do PTMI (TABELA 18).

TABELA 18. Estimativa de comprometimento (%) do PTMI do Cd para população >36 meses de idade

Cd (pescado em geral)			
	Ingestão	Consumo Médio	Alto consumidor^b
População > 36 meses	2 (60 g)	4,4	-
	2 (120g)	-	8,8
	2 (180g)	-	13,3
População > 10 anos	3 (309g)	22,8	
Cd (peixes de água doce)			
	Ingestão	Consumo Médio	Alto consumidor^b
População > 36 meses	2 (60 g)	1,7	5,1
	2 (120g)	-	3,3
	2 (180g)	-	5,1
População > 10 anos	3 (309g)	8,6	
Cd (peixes de água salgada)			
	Ingestão	Consumo Médio	Alto consumidor^b
População > 36 meses	2 (60 g)	5,2	-
	2 (120g)	-	10,3
	2 (180g)	-	15,5
População > 10 anos	3 (309g)	26,6	
Cd (crustáceos)			
	Ingestão	Consumo Médio	Alto consumidor^b
População meses	2 (60 g)	11,8	-
	2 e 3 (~120g)	-	23,5
	2 (180g)	-	35,3
População < 10 anos	3 (~120g)	-	23,5

PTMI Cd: 25 µg/kg de pc mensal; a: a ingestão estimada para crianças foi 3x a ingestão para adulto

Considerando o cenário 2, o comprometimento da PTMI para a população geral foi de 1,7% (peixe de água doce), 26,6% (peixe de água salgada) e 11,8% (crustáceos). Para altos consumidores, a partir do consumo de 120g, o comprometimento do PTMI foi de 5,1% (peixe de água doce), 15,5% (peixe marinho) e 23,5% (crustáceos). Entre os peixes o impacto na ingestão de Cd foi maior após o consumo de peixes marinhos. Embora a avaliação tenha sido extremamente conservadora, se observa o comprometimento do PTMI de até 35,3% para os altos consumidores, sem contar as outras fontes que contribuem para ingestão, principalmente os alimentos de origem vegetal.

Considerando o cenário 3, o comprometimento variou entre 8,6% e 26,6 % para os diferentes alimentos.

O PTMI é o valor mensal que pode ser ingerido por toda a vida sem causar efeitos adversos, logo, se a ingestão segura for ultrapassada por um período reduzido de tempo não implicará no aparecimento de qualquer efeito. Devido ao fato do cádmio ser cumulativo, a população mais vulnerável seria a população adulta acima de 50 anos, por já possuir quantidade considerável de cádmio acumulado.

10.4 Chumbo

A caracterização do risco para o Chumbo está apresentada na TABELA 19. No caso do chumbo utilizou-se a Margem de Exposição ("Margin of Exposure" - MOE), calculado pela razão do BMDL e a ingestão do contaminante. Para peixes foi considerado o consumo de 60g por dia (Consumo Médio) e de 120 e 309 gramas por dia (Altos Consumidores). Para crustáceos foi considerado o consumo de 60g (Consumo Médio), 120g e 123 g por dia (Altos Consumidores). Uma MOE >10 significa que o risco é desprezível; MOE entre 1 e 10, risco muito baixo; MOE <1 significa que o risco não pode ser excluído. Apesar da inadequação da metodologia B para o uso na Avaliação de Risco, os resultados obtidos a partir dessa não foram desconsiderados na categorização para o chumbo.

TABELA 19. Estimativa da MOE para a ingestão do Pb para as diferentes populações

Pb (pescado em geral)			
	Endpoint	Consumo médio	Alto consumidor^b
Adulta	Efeito Cardiovascular(a)	19,2	9,61 - 3,8
	Efeito Nefrotóxico (b)	8,07	4,03 - 1,6
Crianças (< 10 anos)	Efeito Neurotóxico (c)	6,4	3,2 - 1,2
Pb (peixes de água doce)			
	Ingestão	Consumo médio	Alto consumidor^b
Adulta	Efeito Cardiovascular(a)	11,2	5,6 - 2,2
	Efeito Nefrotóxico (b)	4,7	2,3 - 0,9
Crianças (< 10 anos)	Efeito Neurotóxico (c)	3,7	1,8 - 0,2
Pb (peixes de água salgada)			
	Ingestão	Consumo médio	Alto consumidor^b
Adulta	Efeito Cardiovascular(a)	60	30 - 11,6
	Efeito Nefrotóxico (b)	25,2	12,6 - 4,9
Crianças (< 10 anos)	Efeito Neurotóxico (c)	20	10 - 3,9
Pb (crustáceos)			
	Ingestão	Consumo médio	Alto consumidor^b
Adulta	Efeito Cardiovascular(a)	37,4	19 - 18
	Efeito Nefrotóxico (b)	15,7	7,8 - 7,7
Crianças (< 10 anos)	Efeito Neurotóxico (c)	12,5	6,23 - 4,15

Para efeito cardiovascular, a MOE foi calculada dividindo a BMDL₀₁ de 1,50µg/kg pc/dia pela estimativa da exposição pela dieta. (b) Para nefrotoxicidade, a MOE foi calculada dividindo a BMDL₁₀ de 0,6µg/kg pc/dia pela estimativa da exposição pela dieta. (c) para a neurotoxicidade, a MOE foi calculada dividindo a BMDL₀₁ de 0,50µg/kg pc/dia pela estimativa da exposição pela dieta. (d)

para a neurotoxicidade, a MOE foi calculada dividindo a BMDL₀₁ de 0,50µg/kg pc/dia pela estimativa da exposição pela dieta multiplicada por 3. Os dados da avaliação conduzida pela União Europeia poderão ser obtidos no relatório EFSA (2010). MOE >10 risco desprezível; entre 1 e 10 risco muito baixo; <1 risco não pode ser excluído

Efeito Neurotóxico

A MOE para crianças variou entre 3,7 a 20, considerando o consumo médio e 0,2 a 10 para crianças altos consumidores, respectivamente, considerando a BMDL_{0,1} de 0,50 µg de chumbo por kg pc para desenvolvimento de neurotoxicidade. Maior impacto é atribuído ao consumo de peixe de água doce (MOE=0,2). O risco do efeito do chumbo sobre a redução do QI, a partir do consumo de peixes de água doce (MOE<1), não pode ser excluído para crianças no pior cenário (consumo de 309g de peixe).

Efeito Cardiovascular

Entre os adultos, as MOE variaram de 11,2 a 60, considerando o consumo médio. Para os alto consumidores, a MOE variou entre 2,2 e 30.

Efeito Nefrotóxico

A MOE estimada para efeito nefrotóxicos em adultos aproximou-se de 1 para a população adulta, nos altos consumidores, alimentados por peixes de água doce, portanto, significa risco associado ao consumo de peixes de água doce pelos adultos alto consumidores.

10.5 Arsênio

A MOE para a população em geral e crianças estão apresentadas na TABELA 20. No caso do arsênio também utilizou-se a Margem de Exposição ("Margin of Exposure"- MOE), calculado pela razão do BMDL e a ingestão do contaminante. Uma MOE >10 significa que o risco é desprezível; MOE entre 1 e 10, risco muito baixo; MOE<1 que o risco não pode ser excluído. Em ambos os casos não foi evidenciado risco pela ingestão de arsênio. Foi assumido o valor de arsênio total como se fosse inorgânico, apesar de se ter conhecimento que a maior parte do arsênio encontrado no ambiente marinho é orgânica, que é pouco tóxico

TABELA 20. Estimativa da MOE para a ingestão do As

As (pescado em geral)		
	Cenário	Estimativa MOE
População > 10 anos	2 (60 g)	93
	2 (120g)	47
	2 (180g)	31
	3 (309 g)	18
<10 anos	309 g ^a	6
As (peixe de água doce)		
	Cenário	Estimativa MOE
População > 10 anos	2 (60 g)	61
	2 (120g)	30
	2 (180g)	20
	3 (309 g)	12
< 10 anos	309 g ^a	4
As (peixe marinho)		
	Cenário	Estimativa MOE
População > 10 anos	2 (60 g)	111
	2 (120g)	55
	2 (180g)	37
	3 (309 g)	21
< 10 anos	309 g ^a	7
As (crustáceos)		
	Cenário	Estimativa MOE
População > 10 anos	2 (60 g)	94
	2 (120 g)	47
	2 (180 g)	31
< 10 anos	3 (120 g ^a)	27

Para efeito da MOE 3 µg/kg pc dia. a: estimado a ingestão 3x a de adulto

10.6 Prata

A intoxicação pela Prata é conhecida, sendo baixa a toxicidade relatada a compostos insolúveis e a prata metálica. Desta forma, apesar da capacidade de bioacumulação e toxicidade relatada nas espécies animais, não foram identificados estudos de dose x resposta que permitissem o estabelecimento de um valor de segurança.

11. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Esta avaliação considerou apenas o impacto pelo consumo de peixes e crustáceos, não sendo avaliado o impacto de outras fontes de exposição, sujeitas a contaminação, como por exemplo a água.

Primeiramente, ressaltamos que a presente avaliação foi realizada com um número expressivo de dados, no entanto, a avaliação de risco apresenta as seguintes limitações: ausência de dados de consumo da população local, incluindo as espécies mais consumidas e a quantidade consumida (embora tenham sido utilizados alguns cenários bastante conservadores); utilização de diferentes metodologias na quantificação dos metais; utilização de metodologias não adequadas ao propósito; ausência de especificação dos metais; ausência de estudos toxicológicos conclusivos sobre alguns metais (Ag), assim como a existência de doses de segurança; e ausência de avaliação do tamanho dos peixes, ou seja, não foi avaliado se o tamanho dos peixes coletados correspondem ao tamanho médio de um peixe que é consumido.

Contudo, é possível concluir que, em geral, os pescados da região afetada pelo acidente apresentam médias maiores de concentração de cádmio (peixes de água salgada), mercúrio e chumbo, quando comparados com pescados comercializados mundialmente. Adicionalmente, para o cádmio, foi observado que 6% dos resultados em peixes de água salgada e 2% dos resultados de crustáceos apresentaram valores acima dos limites máximos permitidos. Para o Mercúrio, 2,5% dos resultados de peixes de água doce, 0,5% dos resultados de peixes de água salgada e

0,6% dos crustáceos apresentaram valores acima dos limites máximos permitidos. Para o chumbo 0,5 % das amostras de peixe de água salgada apresentaram valores acima do limite máximo permitido. Não foram observados resultados acima do limite máximo permitido para os peixes de água doce. Entretanto, mais de 50% das amostras negativas foram pesquisadas com metodologia inadequada, cujo limite de quantificação é muito superior que o limite máximo permitido.

Sobre o consumo de pescados oriundos da região afetada pelo acidente da Samarco, os metais que apresentam maior preocupação à saúde humana são o Mercúrio (Hg) e o Chumbo (Pb).

Para o Mercúrio, o consumo diário de uma porção de aproximadamente 309g de peixe constitui risco à saúde, principalmente, se for peixe de água doce.

Para o Chumbo, o risco sobre a redução do QI (efeito neurotóxico), em crianças, com consumo diário de 309 g de peixe de água doce não pode ser excluído (MOE <1). A MOE estimada para efeito nefrotóxicos em adultos aproximou-se de 1, para a população adulta, nos altos consumidores (consumo de 309g/dia), alimentados por peixes de água doce, portanto, este risco é considerável. Com relação à pressão sistólica, o risco é baixo (não desprezível) para os adultos.

O consumo de peixes, mesmo quando abaixo do recomendado pela Organização Mundial de Saúde (OMS), é uma importante fonte de nutrientes essenciais à saúde humana. Observou-se uma redução significativa na ingestão de contaminantes se forem cumpridos os limites legais. Logo é importante ressaltar a importância do controle e da fiscalização, para assegurar que não haja o consumo de pescados com concentração de metais acima daqueles definidos pela legislação vigente. Os limites estabelecidos na legislação vigente, RDC nº 42/2013, são uma medida importante no gerenciamento de risco.

Para minimizar o impacto a saúde pela ingestão de mercúrio e chumbo, medidas adicionais de gerenciamento de risco podem ser adotadas, tais como, recomendação de consumo diário de pescados menor que 200g, para adultos, e de 50g para crianças.

Para futuras avaliações, as metodologias analíticas devem buscar atender não apenas aos critérios de qualidade, mas também devem adequadas aos limites regulamentares vigentes.

12. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANVISA (2003). Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Ministério da Saúde. RESOLUÇÃO - RDC No 359, DE 23 DE DEZEMBRO DE 2003.

ANVISA (2005). Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Ministério da Saúde. RESOLUÇÃO - RDC No 269, DE 22 DE SETEMBRO DE 2005.

Drake, P.L., Hazelwood, K.J. Exposure-Related Health Effects of Silver and Silver Compounds: A Review. *The Annals of Occupational Hygiene*, Volume 49, Issue 7, October 2005, Pages 575–585, <https://doi.org/10.1093/annhyg/mei019>

FAO/WHO (2010). Food and Agriculture Organization of the United Nations. World Health Organization. JOINT FAO/WHO EXPERT COMMITTEE ON FOOD ADDITIVES Seventy-second meeting. Summary and Conclusions Issued 16th. March 2010.

Franco Netto, G. (2005). Vigilância em Saúde Relacionada a Químicos no âmbito do Sistema Único de Saúde. In: Silva, C.R et al. Geologia Médica no Brasil. Efeitos dos Materiais e Fatores Geológicos na Saúde Humana e Meio Ambiente. Workshop Internacional de Geologia Médica. Rio de Janeiro. CPRM – Serviço Geológico do Brasil, 2005. pag 19–20.

IARC (1990). International Agency for Research on Cancer. World Health Organization. IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans. Chromium, Nickel and Welding. Volume 49. IARC, Lyon, France. 1990.

IBAMA (2019). [Rompimento da Barragem de Fundão: Documentos relacionados ao desastre da Samarco em Mariana/MG](http://www.ibama.gov.br/cites-e-comercio-exterior/cites?id=117). Acesso em 18 de março de 2019. Disponível em (<http://www.ibama.gov.br/cites-e-comercio-exterior/cites?id=117>).

Institute of Medicine (2001). Dietary Reference Intakes for Vitamin A, Vitamin K, Arsenic, Boron, Chromium, Copper, Iodine, Iron, Manganese, Molybdenum, Nickel, Silicon, Vanadium and Zinc. Institute of Medicine (US) Panel on Micronutrients. Washington (DC): National Academies Press (US, 2001).

IPCS (2009). International Programme on Chemical Safety. Principles and Methods for the Risk Assessment of Chemicals in Food. Environmental Health Criteria 240. Chapter 8. Maximum Residue Limits for Pesticides and Veterinary Drugs. WHO. 2009

MINISTERIO PUBLICO FEDERAL (MPF) – Procuradoria da República nos Estados de Minas Gerais e Espírito Santo – Força Tarefa Rio Doce. Acesso em março de 2019. Disponível: <http://www.mpf.mp.br/mg/sala-de-imprensa/docs/denuncia-samarco>.

Oliveira, S.C., Herman, E.C., Pertille, D.C (2018). Avaliação Toxicológica dos Efeitos do Cobre na Espécie *Carassius auratus*. R. Gestão & Sustentabilidade Ambiental., Florianópolis, v. 7, n. 2, p.260-275, abr./jun. 2018.

Ratte, H.T. Bioaccumulation and toxicity of silver compounds: a review. *Environmental Toxicology and Chemistry*. Acesso em 19 de março de 2019. Disponível em : <https://setac.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/etc.5620180112>.

Ruppenthal, J. E., (2013). Toxicologia / Janis Elisa Ruppenthal. – Santa Maria : Universidade Federal de Santa Maria, Colégio Técnico Industrial de Santa Maria ; Rede e-Tec Brasil, 2013. Disponível: http://estudio01.proj.ufsm.br/cadernos_seguranca/sexta_etapa/toxicologia.pdf

Silva, C.R., Figueiredo, B.R., De Capitani, E.M., (2005). Geologia Médica. In: Silva, C.R et al. Geologia Médica no Brasil. Efeitos dos Materiais e Fatores Geológicos na Saúde Humana e Meio Ambiente. Workshop Internacional de Geologia Médica. Rio de Janeiro. CPRM – Serviço Geológico do Brasil, 2005. pag 6 – 15.

TOX/2013/12. Committee on Toxicity of Chemicals in Food, Consumer Products and the Environment. Second draft statement on the potential risks from high levels of aluminium in the infant diet. 2013.

WHO (2007). World Health Organization. Safety evaluation of certain food additives and contaminants. Sixty-seventh meeting of the Joint Expert Committee on Food Additives, Geneva, 2007.



Documento assinado eletronicamente por **Thalita Antony de Souza Lima, Gerente-Geral de Alimentos**, em 22/05/2019, às 16:03, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015 http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2015-2018/2015/Decreto/D8539.htm.

Documento assinado eletronicamente por **Carolina Araujo Vieira, Especialista em Regulação e Vigilância Sanitária**, em 22/05/2019, às 16:23, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015



http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2015-2018/2015/Decreto/D8539.htm.



Documento assinado eletronicamente por **Ligia Lindner Schreiner, Gerente de Avaliação de Risco e Eficácia**, em 22/05/2019, às 16:27, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015

http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2015-2018/2015/Decreto/D8539.htm.



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site <https://sei.anvisa.gov.br/autenticidade>, informando o código verificador **0596655** e o código CRC **C8638F70**.