

## AVALIAÇÃO DE RISCO À SAÚDE HUMANA EM UMA ÁREA CONTAMINADA POR BTEX NO RIO GRANDE DO SUL

JÚLIA CELESTINO LUÇARDO<sup>1</sup>;  
TIRZAH MOREIRA SIQUEIRA<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Universidade Federal de Pelotas – lucardojulia@gmail.com*

<sup>2</sup>*Universidade Federal de Pelotas – tirzahsiqueira@hotmail.com*

### 1. INTRODUÇÃO

A contaminação do solo e da água proveniente de atividades antrópicas é uma preocupação crescente, especialmente em países industrializados (Ajibade, 2021). Essa contaminação decorre principalmente de práticas como o descarte ilegal de resíduos, o lançamento de efluentes sem tratamento, atividades de mineração e acidentes no transporte de substâncias tóxicas (Crini et al., 2022). Os contaminantes, ao entrarem em contato com o ambiente, podem se acumular na superfície ou subsuperfície, dependendo de suas propriedades físico-químicas. Entre eles, destacam-se os derivados de petróleo, que liberam uma variedade de substâncias nocivas no ambiente, como os BTEX (benzeno, tolueno, etilbenzeno e xilenos). A exposição a esses compostos pode causar dores de cabeça, náuseas, distúrbios no sistema nervoso e até doenças graves como a leucemia mieloide aguda, causada pela exposição ao benzeno (Figueiredo et al., 2021).

Dada a gravidade desses efeitos, a remediação de áreas contaminadas é essencial. No entanto, em alguns casos, as metas de remediação são difíceis de serem atingidas, tornando o processo caro e ineficaz. Para lidar com essa dificuldade, foi desenvolvida a Avaliação de Risco à Saúde Humana (ARSH), proposta pela Agência de Proteção Ambiental dos EUA (USEPA, 1989). Esse método estima quantitativamente os riscos da exposição a áreas contaminadas. Para gerenciar esses riscos, a metodologia Risk Based Corrective Action (RBCA), da American Society for Testing and Materials (ASTM), propõe um processo em três etapas com 10 passos para auxiliar na tomada de decisões sobre a gestão de riscos, estabelecendo concentrações aceitáveis de contaminantes com base no risco (ASTM, 2015).

Dessa forma, o presente estudo teve como objetivo avaliar o risco à saúde humana através do contato dermal com solo superficial contaminado por BTEX.

### 2. METODOLOGIA

A área contaminada trata-se de um trecho entre as rodovias ERS-118 e BR-290, no Rio Grande do Sul (Figura 1), onde houve o tombamento de um veículo, que ocasionou o derramamento do produto transportado (gasolina).

Para esta ARSH foram considerados, dentro de um cenário hipotético de contato dermal com o solo superficial contaminado, como receptores em potencial os Trabalhadores de Obras, por se tratar de uma rodovia onde não existem residências ou indústrias dentro do perímetro considerado. Foram avaliados os contaminantes do grupo BTEX. Em seguida, foram calculadas as doses que possivelmente ingressaram no organismo exposto, conforme a

Equação 1, sendo que os parâmetros de exposição estão descritos na Tabela 1, bem como as concentrações dos contaminantes na Tabela 2.

Figura 1: Localização da área contaminada



Fonte: Geoambiental (2023)

$$I = \frac{C.SA.AF.ABS.FE.DE.CF}{AT.PC} \quad (1)$$

Onde:

C= concentração medida do contaminante no solo (mg/kg)

SA= área superficial de pele exposta para contato com o solo (cm<sup>2</sup>)

AF= fator de aderência do solo na pele (mg/cm<sup>2</sup>)

ABS= fator absorção (= 1 para todos os contaminantes)

FE= frequência da exposição (dias/ano)

DE= duração da exposição (anos)

PC= massa corpórea (kg)

AT= tempo ponderado da avaliação (dias)

CF= fator de conversão (10<sup>-6</sup> kg/mg)

Tabela 1: Parâmetros de exposição para Trabalhadores de Obras

PARÂMETRO	CARCINOGENICOS		NÃO CARCINOGENICOS	
	TRABALHADORES DE OBRAS			
AT (dias)	28616		250	
PC (kg)	69		69	
DE (anos)	1		1	
FE (dias/ano)	250		250	
AF (mg/cm <sup>2</sup> )	0,3		0,3	
SA (cm <sup>2</sup> )	3527		3527	

Posteriormente, calculam-se os riscos individualmente para os contaminantes carcinogênicos e não carcinogênicos, conforme as Equações 2 e 3, respectivamente.

$$RC = I \times SF_d \quad (2)$$

Onde:

$RC$  = risco de câncer;

$I$  = dose potencial da via dermal (mg/kg.d);

$SF_d$  = fator potencial de carcinogenicidade dermal (kg.dia/mg).

$$HQ = \frac{I}{RfD_d} \quad (3)$$

Onde:

$HQ$  = quociente de perigo;

$I$  = dose potencial da via dermal (mg/kg.d);

$RfD_d$  = dose de referência dermal para contaminante de interesse (mg/kg.dia)

Para os contaminantes carcinogênicos, o risco não deve exceder o valor de  $10^{-5}$  (TR), enquanto que para os não carcinogênicos, o quociente de perigo deve ser  $<1$  (THQ).

A seguir, as Equações 4 e 5 representam o cálculo das Concentrações Aceitáveis Baseadas no Risco (RBSLs) para efeitos carcinogênicos (C) e não carcinogênicos (NC), respectivamente.

$$RBSLc = \frac{TR.AT.PC}{ABS.SA.AF.FE.DE.CF.SF_d} \quad (4)$$

$$RBSLnc = \frac{THQ.RfD_d.AT.PC}{ABS.SA.AF.FE.DE.CF} \quad (5)$$

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As doses de ingresso ( $I$ ), risco de câncer ( $RC$ ), quociente de perigo ( $HQ$ ) e concentrações aceitáveis baseadas no risco (RBSL) estão descritas na Tabela 2. Observa-se que dentre os contaminantes avaliados, a partir das concentrações presentes na área contaminada, nenhum deles representa risco carcinogênico para contato dermal por receptores Trabalhadores de Obras. Para o composto xileno não foi possível calcular o  $RC$ , por este não se tratar de uma substância comprovadamente carcinogênica e, portanto, não apresentar o parâmetro  $SF_d$ .

Nos casos em que as concentrações dos contaminantes excedem os limites estabelecidos pela legislação, deve-se avaliar se as concentrações excedem também os RBSLs. Nota-se que, para nenhum dos contaminantes avaliados, os RBSLs foram ultrapassados, sendo que quando as concentrações estão abaixo dos RBSLs, não há necessidade de remediação, seguindo-se com o monitoramento, considerando como concentrações de referência os valores de RBSL calculados.

Tabela 2: Doses de ingresso (I), riscos de câncer (RC), quocientes de perigo (HQ) e Concentrações Aceitáveis Baseadas no Risco (RBSL) para os BTEX

Contaminante	C mg/kg	RfD <sub>d</sub> mg/kg.d	SF <sub>d</sub> kg.d/mg	EFEITOS CARCINOGENICOS		EFEITOS NÃO CARCINOGENICOS		RBSL (mg/kg)
				I (mg/kg.d)	RC	I (mg/kg.d)	HQ	
<b>Benzeno</b>	2,75	4,00E-03	5,50E-02	3,68E-07	2,02E-08	4,24E-05	1,06E-02	2,59E+02
<b>Etilbenzeno</b>	18,29	5,00E-02	1,10E-02	2,45E-06	2,69E-08	2,82E-04	5,65E-03	3,24E+03
<b>Xilenos</b>	87,47	2,00E-01	-	1,17E-05	-	1,35E-03	6,76E-03	1,29E+04

#### 4. CONCLUSÕES

Conforme a ARSH realizada, considerando a via de exposição por contato dermal com solo superficial contaminado para Trabalhadores de Obras como receptores em potencial, apesar do derramamento de substâncias tóxicas no local do acidente, a área estudada não oferece risco para efeitos carcinogênicos e não carcinogênicos. Além disso, os contaminantes não excederam as concentrações máximas aceitáveis, não sendo necessária a remediação da área estudada, sugerindo-se o monitoramento da mesma.

Conclui-se ainda, que a ferramenta aplicada é uma importante medida norteadora para o gerenciamento de áreas contaminadas, possibilitando verificar a real necessidade de ações de remediação, evitando o desperdício de recursos em locais que não representam riscos.

#### 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AJIBADE, Fidelis *et al.* Environmental pollution and their socioeconomic impacts. **Microbed Mediated Remediation Of Environmental Contaminants**, [s. l], p. 321-354, 2021.

ASTM. American Society for Testing and Materials. **Risk-based corrective action applied at petroleum release sites**. ASTM E 1739-95 (Reapproved 2015), 2015.

CRINI, Nadia Morin *et al.* Global cases of water pollution by emerging contaminants: a review. **Environmental Chemistry Letters**, [s. l], v. 20, p. 2311-2338, 2022.

FIGUEIREDO, Victor Oliva *et al.* Avaliação da exposição a BTEX em postos de revenda de combustíveis no Rio de Janeiro, Brasil, e os riscos à saúde do trabalhador. **CSP, Cadernos de Saúde Pública**, [s. l], v. 11, n. 37, p. 1-14, 2021.

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (USEPA). **Risk assessment guidance for superfund: human health evaluation manual (Part A)**. Washington, D.C.: Usepa, 1989. v. 1.