

**NOTA TÉCNICA N.º 1/2025/IOC-FIOCRUZ/DIRETORIA**  
(versão 1, 01 de outubro de 2025)

**Assunto:** Avaliação de risco associado ao arsênio e outros metais em pescado: importância da especiação e aplicação de indicadores de risco (EDI, EWI, THQ, HI, TCR)

**Recomendação geral**

O arsênio (As) é um elemento tóxico que ocorre no ambiente tanto em formas inorgânicas (tóxicas, como  $As^{3+}$  e  $As^{5+}$ ) quanto orgânicas (geralmente menos tóxicas, como arsenobetaina e arsenocolina). Em pescado, o As está presente majoritariamente na forma orgânica, porém a fração inorgânica, mesmo que pequena, representa maior preocupação toxicológica devido à sua toxicidade e potencial carcinogênico. Assim, a avaliação de risco associada ao As em pescado deve priorizar, sempre que possível, a análise de especiação química para diferenciar formas inorgânicas e orgânicas, considerando que a fração inorgânica apresenta toxicidade significativamente maior.

Entretanto, na ausência da informação de especiação química, a utilização de dados de concentração total de arsênio, combinados ao cálculo de indicadores reconhecidos internacionalmente (Ingestão Diária Estimada - *Estimated Daily Intake*, EDI, Ingestão Semanal Estimada - *Estimated Weekly Intake*, EWI, Quociente de Perigo Alvo - *Target Hazard Quotient*, THQ; Índice de Perigo Combinado - *Hazard Index*, HI e Risco de Câncer Alvo - *Target Cancer Risk*, TCR) constitui uma abordagem válida e robusta. Além disso, essa metodologia permite considerar a presença simultânea de outros metais presentes no pescado, como mercúrio, chumbo e cádmio, bem como metais essenciais que podem se tornar tóxicos em excesso, seguindo normas e recomendações de organismos internacionais, como FAO, WHO, USEPA e EFSA, apoiando ações de vigilância e gestão de riscos.

A interpretação desses índices deve levar em conta a exposição combinada a múltiplos metais presentes no pescado, bem como as diferenças de vulnerabilidade entre grupos populacionais, especialmente crianças. A aplicação prática desses indicadores requer capacitação técnica adequada, padronização metodológica e avaliação continuada, garantindo que os resultados gerem recomendações de consumo e medidas preventivas alinhadas à proteção da saúde pública e à mitigação de riscos.

**Contextualização e justificativa**

1. A avaliação de risco associada à presença de metais e metalóides em pescado é fundamental para a proteção da saúde pública, considerando que o consumo desse alimento é uma importante via de exposição humana a contaminantes tóxicos. O As, em particular, apresenta formas químicas com toxicidade bastante distinta, sendo o As inorgânico reconhecido por seu elevado potencial tóxico e carcinogênico.
2. No Brasil, a análise de concentração total de arsênio em pescado é a prática mais comum, embora nem sempre seja realizada a especiação química que permite diferenciar frações inorgânicas e orgânicas. Essa limitação pode comprometer a precisão das estimativas de

risco, mas não inviabiliza o uso de indicadores reconhecidos internacionalmente, como o Ingestão Diária Estimada (*Estimated Daily Intake*, EDI), Ingestão Semanal Estimada (*Estimated Weekly Intake*, EWI), Quociente de Perigo (*Target Hazard Quotient*, THQ), o Índice de Perigo (*Hazard Index*, HI) e o Risco de Câncer (*Target Cancer Risk*, TCR), que são ferramentas robustas para estimar riscos não carcinogênicos e carcinogênicos associados à ingestão crônica.

3. Apesar de sua relevância, ainda há pouca padronização metodológica e integração desses indicadores nas rotinas de monitoramento ambiental e sanitário no país. Além disso, não são sempre considerados fatores determinantes para o risco real, como a presença simultânea de múltiplos metais no pescado e as diferenças de vulnerabilidade entre grupos populacionais e regionalidades brasileiras.

## RESUMO GERAL DO TRABALHO

### **Finalidade**

4. Recomendar prioritariamente o uso combinado da especificação química e da análise de concentração total de As como estratégia de monitoramento, destacando sua contribuição para maior precisão na avaliação de risco e a viabilidade de implementação nas rotinas de vigilância ambiental e sanitária.
5. Recomendar a aplicação dos indicadores de risco Ingestão Diária Estimada (*Estimated Daily Intake*, EDI), Ingestão Semanal Estimada (*Estimated Weekly Intake*, EWI), Quociente de Perigo (*Target Hazard Quotient*, THQ), o Índice de Perigo (*Hazard Index*, HI) e o Risco de Câncer (*Target Cancer Risk*, TCR), como ferramentas para estimar riscos não carcinogênicos e carcinogênicos associados ao consumo de pescado contaminado por As e outros metais, levando em conta diferentes cenários de exposição e grupos populacionais.

### **Metodologia**

6. A avaliação de risco apresentada nesta nota técnica foi baseada na análise crítica da literatura científica internacional sobre contaminação de pescados por arsênio e outros metais, incluindo revisões sistemáticas, estudos de monitoramento ambiental e dados toxicológicos. Além disso, foram consultadas normas e recomendações de organismos internacionais, como FAO, WHO, USEPA, EFSA, entre outros, para a interpretação de dados e definição de limites seguros de ingestão.

### **Resultados**

7. A diferenciação entre formas inorgânicas e orgânicas de As aumenta a precisão da avaliação de risco, uma vez que a fração inorgânica é mais tóxica.
8. Na ausência de análises de especificação, a literatura científica internacional e normas de órgãos como FAO, WHO e USEPA indicam que os índices Quociente de Perigo (*Target*

*Hazard Quotient*, THQ), o Índice de Perigo (*Hazard Index*, HI) e o Risco de Câncer (*Target Cancer Risk*, TCR), fornecem uma estimativa válida do risco potencial à saúde, especialmente se combinados com Ingestão Diária Estimada (*Estimated Daily Intake*, EDI) e Ingestão Semanal Estimada (*Estimated Weekly Intake*, EWI) que quantificam a exposição de diferentes populações.

9. Para adotar uma abordagem conservadora na avaliação do risco à saúde associado ao consumo de pescado, pode-se considerar que, em geral, de acordo com a literatura científica, até 10% do arsênio total presente nos tecidos do animal corresponde ao arsênio inorgânico, a forma mais tóxica e relevante do ponto de vista toxicológico. No entanto, é fundamental ressaltar que essa proporção não é fixa e pode apresentar variações substanciais. Fatores como o tipo de pescado, a espécie, o sexo do indivíduo, a estação do ano e o estágio de vida do animal influenciam diretamente a quantidade de arsênio inorgânico presente nos tecidos. Além disso, aspectos relacionados ao ambiente de captura, dieta do organismo (um dos fatores principais neste sentido) e condição fisiológica também podem alterar a biodisponibilidade e a forma química do As, tornando essencial a interpretação cuidadosa dos dados.
10. É especialmente importante que essas avaliações considerem diferentes faixas etárias e grupos populacionais, pois fatores como peso corporal, padrão de consumo alimentar e sensibilidade biológica variam significativamente entre bebês, crianças, adolescentes e adultos. Indivíduos mais jovens geralmente possuem menor peso corporal, o que significa que a mesma quantidade absoluta de contaminante ingerida resulta em uma dose relativa (mg/kg de peso corporal) muito maior, elevando assim os índices de risco. Além disso, os sistemas fisiológicos e metabólicos em desenvolvimento conferem a esses grupos uma maior vulnerabilidade aos efeitos tóxicos, incluindo aqueles que afetam o desenvolvimento neurológico, imunológico e endócrino. Dessa forma, a inclusão desses grupos vulneráveis nas avaliações de risco é essencial para a formulação de estratégias eficazes de proteção à saúde pública, embora isso não seja estabelecido por lei. Isso pode incluir recomendações específicas de consumo, monitoramento ambiental mais rigoroso e políticas regulatórias adaptadas que levem em conta as diferentes exposições e sensibilidades populacionais, assegurando que as medidas adotadas sejam abrangentes e preventivas para toda a população, com especial atenção aos mais suscetíveis. Por exemplo, um consumo diário de 100 g de pescado contaminado gera doses mais elevadas em mg/kg dia<sup>-1</sup> para uma criança de 15 kg do que para um adulto de 70 kg, elevando os valores de THQ, HI e TCR. Dessa forma, os índices de risco para populações infantis podem ser muito maiores, exigindo atenção especial na definição de limites seguros e em medidas de mitigação.
11. O Brasil apresenta grande extensão territorial e significativa diversidade cultural e alimentar, o que resulta em variações consideráveis no consumo de pescado entre regiões. Para uma avaliação de risco mais precisa, seria ideal conhecer a média de consumo por região, considerando hábitos populacionais específicos. Por exemplo, populações ribeirinhas na Amazônia ou no Norte do país podem ingerir quantidades substancialmente maiores de pescado do que a população urbana de outras regiões, o que eleva proporcionalmente os índices de risco como THQ, HI, TCR, EDI e EWI. Dessa forma,

análises regionalizadas permitem ajustar recomendações de consumo e medidas de mitigação de forma mais adequada às realidades locais, garantindo proteção à saúde das populações mais expostas.

12. Padronização e monitoramento: a literatura reforça a importância de protocolos padronizados e monitoramento contínuo, para acompanhar tendências de contaminação e permitir comparações confiáveis entre regiões e populações.

### **Conclusões gerais**

A especiação química, compreendendo uma análise que diferencia as formas químicas de um elemento, é extremamente relevante para avaliação precisa do risco associado ao consumo de pescado contaminado por As, pois determina a proporção de As inorgânico no total medido. Contudo, devido ao alto custo e à complexidade técnica da especiação, muitas vezes esta abordagem não é viável para monitoramento rotineiro. Nesses casos, a análise baseada apenas na concentração total de As ainda é amplamente utilizada e válida para a gestão de riscos ambientais e à saúde pública, especialmente quando associada ao cálculo de indicadores reconhecidos internacionalmente, recomendados por agências internacionais como USEPA e FAO/WHO, como o THQ, HI e TCR associados com o EDI e o EWI. Esses índices permitem estimar o risco potencial à saúde humana decorrente da ingestão crônica de contaminantes via alimentos, considerando tanto os efeitos isolados quanto combinados de múltiplos contaminantes presentes no pescado.

É, de fato, importante ressaltar que o pescado contém uma variedade de metais, incluindo metais essenciais (como zinco, cobre, selênio) que são importantes para funções biológicas, mas que podem se tornar tóxicos quando ingeridos em excesso, e metais tóxicos (como arsênio, mercúrio, chumbo, cádmio) que apresentam toxicidade mesmo em baixas concentrações. Assim, a avaliação isolada da concentração de cada metal pode não refletir adequadamente o risco real à saúde, pois a exposição ocorre simultaneamente a vários contaminantes. Dessa forma, o cálculo do THQ para cada metal e a soma desses valores no HI são essenciais para avaliar o risco combinado, pois mesmo que as concentrações individuais estejam abaixo dos limites regulamentares, a soma dos efeitos pode resultar em THQ ou HI superiores a 1, indicando risco potencial à saúde.

Para uma abordagem conservadora, pode-se considerar que até 10% do arsênio total no pescado corresponde à forma inorgânica, a mais tóxica. Contudo, essa proporção varia conforme espécie, sexo, estação do ano, estágio de vida e condições ambientais.

A avaliação por faixa etária e sexo é particularmente importante, uma vez que certos grupos, como crianças, por exemplo, devido ao menor peso corporal, recebem doses relativas de contaminantes em mg/kg significativamente mais altas do que adultos, e diferenças biológicas entre homens e mulheres podem influenciar a toxicocinética e os efeitos dos metais. Esses fatores resultam em valores distintos de THQ, HI e TCR, reforçando a necessidade de análises segmentadas por idade e sexo, permitindo recomendações de consumo e estratégias de mitigação mais precisas, protegendo de forma eficaz os grupos mais vulneráveis.

Além disso, o Brasil apresenta grande extensão territorial e significativa diversidade cultural e alimentar, o que gera variações consideráveis no consumo de pescado entre regiões.

Populações ribeirinhas, especialmente na Amazônia e em outras áreas do Norte do país, podem ingerir quantidades substancialmente maiores de peixe do que a população urbana de outras regiões. Essa diferença eleva proporcionalmente os índices de risco, tornando ainda mais relevante considerar o consumo regional para a interpretação dos THQ, HI, TCR, EDI e EWI. Dessa forma, avaliações regionalizadas permitem ajustar recomendações de consumo e medidas de mitigação de forma mais adequada às realidades locais, garantindo proteção à saúde das populações mais expostas.

Rio de Janeiro, 01 de outubro de 2025.

Esta Nota Técnica foi elaborada por Rachel Ann Hauser-Davis e Clélia Christina Mello-Silva, pesquisadoras do Laboratório de Avaliação e Promoção da Saúde Ambiental do Instituto Oswaldo Cruz/Fiocruz. Participou também Oswaldo Luiz de Carvalho Maciel Junior.

### **Referências bibliográficas**

1. Agency for Toxic Substances and Disease Registry. Toxicological profile for arsenic. Atlanta (GA): ATSDR; 2007. Available from: <https://www.atsdr.cdc.gov/>
2. Agency for Toxic Substances and Disease Registry. Toxicological profile for mercury. Atlanta (GA): ATSDR; 2022. Available from: <https://www.atsdr.cdc.gov/>
3. Food and Agriculture Organization of the United Nations. The state of world fisheries and aquaculture 2020. In brief. Rome: FAO; 2020. Available from: <https://doi.org/10.4060/ca9231en>
4. Food and Agriculture Organization of the United Nations, World Health Organization. Evaluation of certain food additives and contaminants. Sixty-seventh report of the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives. Geneva: WHO; 2006. Available from: <https://apps.who.int/iris/handle/10665/43592>
5. Hauser-Davis RA, Wosnick N, Chaves AP, Giaretta EP, Leite RD, Torres-Florez JP. The global issue of metal contamination in sharks, rays and skates and associated human health risks. *Ecotoxicol Environ Saf.* 2024;288:117358.
6. Maciel OLC, Lima VFM, Silva GN, Godoy JM, Machado WTV, Hauser-Davis RA. A global survey on total arsenic concentrations in sharks. *Environ Monit Assess.* 2025;197:444-55.
7. United States Environmental Protection Agency. EPA Region III risk-based concentration (RBC) table 2008. Washington (DC): US EPA; 2012.
8. United States Environmental Protection Agency. IRIS toxicity values: reference dose and reference concentration processes. Washington (DC): US EPA; 2002.
9. United States Environmental Protection Agency. Risk assessment guidance for Superfund: Volume 1 human health evaluation manual. Part B. Development of risk-based preliminary remediation goals. Publication 9285.7-01B. Washington (DC): US EPA; 1991.

10. United States Environmental Protection Agency. Risk-based concentration. Washington (DC): US EPA; 2010. Available from: <http://www2.epa.gov/risk/risk-based-screening-table-generic-tables>
11. United States Environmental Protection Agency. Supplemental guidance for developing soil screening levels for Superfund sites. Office of Solid Waste and Emergency Response. OSWER 9355.4-24. Washington (DC): US EPA; 2002. Available from: [https://rais.ornl.gov/documents/SSG\\_nonrad\\_supplemental.pdf](https://rais.ornl.gov/documents/SSG_nonrad_supplemental.pdf)
12. Yee D. Technical data report: human health risk assessment. AMEC Earth & Environmental; 2010. Available from: [https://iaac-aeic.gc.ca/050/documents\\_staticpost/cearref\\_21799/2424/human\\_health\\_risk\\_assessment.pdf](https://iaac-aeic.gc.ca/050/documents_staticpost/cearref_21799/2424/human_health_risk_assessment.pdf)