

AVALIAÇÃO DE RISCO À SAÚDE HUMANA EM SOLO SUPERFICIAL CONTAMINADO EM UMA REFINARIA NA REGIÃO SUDESTE DO BRASIL

JÚLIA CELESTINO LUÇARDO¹; LUANA NUNES CENTENO²; SAMANTA TOLENTINO CECCONELLO³; TIRZAH MOREIRA SIQUEIRA⁴

¹Universidade Federal de Pelotas – lucardojulia@gmail.com¹

²Universidade Federal de Pelotas – luananunescenteno@gmail.com²

³Instituto Federal Sul-rio-grandense – samantacecconello@ifsul.edu.br³

⁴Universidade Federal de Pelotas – tirzahsiqueira@gmail.com⁴

1. INTRODUÇÃO

A contaminação do solo e da água em áreas de produção, armazenamento e distribuição de petróleo e seus derivados é um problema recorrente e em escala global. Por serem constituídos majoritariamente por uma mistura complexa de hidrocarbonetos (PRAUCHNER et al. 2022), liberam no meio ambiente diversas substâncias, que em função de suas características físico-químicas e das características do meio onde são liberadas, podem ser considerados contaminantes de interesse se oferecerem risco ao meio ambiente e à saúde humana (CERBARO et al. 2021). Os efeitos mais comuns provocados à saúde humana de, por exemplo, hidrocarbonetos monoaromáticos, são distúrbios acerca do sistema nervoso, dores de cabeça, náuseas, anemia e leucemia (YU et al. 2022).

Sendo a remediação das áreas contaminadas um processo oneroso e, em muitos casos, insuficiente para atingir as concentrações aceitáveis dos contaminantes no meio físico (SIQUEIRA, 2017), surge a Avaliação de Risco à Saúde Humana (ARSH) como alternativa para priorizar ações em localidades que representam maior risco à população exposta (FILHO, ROVERE, SCHNEIDER; 2022). Proposta pela *United States Environmental Protection Agency* (USEPA), a Avaliação de Risco à Saúde Humana fornece uma estimativa quantitativa do risco resultante da exposição à poluição ambiental, podendo ser expressa por meio de um índice numérico que relaciona a intensidade da poluição e os potenciais riscos à saúde humana, sendo realizada em quatro etapas descritas no documento "Risk Assessment Guidance for Superfund" (RAGS) (USEPA, 1989).

Sendo assim, este estudo objetivou avaliar o risco à saúde humana pela exposição de diversas substâncias derivadas do petróleo através do contato dermal com solo superficial contaminado por trabalhadores esporádicos (obras) em uma refinaria da região Sudeste do Brasil.

2. METODOLOGIA

2.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA CONTAMINADA

A área de estudo consiste em um depósito desativado de resíduos oleosos provenientes das atividades de uma refinaria situada na região Sudeste do Brasil. A ocupação ao redor é predominantemente industrial com a presença de assentamentos desordenados (SIQUEIRA, 2017).

2.2 AVALIAÇÃO DE RISCO À SAÚDE HUMANA (ARSH)

Inicialmente, quantifica-se os compostos que possivelmente ingressaram no organismo exposto por uma determinada via de exposição, neste caso o contato dermal com solo superficial, conforme a Equação 1.

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

Onde: I = dose de exposição que ingressa no organismo (mg/kg.d)

C= Concentração do contaminante no solo (mg/kg)

CF= Fator de conversão (kg/mg)

SSA= Área superficial da pele exposta (cm²)

ABS = Fator de absorção (-)

FA= Fator de aderência do solo na pele (mg/cm²)

FE= Frequência da exposição (dias/ano)

DE= Duração da exposição (anos)

PC= Massa corpórea (kg)

AT= Tempo ponderado da avaliação (dias)

Tabela 1: Parâmetros utilizados para ARSH, considerando trabalhadores de obras.

PARÂMETROS	Efeitos Carcinogênicos	Efeitos Não carcinogênicos
AT(anos)	68	1
PC (kg)	70	70
DE(anos)	1	1
FE(d/ano)	180	180
SSA(cm2)	5800	5800
SDAF(mg/cm2/d)	1	1
CF(conversion factor)	1,00E-06	
TR	1,00E-06	
THQ	1	

Após a quantificação das doses de ingresso, o risco é calculado separadamente para os contaminantes carcinogênicos e não carcinogênicos.

Para as substâncias carcinogênicas a dose de exposição (I) é multiplicada por um fator de carcinogenicidade correspondente à via de exposição, neste caso contato dermal com solo superficial, conforme a Equação 2.

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

Onde:

I = dose de ingresso por via de contato (mg.kg⁻¹.dia⁻¹)

SF_d= fator de carcinogenicidade para contato dermal (kg.dia.mg⁻¹)

Para os contaminantes não carcinogênicos, o risco é obtido através da razão entre a dose de ingresso e a dose de referência de determinada substância, denominado quociente de perigo, conforme a Equação 3.

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

Onde:

HQ = quociente de perigo (-);

RfD_d = dose de referência dermal (mg/kg.d).

Para os efeitos carcinogênicos, o risco de câncer (RC) deve ser menor que 1E-06 (TR), e para o quociente de perigo (HQ), se este for superior a 1 (THQ), significa que a dose de exposição é maior que a dose de referência, representando efeitos nocivos à saúde humana.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores obtidos para as doses de ingresso, risco carcinogênico e quociente de perigo estão descritos na Tabela 2. Observa-se que, para cinco substâncias, não foi possível quantificar RC e HQ, pois não foram encontrados valores de SF_d para trabalhadores de obras no banco de dados. Da mesma forma, não foi possível determinar os quocientes de perigo para outras oito substâncias, pois as mesmas não apresentaram doses de referência dermal.

Dos oito contaminantes em que foi possível realizar ARSH, quatro apresentaram risco de carcinogenicidade sendo eles: Crisênio, Benzo(a) Antraceno, Benzo(a)Pireno e Dibenzo(a,h)Antraceno para exposição por contato dermal com solo superficial contaminado.

Tabela 2: Doses de ingresso (I), riscos de câncer (RC) e quocientes de perigo (HQ) dos contaminantes estudados.

CONTAMINANTES	C (mg.kg ⁻¹)	RfD _d (mg.kg.d ⁻¹)	SF _d (mg.kg.d ⁻¹)	CARCINOGÊNICOS		NÃO CARCINOGÊNICOS	
				I (mg.kg.d ⁻¹)	RC	I (mg.kg.d ⁻¹)	HQ
Bezeno	4,00E-01	-	2,99E-02	1,67E-07	4,99E-09	1,14E-05	-
Crisênio	1,31E+02	-	1,29E+00	5,47E-06	7,05E-06	3,72E-04	-
Benzo(a)Antraceno	1,09E+02	-	8,20E-01	4,55E-06	3,73E-06	3,09E-04	-
Benzo(b)Fluoranteno	8,60E+00	-	8,20E-01	3,59E-07	2,94E-07	2,44E-05	-
Benzo(k)Fluoranteno	3,02E+01	-	8,20E-02	1,26E-06	1,03E-07	8,57E-05	-
Benzo(a)Pireno	1,10E+02	-	8,20E+00	4,59E-06	3,76E-05	3,12E-04	-
Benzo(g,h,i)Perileno	2,94E+00	2,67E-02	-	-	-	8,34E-06	3,12E-04
Indeno(1,2,3,c,d)Antraceno	2,36E+01	-	8,20E-01	9,85E-07	8,08E-07	6,70E-05	-
Dibenzo(a,h)Antraceno	1,27E+01	-	8,20E+00	5,30E-07	4,35E-06	3,60E-05	-
Tolueno	3,23E+00	1,60E-01	-	-	-	9,17E-05	5,73E-04
Etilbenzeno	6,49E-01	9,70E-02	-	-	-	1,84E-05	1,90E-04
Xileno, o-	3,54E-01	1,60E+00	-	-	-	1,00E-05	6,28E-06
Xileno, m-	9,41E-02	1,60E+00	-	-	-	2,67E-06	1,67E-06

Nenhum dos contaminantes apresenta risco para efeitos não carcinogênicos para trabalhadores de obras, pois nenhuma HQ excedeu o valor 1.

A presença destes contaminantes pode trazer sérios prejuízos ao meio ambiente, afetando a vida selvagem e os ecossistemas. Além disso, a presença dos mesmos no solo pode resultar na contaminação do lençol freático, alterando a qualidade da água e acarretando em graves problemas de poluição da água potável (ALI et al., 2023). Para os seres humanos, a exposição a tais substâncias pode

representar diversos efeitos nocivos à saúde, dentre eles náuseas, tonturas, dores de cabeça, irritação nos olhos, nariz e garganta (YU et al.,2022).

4. CONCLUSÕES

Do total de substâncias analisadas na avaliação de risco à saúde humana de trabalhadores de obras por contato dermal com solo superficial contaminado, apenas 4 apresentaram risco de câncer, e nenhuma representa risco para efeitos não-carcinogênicos.

A ARSH é uma ferramenta essencial para determinar os perigos que os poluentes ambientais podem representar para a saúde pública e o meio ambiente. Quando substâncias químicas são identificadas com risco de câncer, é fundamental adotar medidas para minimizar a exposição a esses contaminantes. Isso pode incluir regulamentações mais rigorosas, monitoramento ambiental contínuo, implementação de práticas de segurança industrial e ações de remediação ambiental em áreas contaminadas.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALI, M. *et al.* Mechanisms of biostimulant-enhanced biodegradation of PAHs and BTEX mixed contaminants in soil by native microbial consortium. **Environmental Pollution**, [s. l], v. 318, p. 1-14, 2023.

CERBARO, D. *et al.* Compostos voláteis associados ao risco carcinogênico e não carcinogênico. **Eng. Sanit. Ambient.**, [s. l], v. 26, n. 1, p. 133-142, fev. 2021.
PRAUCHNER, M. J. *et al.* Combustíveis Derivados do Petróleo: Obtenção, Propriedades e Usos. **Revista Virtual de Química**, [s. l], v. 15, n. 1, p. 43-60, maio 2022.

SIQUEIRA, T.M. Emprego de fontes de contaminação de diferentes geometrias nas estimativas do risco à saúde humana devido à ingestão de água subterrânea contaminada. **Revista Brasileira de Ciências Ambientais**, n. 43, p. 85-100, 2017.

SOUZA FILHO, A. M. de; LAROVERE, E. L.; SCHNEIDER, M. R.. Processo analítico hierárquico para priorizar a avaliação de riscos ecológicos em áreas contaminadas por petróleo e derivados. **Eng Sanit Ambient**, [s. l], v. 27, n. 5, p. 939-946, out. 2022.

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

YU, B. *et al.* BTEX in the environment: An update on sources, fate, distribution, pretreatment, analysis, and removal techniques. **Chemical Engineering Journal**, [s. l], v. 435, p. 1-25, jan. 2022.