

SEMINARIO

Evaluación de riesgos químicos:

Protegiendo la salud y el ambiente.



Avaliação de Risco no Contexto do Gerenciamento de Áreas Contaminadas pela CETESB

André Silva Oliveira

19/11/2025



Secretaria de Meio Ambiente, Infraestrutura e Logística



SÃO PAULO
GOVERNO DO ESTADO

Manual de Gerenciamento de Áreas Contaminadas



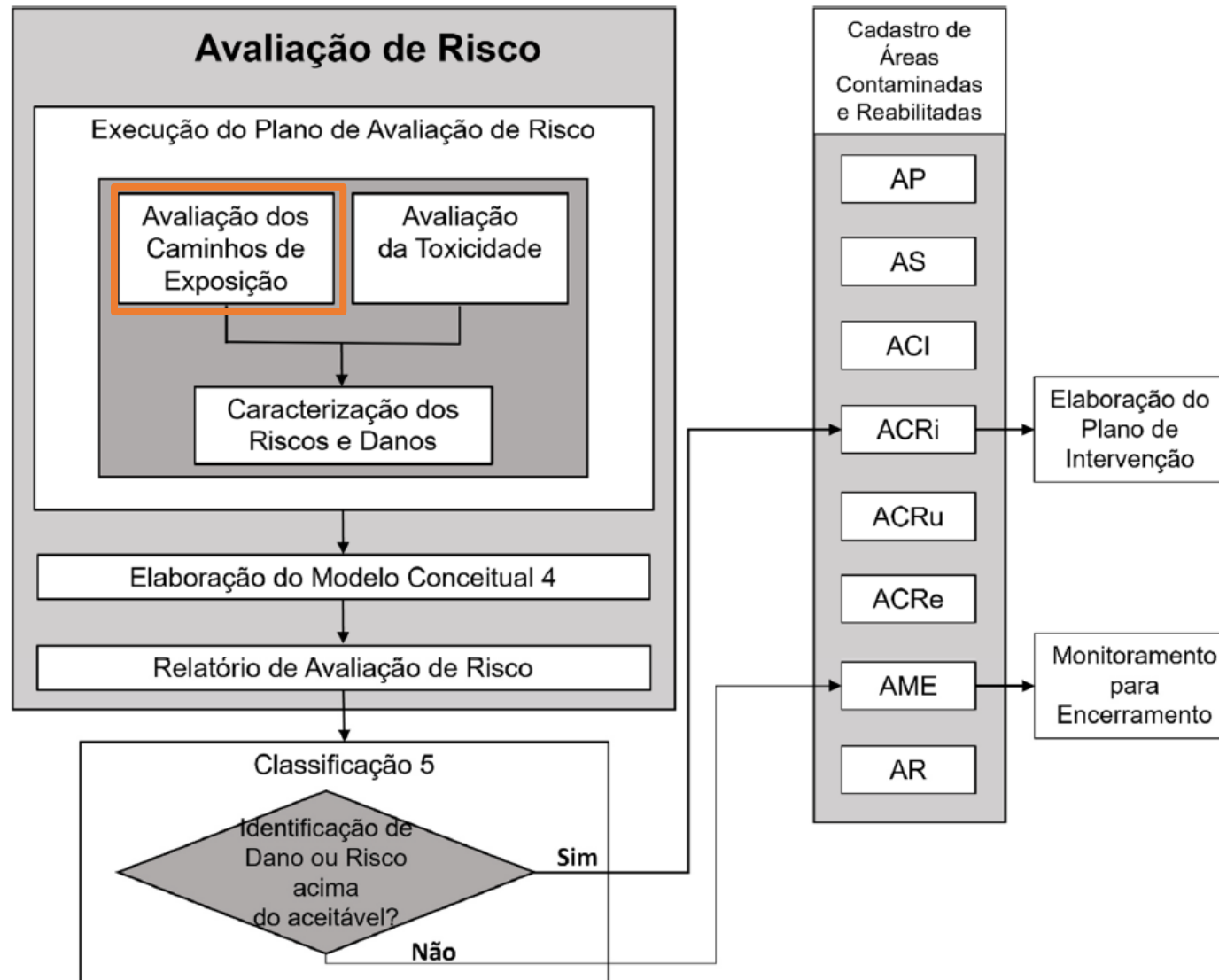
Fonte: CETESB (2025)

Capítulo 8 – Avaliação de Risco		
8.1 Introdução	Publicado	3.2
8.2 Identificação e Caracterização dos Riscos aos Bens a Proteger	Publicado	3.2
8.3 Elaboração do Quarto Modelo Conceitual e Classificação 5	Publicado	3.2
8.4 Relatório de Avaliação de Risco	Publicado	3.1
8.5 Planilha de Avaliação de Risco à Saúde Humana	Publicado	3.2
8.6 Comunicação de Risco	Publicado	3.2

Link: <https://cetesb.sp.gov.br/areascontaminadas/Manual-GAC-3-ed-rev-ampl-2025.pdf>



Fluxograma da Etapa de Avaliação de Risco



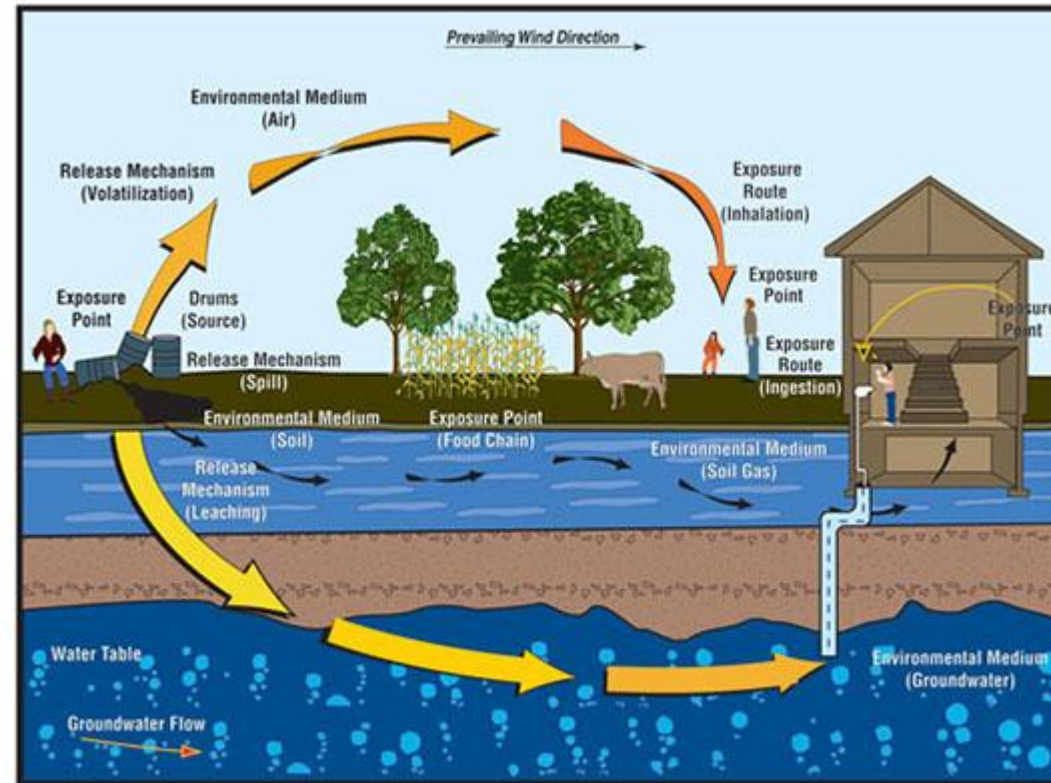
Fonte: CETESB (2025)

Avaliação dos Caminhos de Exposição

Elementos dos Caminhos de Exposição

Elementos do Caminho de Exposição:

1. Fonte de contaminação
2. Caminho de exposição
3. Ponto de Exposição
4. Concentração de exposição
5. Via de Ingresso (rota de exposição)



Fonte: ATSDR (2022)

Avaliação da Exposição

Determinação do ingresso (Dose Diária Média)

Fórmula geral:

$$Ingresso = Cx(IRxAF) \times \frac{1}{BW} \times \frac{EF \times ED}{AT}$$

Onde:

Ingresso – Dose diária média (mg/dia x Kg⁻¹)

C – Concentração no ponto de exposição (mg/Kg - solo ou mg/L - água ou µg/m³ - ar)

IR – Taxa de entrada ou absorção

AF – Fator de absorção

BW – Peso corporal (Kg)

EF – Frequência da exposição (dias/ano)

ED - Duração da exposição (ano)

AT – Tempo médio em que a exposição é avaliada (dias)

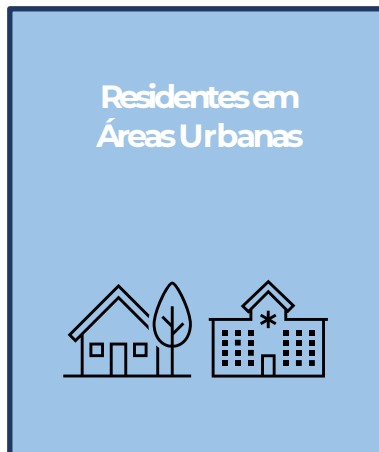
Relação com a fórmula de ingresso existente no Manual de GAC:

CR = IR x AF

EFD = EF x ED

Planilhas de Avaliação de Risco da CETESB

Quatro planilhas



Acesso às Planilhas de Avaliação de Risco da CETESB

<https://cetesb.sp.gov.br/areas-contaminadas/documentacao/planilhas-para-avaliacao/>

Planilhas para Avaliação de Risco

https://cetesb.sp.gov.br/areas-contaminadas/documentacao/planilhas-para-avaliacao/

INÍCIO DOCUMENTAÇÃO LEGISLAÇÃO PARECER TÉCNICO ÁREAS CONTAMINADAS CRÍTICAS RELAÇÃO DE ÁREAS CONTAMINADAS CONVOCAÇÕES FEPRAC

INSTALAÇÃO

As planilhas estão divididas em quatro arquivos, devendo ser utilizadas separadamente para a quantificação do risco à saúde humana e o estabelecimento das CMAs para o cenário de exposição considerado:

- Residentes em Áreas Urbanas
- Residentes em Áreas Rurais
- Trabalhadores Comerciais/Industriais
- Trabalhadores em Obras Civas

Ao abrir o arquivo, permitir a execução de macros.

CONTROLE DE VERSÕES

Uma vez que sejam realizadas modificações para corrigir problemas detectados nas planilhas, a nova versão será publicada em substituição à anterior, com indicação da versão atualizada e o erro corrigido ou ajuste realizado.

VERSÃO	DATA	CORREÇÕES/AJUSTES
V 3_0	27/08/2021	Atualização dos dados toxicológicos e físico químicos da versão de maio de 2021
V 3_01	08/10/2021	Correção da planilha de trabalhador de obras - aba SQI - entrada de dados bloqueada Todas as planilhas - correção de fórmula na aba CMA
V 3.02	20/12/2022	Atualização dos bancos de dados toxicológicos e físico químicos para a versão de novembro de 2022 disponível no site da EPA "Regional Screening Levels - RSLs" (https://www.epa.gov/risk/regional-screening-levels-rsls).
V 3.03	24/03/2023	Correção da identificação dos PCBs e das faixas do TPH

Problemas detectados poderão ser comunicados à CETESB por meio do endereço ira_cetesb@sp.gov.br.

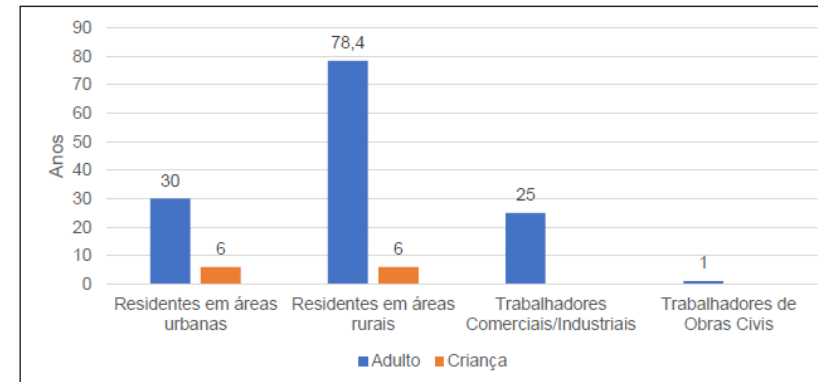
Facebook LinkedIn

Planilha de Avaliação de Risco

Tipos de Receptores

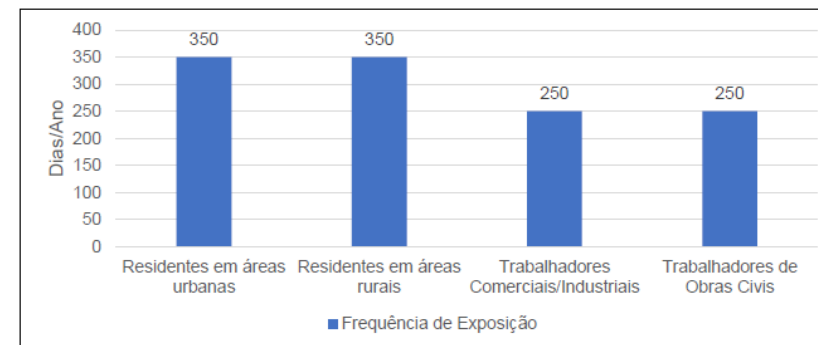
- **Residencial Urbano**
 - Adulto em ambiente residencial urbano
 - Criança em ambiente residencial urbano
- **Residencial Rural**
 - Adulto em ambiente residencial rural
 - Criança em ambiente residencial rural
- **Comercial/ Industrial**
 - Adulto em ambiente comercial
 - Adulto em ambiente industrial
- **Trabalhador de obras**
 - Trabalhador adulto em obra civil

Figura 8.2-1 – Parâmetro ED – Duração da exposição (anos)



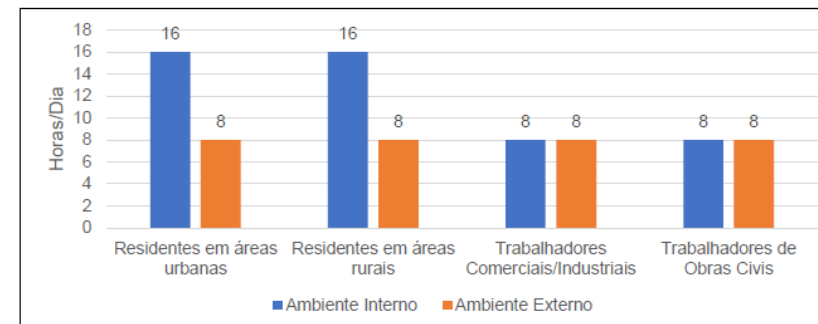
Fonte: CETESB (2023)

Figura 8.2-2 – Parâmetro EF – Frequência de exposição (dias/ano)



Fonte: CETESB (2023)

Figura 8.2-3 – Parâmetro ET – Tempo de exposição para inalação de vapores em ambientes abertos e fechados (horas/dia)



Fonte: CETESB (2025)

Planilha de Avaliação de Risco da CETESB

Dados de entrada e saída

Data:		Projeto/Identificação da área:									
MODELO CONCEITUAL DE EXPOSIÇÃO											
CETESB	MEIO FÍSICO	VIAS DE INGRESSO						RESIDENCIAL URBANO			
								CRIANÇA		ADULTO	
								RECEPTOR NA FONTE	RECEPTOR FORA DA FONTE	RECEPTOR NA FONTE	RECEPTOR FORA DA FONTE
CAMINHOS DE EXPOSIÇÃO	SOLO	SUPERFICIAL	CONTATO DIRETO	INALAÇÃO	VAPORES	<input checked="" type="checkbox"/>	NÃO APLICÁVEL	NÃO APLICÁVEL	NÃO APLICÁVEL	NÃO APLICÁVEL	NÃO APLICÁVEL
					PARTÍCULAS	<input checked="" type="checkbox"/>					
				CONTATO DÉRMICO	<input checked="" type="checkbox"/>						
		SUBSUPERFICIAL	CONTATO DIRETO	INGESTÃO	<input checked="" type="checkbox"/>						
				INGESTÃO DE VEGETAIS	<input checked="" type="checkbox"/>						
				INALAÇÃO	<input checked="" type="checkbox"/>						
	ÁGUA	SUBTERRÂNEA	CONTATO DIRETO	INALAÇÃO	AMBIENTES ABERTOS	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
					AMBIENTES FECHADOS	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
				CONTATO DÉRMICO	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>			
		SUPERFICIAL	RECREAÇÃO	INGESTÃO	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
				INALAÇÃO	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
				CONTATO DÉRMICO	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
AR	INGESTÃO	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>					
SEDIMENTO	CONTATO DÉRMICO	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>					

Dados de Entrada (campos editáveis)

- Cenários
- SQIs
- Meio físico
- Concentrações nos pontos de exposição (PDE)

Dados de Saída

- Riscos solo
- Riscos água subterrânea
- Riscos ar ambiente e ar do ao
- Concentrações Máximas Aceitáveis (CMAs)

Planilha de Avaliação de Risco da CETESB

Banco de dados

Data:		Projeto/Identificação da área:										
MODELO CONCEITUAL DE EXPOSIÇÃO												
CETESB	MEIO FÍSICO	VIAS DE INGRESSO										
		RESIDENCIAL URBANO										
		CRIANÇA					ADULTO					
				RECEPTOR NA FONTE	RECEPTOR FORA DA FONTE	RECEPTOR NA FONTE	RECEPTOR FORA DA FONTE					
CAMINHOS DE EXPOSIÇÃO	SOLO	SUPERFICIAL	CONTATO DIRETO	INALAÇÃO	VAPORES	<input checked="" type="checkbox"/>	NÃO APLICÁVEL	<input checked="" type="checkbox"/>	NÃO APLICÁVEL			
					PARTÍCULAS	<input checked="" type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>				
					CONTATO DÉRMIICO	<input checked="" type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>				
			INGESTÃO	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>							
			INGESTÃO DE VEGETAIS	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>							
			INGESTÃO DE VEGETAIS	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>							
		SUBSUPERFICIAL	INALAÇÃO	AMBIENTES ABERTOS	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>				
				AMBIENTES FECHADOS	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>				
				INGESTÃO DE ÁGUA SUBTERRÂNEA A PARTIR DA LIXIVAÇÃO	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>				
		SUBTERRÂNEA	INALAÇÃO	AMBIENTES ABERTOS	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>				
				AMBIENTES FECHADOS	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>				
				CONTATO DÉRMIICO	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>				
		SUPERFICIAL	RECREAÇÃO	INALAÇÃO	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				
				INGESTÃO	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				
				CONTATO DÉRMIICO	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				
	AR	INALAÇÃO			<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				
	SEDIMENTO	INGESTÃO			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				
		CONTATO DÉRMIICO			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				

Banco de Dados

- Fatores diversos
- Fatores de ingresso
- Parâmetros do meio físico
- Parâmetros de exposição
- Banco de dados físico-químicos
- Banco de dados toxicológicos
- Referências bibliográficas



Planilha de Avaliação de Risco da CETESB

Caminhos de Exposição

campos editáveis

Data		Projeto/Identificação da área										
MODELO CONCEITUAL DE EXPOSIÇÃO												
CETESB	MEIO FÍSICO	VIAS DE INGRESSO				RESIDENCIAL URBANO						
						CRIANÇA		ADULTO				
				RECEPTOR NA FONTE	RECEPTOR FORA DA FONTE	RECEPTOR NA FONTE	RECEPTOR FORA DA FONTE					
CAMINHOS DE EXPOSIÇÃO	SOLO	SUPERFICIAL	CONTATO DIRETO	INALAÇÃO	VAPORES	<input checked="" type="checkbox"/>	NÃO APLICÁVEL	<input checked="" type="checkbox"/>	NÃO APLICÁVEL			
					PARTICULAS	<input checked="" type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>				
				CONTATO DERMICO		<input checked="" type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>				
				INGESTÃO		<input checked="" type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>				
				INGESTÃO DE VEGETAIS		<input checked="" type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>				
	SUBSUPERFICIAL	INALAÇÃO	AMBIENTES ABERTOS		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>				
			AMBIENTES FECHADOS		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>				
			INGESTÃO DE ÁGUA SUBTERRÂNEA A PARTIR DA LIXVIAÇÃO				<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
			CONTATO DERMICO		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>				
			INGESTÃO		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>				
ÁGUA	SUBTERRÂNEA	INALAÇÃO		AMBIENTES ABERTOS	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>				
		AMBIENTES FECHADOS		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>					
		CONTATO DERMICO		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>					
		INGESTÃO		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>					
SUPERFICIAL	RECREAÇÃO	INALAÇÃO		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>					
		INGESTÃO		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>					
		CONTATO DERMICO		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>					
AR	INALAÇÃO				<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				
SEDIMENTO	INGESTÃO				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				
	CONTATO DERMICO				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				

Página 1

> CENÁRIOS SOI Meio Físico PDE PDE Ar Risco Solo Cr Risco Solo Ad Risco AS Cr Risco AS Ad Risco Ar Cr-Ad CMA Solo Cr CMA Solo Ad CMA AS Cr CMA AS Ad CMA AR Cr-Ad

Planilha de Avaliação de Risco da CETESB

Substâncias Químicas de Interesse - SQI

CETESB		Data:	0	Identificação da área:	0	PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS																
PARÂMETROS	CAS N°	PM (g/mol)	CTE ADMENSIONAL DE HENRY	Densidade (g/ml)	Koc (L/kg)	Solubilidade (mg/L água)	DIFUSIVIDADE DE NO AR (cm ² /s)	DIFUSIVIDADE DE NA ÁGUA (cm ² /s)	PONTO DE FUSÃO (°C)	Kd (L/kg)	Meia Vida (ano)	PC (cm/hora)	Log Kov	Pressão de vapor (Pa)	Fator de Bioconcentração para Metais (raiz)	Fator de Bioconcentração para Metais (folhas/estrutura)	B	tevent	t*	FA	Volátil	
1																						
2																						
3																						
4																						
5																						
6																						
7																						
8																						
9																						
10																						
11																						
12																						
13																						
14																						
15																						
16																						
17																						
18																						
19																						
20																						
21																						
22																						
23																						
24																						
25																						
26																						
27																						
28																						
29																						
30																						

CETESB		PARÂMETROS TOXICOLÓGICOS																				
PARÂMETROS	CAS N°	EVIDÊNCIA DE CÂNCER	DOSE DE REFERÊNCIA (RID)						FATOR DE CARCINOGENICIDADE			ABD ₀₁	ABS ₂	TIPO	IUR (ug/m ³)-1	RfCi (mg/m ³)	Potabilidade	Fator Biodisponibilidade relativa				
			INGESTÃO		INALAÇÃO		DERMICO		Sf ₀ (mg/kg-day)-1	Sf ₁ (mg/kg-day)-1	Sf _d (mg/kg-day)-1											
			RID ₀ (mg/kg-day)	REFERÊNCIA	RID _i (mg/kg-dia)	REFERÊNCIA	RID _d (mg/kg-day)	REFERÊNCIA														
1																						
2																						
3																						
4																						
5																						
6																						
7																						
8																						

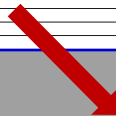
Página 1

Planilha de Avaliação de Risco da CETESB

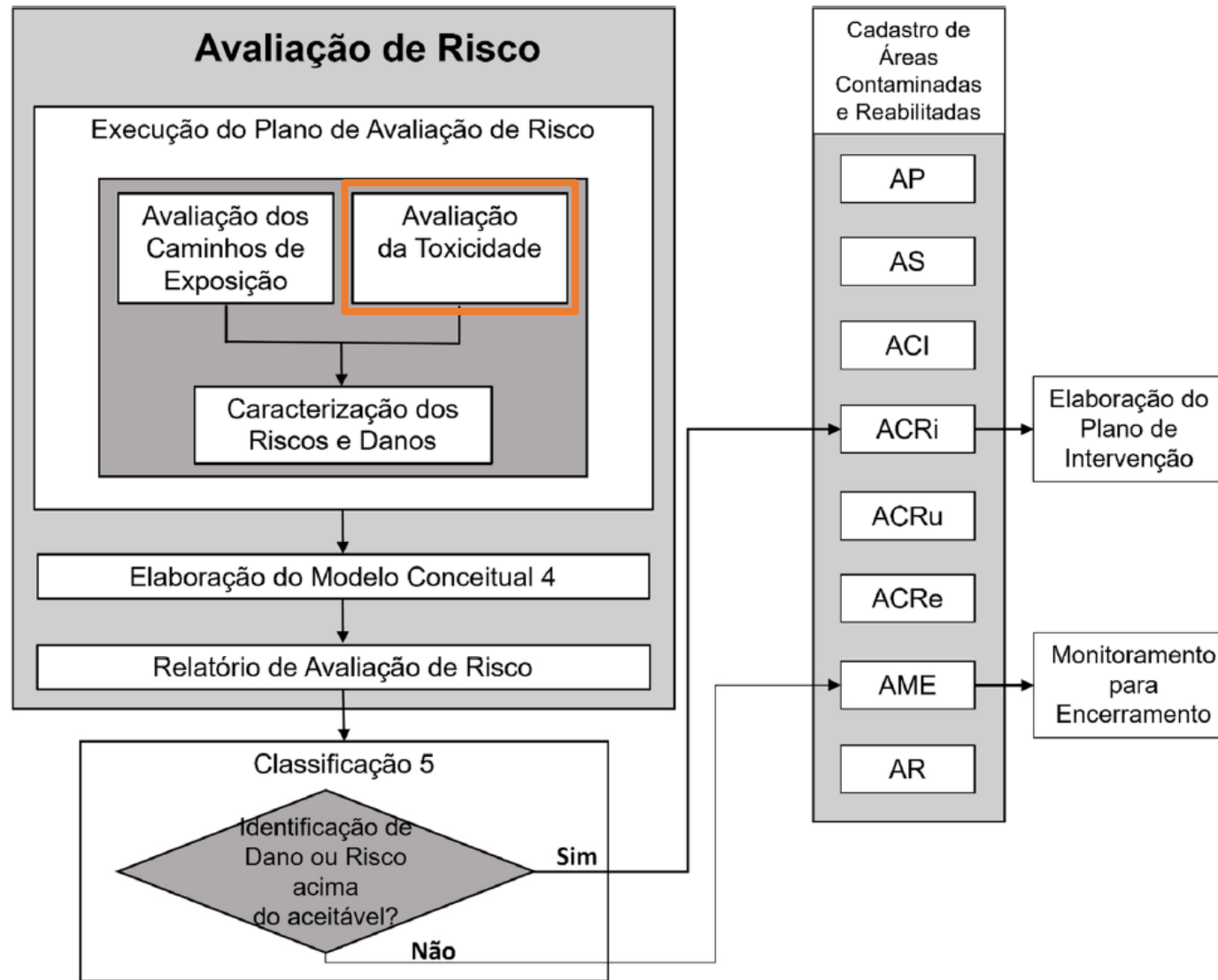
Concentração de Exposição

DATA: 0		IDENTIFICAÇÃO DA ÁREA: 0		CONCENTRAÇÕES DAS SQIs NO SOLO E ÁGUAS SUBTERRÂNEAS																
CETESB	CONTAMINANTE	DISTÂNCIA DA FONTE AO PONTO DE EXPOSIÇÃO (centímetros)	CONCENTRAÇÃO NA FONTE						CONCENTRAÇÃO NO PONTO DE EXPOSIÇÃO											
			SOLO		ÁGUA SUBTERRÂNEA	FAN CALCULADO	FAN SUGERIDO PELO USUÁRIO	FAN PARA CÁLCULO	NA FONTE DE CONTAMINAÇÃO				FORA DA FONTE DE CONTAMINAÇÃO							
			SOLO		ÁGUA SUBTERRÂNEA	FAN CALCULADO	FAN SUGERIDO PELO USUÁRIO	FAN PARA CÁLCULO	AR		AR		ÁGUA SUBTERRÂNEA		ÁGUA SUPERFICIAL	Estimativa de contaminação				
			SUPERFICIAL	SUBSUPERFICIAL					A PARTIR DO SOLO SUBSUPERFICIAL	A PARTIR DA ÁGUA SUBTERRÂNEA	A PARTIR DA ÁGUA SUBTERRÂNEA	A PARTIR DA LIXIVAÇÃO DO SOLO	A PARTIR DO TEAREPORTE SATURADO							
CAS Nº			(mg/kg)	(mg/kg)	(mg/L)	(-)	(-)	(-)	ÁGUA SUBTERRÂNEA A PARTIR DA LIXIVAÇÃO DO SOLO SUBSUPERFICIAL (mg/L)		(mg/m³)	(mg/m³)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	Concentração SQI no Desenvolvimento radicular (Cpr) (mg/kg dw)				
									AMBIENTES ABERTOS	AMBIENTES FECHADOS	AMBIENTES ABERTOS	AMBIENTES FECHADOS	AMBIENTES ABERTOS	AMBIENTES FECHADOS	A PARTIR DA LIXIVAÇÃO DO SOLO	A PARTIR DO TEAREPORTE SATURADO				
1																				
2																				
3																				
4																				
5																				
6																				
7																				
8																				
9																				
10																				
11																				
12																				
13																				
14																				
15																				
16																				
17																				
18																				
19																				
20																				
21																				
22																				
23																				
24																				
25																				
26																				
27																				
28																				
29																				
30																				

Página 1
campos editáveis



Fluxograma da Etapa de Avaliação de Risco



Fonte: CETESB (2025)

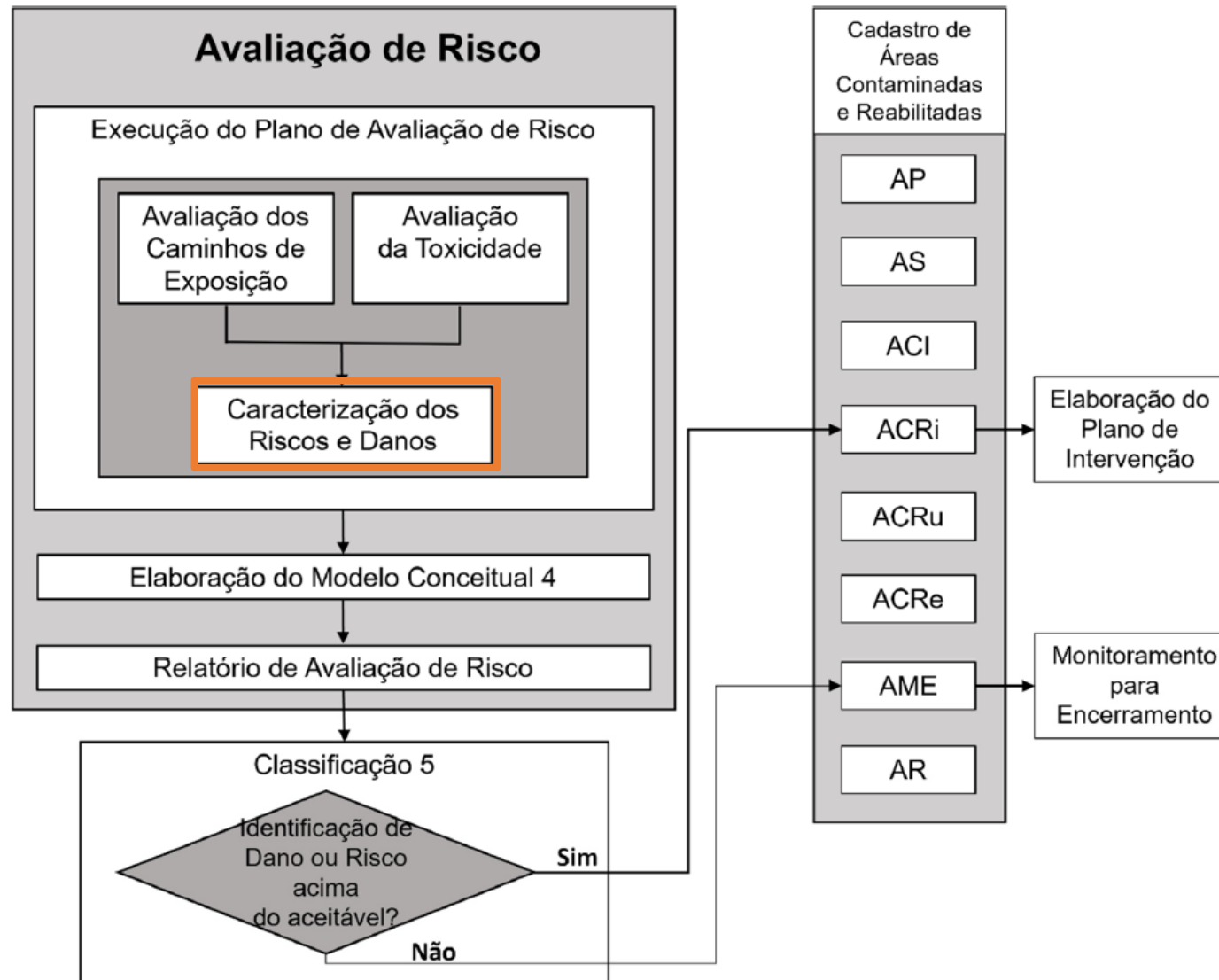


Planilha de Avaliação de Risco da CETESB

Informações Toxicológicas dos Contaminantes - Regional Screening Levels (RSLs) - EPA

- **1. Integrated Risk Information System – IRIS, desenvolvido pela USEPA.**
- **2. Provisional Peer Reviewed Toxicity Values – PPRTV, desenvolvido pela USEPA.**
- **3. Outros bancos de dados:**
 - a. *The California Environmental Protection Agency Toxicity Values*, desenvolvido pela Agência Ambiental do Estado da Califórnia.
 - b. *The Agency for Toxic Substances and Diseases Registry (ATSDR) Minimal Risk Levels.*

Fluxograma da Etapa de Avaliação de Risco



Fonte: CETESB (2025)



Caracterização dos Riscos

Resolução CONAMA nº 420/2009

Substâncias Carcinogênicas

$$Risco = I \times SF$$

Risco Aceitável

$$Risco < 10^{-5}$$

Substâncias Não Carcinogênicas

$$Risco = \frac{I}{RfD}$$

Risco Aceitável

$$Risco < 1$$

Planilha de Avaliação de Risco da CETESB

Cálculo dos Riscos

DATA: 14/10/2025		IDENTIFICAÇÃO DA ÁREA: Auto Posto Exemplo Ltda.														
CETESB	CONTAMINANTE	EFEITO	RISCO CARCINOGENICO E NÃO CARCINOGENICO PARA SOLO SUPERFICIAL E SUBSUPERFICIAL										RISCO CUMULATIVO POR SQT PARA RECEPTOR NA FONTE DE CONTAMINAÇÃO	RISCO CUMULATIVO POR SQT PARA RECEPTOR FORA DA FONTE DE CONTAMINAÇÃO		
			RESIDENCIAL URBANO					CRIANÇA								
			RECEPTOR NA FONTE DE CONTAMINAÇÃO												RECEPTOR FORA DA FONTE DE CONTAMINAÇÃO	
			SUPERFICIAL					SUBSUPERFICIAL							SUBSUPERFICIAL	
CAS Nº	CONTATO DIRETO		INGESTÃO DE VEGETAIS		INGESTÃO DE ÁGUA SUBTERRÂNEA A PARTIR DA LIXIVIAÇÃO DO SOLO		INGESTÃO DE ÁGUA SUBTERRÂNEA A PARTIR DA LIXIVIAÇÃO DO SOLO									
	INALHAÇÃO		CONTATO DÉRMICO	INGESTÃO	INGESTÃO DE COMPOSTOS METÁLICOS	INGESTÃO DE COMPOSTOS ORGÂNICOS	AMBIENTES ABERTOS	AMBIENTES FECHADOS								
	VAPORES	PARTÍCULAS														
1	71-43-2	Benzene	C	0,00E+00	0,00E+00	-	0,00E+00	-	0,00E+00	6,63E-08	1,21E-05	2,20E-04	1,54E-06	2,32E-04	1,54E-06	
			NC	0,00E+00	0,00E+00	-	0,00E+00	-	0,00E+00	3,70E-03	6,75E-01	1,31E+01	9,16E-02	1,38E+01	9,16E-02	
2	108-88-3	Toluene	C	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
			NC	0,00E+00	0,00E+00	-	0,00E+00	-	0,00E+00	2,77E-04	5,06E-02	5,68E+00	4,64E-18	5,73E+00	4,64E-18	
3	100-41-4	Ethylbenzene	C	0,00E+00	0,00E+00	-	0,00E+00	-	0,00E+00	2,65E-08	4,84E-06	2,22E-05	3,43E-13	2,71E-05	3,43E-13	
			NC	0,00E+00	0,00E+00	-	0,00E+00	-	0,00E+00	1,39E-04	2,53E-02	5,28E-01	8,15E-09	5,54E-01	8,15E-09	
4	1330-20-7	Xylenes	C	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
			NC	0,00E+00	0,00E+00	-	0,00E+00	-	0,00E+00	4,16E-02	7,59E+00	4,55E+00	1,58E-05	1,22E+01	1,58E-05	
5			C	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
			NC	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
6			C	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
			NC	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
7			C	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
			NC	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
RISCO CUMULATIVO POR CENÁRIO			SUBSTÂNCIAS CARCINOGENICAS	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	9,28E-08	1,69E-05	2,42E-04	1,54E-06			
			SUBSTÂNCIAS NÃO CARCINOGENICAS	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	4,57E-02	8,34E+00	2,38E+01	9,16E-02			
Risco Máximo Aceitável para Substâncias Carcinogênicas				1,00E-05												
Quociente de Perigo Máximo Aceitável para Substâncias não Carcinogênicas				1												

Concentração máxima aceitável - CMA

Exemplo para risco carcinogênico

$$\text{Risco} = \text{Ingresso} \times SF$$

$$\text{Ingresso} = C \times (IR \times AF) \times \frac{1}{BW} \times \frac{EF \times ED}{AT}$$

$$\text{Risco} = \left(C \times (IR \times AF) \times \frac{1}{BW} \times \frac{EF \times ED}{AT} \right) \times SF$$

$$10^{-5}$$

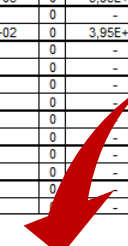
$$10^{-5} = \left(CMA \times (IR \times AF) \times \frac{1}{BW} \times \frac{EF \times ED}{AT} \right) \times SF$$

$$CMA = \frac{10^{-5}}{SF} \times \frac{BW}{IR \times AF} \times \frac{AT}{EF \times ED}$$

Planilha de Avaliação de Risco da CETESB

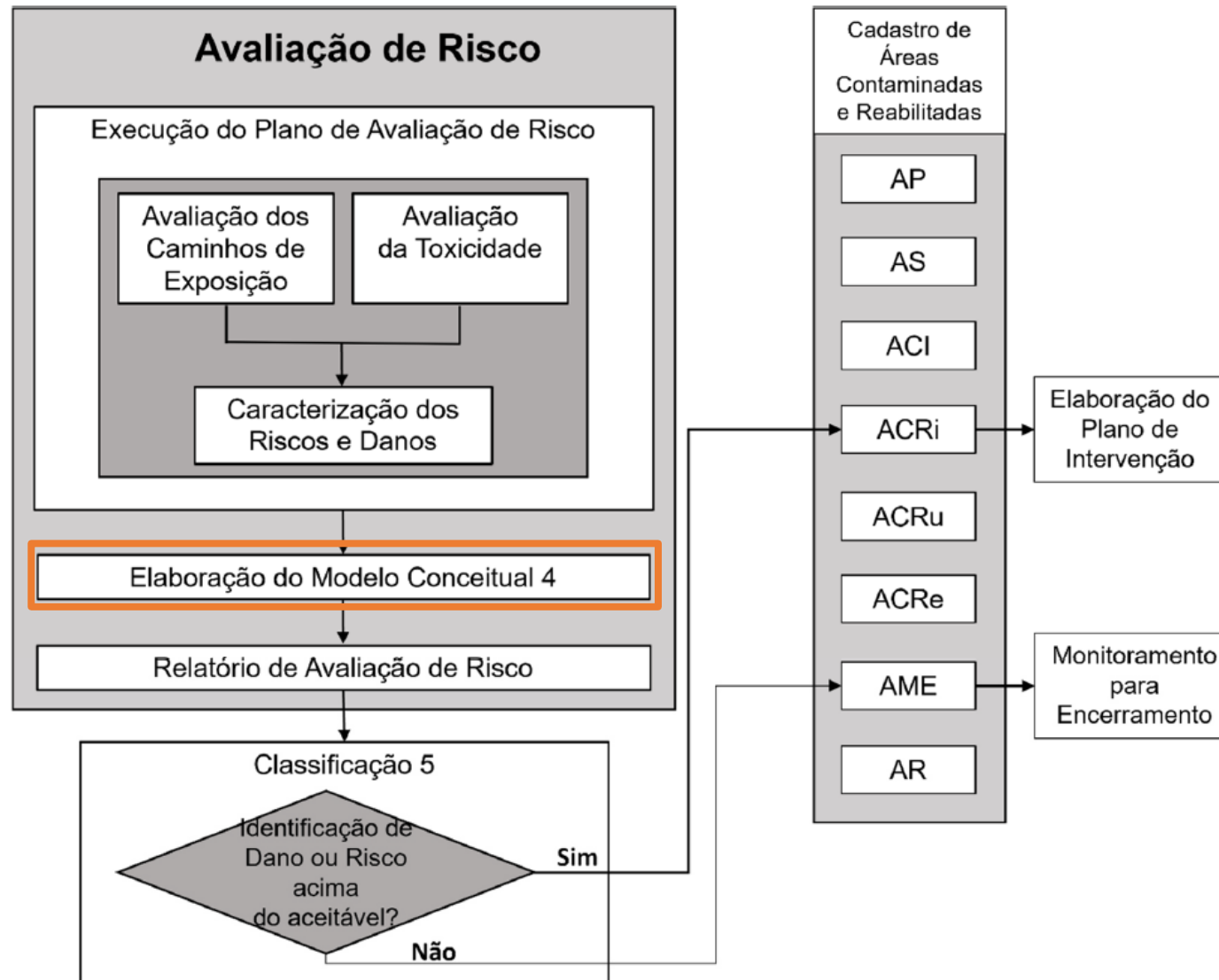
Concentrações Máximas Aceitáveis

DATA: 14/10/2025		IDENTIFICAÇÃO DA ÁREA: Auto Posto Exemplo Ltda.																					
CETESB	CONTAMINANTE	EFETO	CONCENTRAÇÕES MÁXIMAS ACEITÁVEIS PARA SOLO SUPERFICIAL E SUBSUPERFICIAL															NA FONTE DE CONTAMINAÇÃO A UMA DISTÂNCIA DO PONTO DE EXPOSIÇÃO					
			RESIDENCIAL URBANO							CRIANÇA													
			NO PONTO DE EXPOSIÇÃO															SUBSUPERFICIAL					
			SUPERFICIAL							SUBSUPERFICIAL													
CAS Nº	CONTATO DIRETO				INGESTÃO DE VEGETAIS				INALAÇÃO				INGESTÃO DE ÁGUA SUBTERRÂNEA A PARTIR DA LIXIVIAÇÃO DO SOLO		LIXIVIAÇÃO PARA ÁGUA SUBTERRÂNEA								
	INALAÇÃO		CONTATO DERMICO	INGESTÃO	INGESTÃO DE COMPOSTOS METÁLICOS		INGESTÃO DE COMPOSTOS ORGÂNICOS		AMBIENTES ABERTOS		AMBIENTES FECHADOS		mg/kg	mg/kg									
VAPORES	PARTÍCULAS	mg/kg			mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg			mg/kg								
1	71-43-2	Benzene	C	8,33E+02	0	1,66E+09	0	-	0	1,99E+02	0	-	0	2,33E+01	0	1,21E+02	0	6,62E-01	1	3,63E-02	22	5,19E+00	0
			NC	1,49E+03	0	2,97E+09	0	-	0	3,36E+02	0	-	0	3,93E+01	0	2,16E+02	0	1,19E+00	1	6,12E-02	13	8,73E+00	0
2	108-88-3	Toluene	C	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0
			NC	2,49E+05	0	4,95E+11	0	-	0	6,72E+03	0	-	0	9,17E+02	0	3,60E+04	0	1,98E+02	0	1,76E+00	6	1,57E+18	0
3	100-41-4	Ethylbenzene	C	2,60E+03	0	5,18E+09	0	-	0	9,97E+02	0	-	0	1,84E+02	0	3,77E+02	0	2,07E+00	0	4,50E-01	2	2,91E+07	0
			NC	4,97E+04	0	9,90E+10	0	-	0	4,20E+03	0	-	0	7,74E+02	0	7,21E+03	0	3,95E+01	0	1,89E+00	1	1,23E+08	0
4	1330-20-7	Xylenes	C	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0
			NC	4,97E+03	0	9,90E+09	0	-	0	1,68E+04	0	-	0	2,64E+03	0	7,21E+02	0	3,95E+00	8	6,59E+00	5	1,90E+06	0
5			C	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0
			NC	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0
6			C	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0
			NC	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0
7			C	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0
			NC	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0
8			C	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0
			NC	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0
9			C	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0
			NC	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0



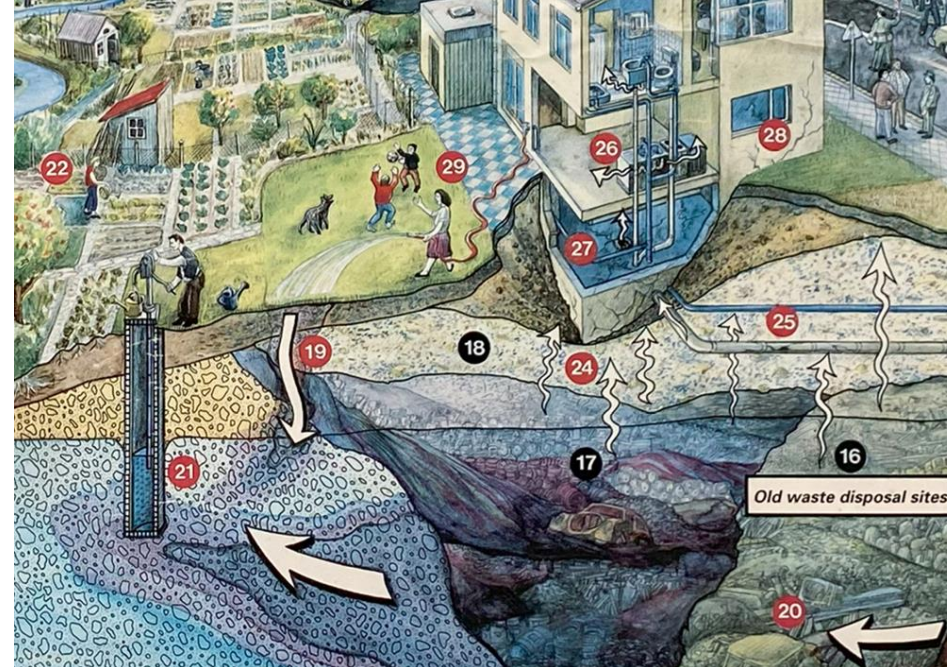
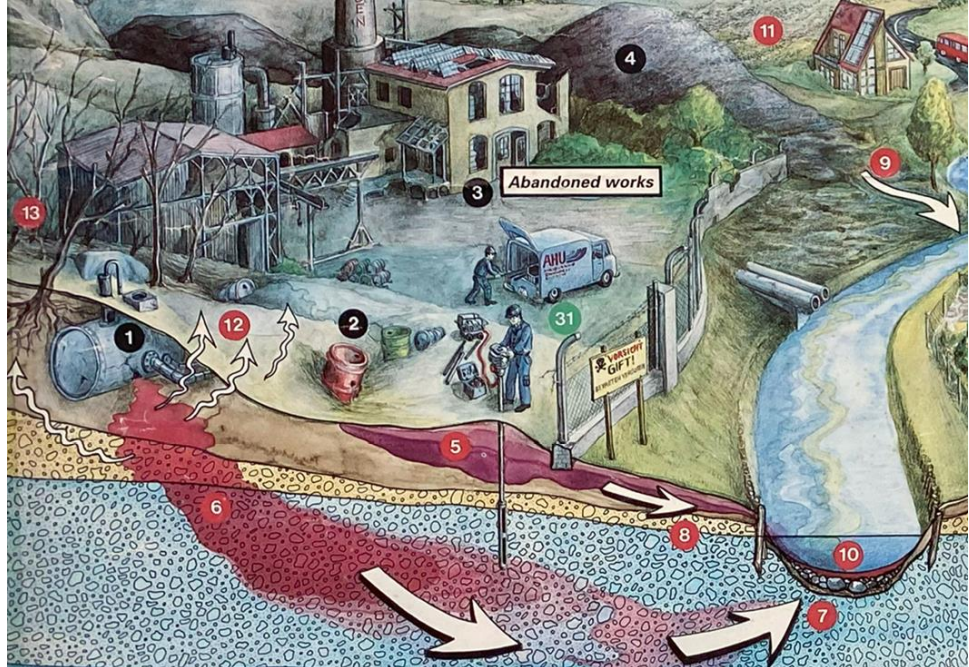
Relação entre a concentração representativa da SQI e a CMA calculada

Fluxograma da Etapa de Avaliação de Risco



Fonte: CETESB (2025)

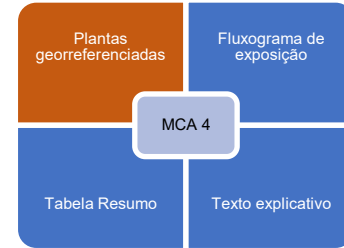




MCA 4 - Quarto Modelo Conceitual da Área

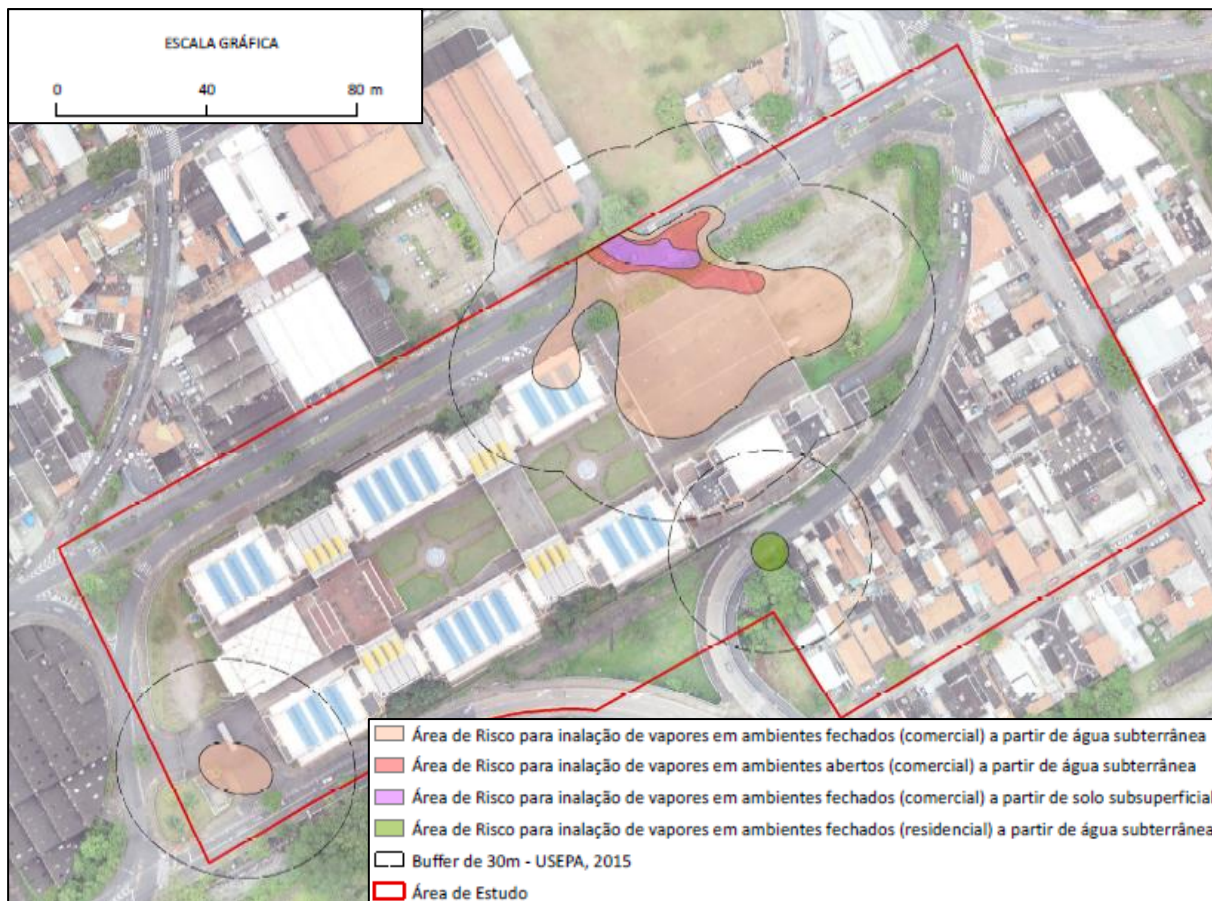


Subetapa MCA 4 - Plantas georreferenciadas



Subetapa MCA 4 - Plantas georreferenciadas

Mapa de risco



Mapa de risco:

Locais onde foram identificados e caracterizados riscos totais inaceitáveis ou danos aos bens a proteger são representados por meio de linhas de isovalores de risco ou de isoconcentrações das CMA estabelecidas para as vias de ingresso identificadas.

Classificação:

Substâncias carcinogênicas:

Risco > 10-4 – Risco inaceitável alto

10-4 > Risco > 10-5 – Risco inaceitável

10-5 > Risco > 10-6 – Risco aceitável

Risco < 10-6 – Risco aceitável baixo (limite do mapa de risco)

Substâncias não-carcinogênicas:

Risco > 10 – Risco inaceitável alto

10 < Risco < 1 – Risco inaceitável

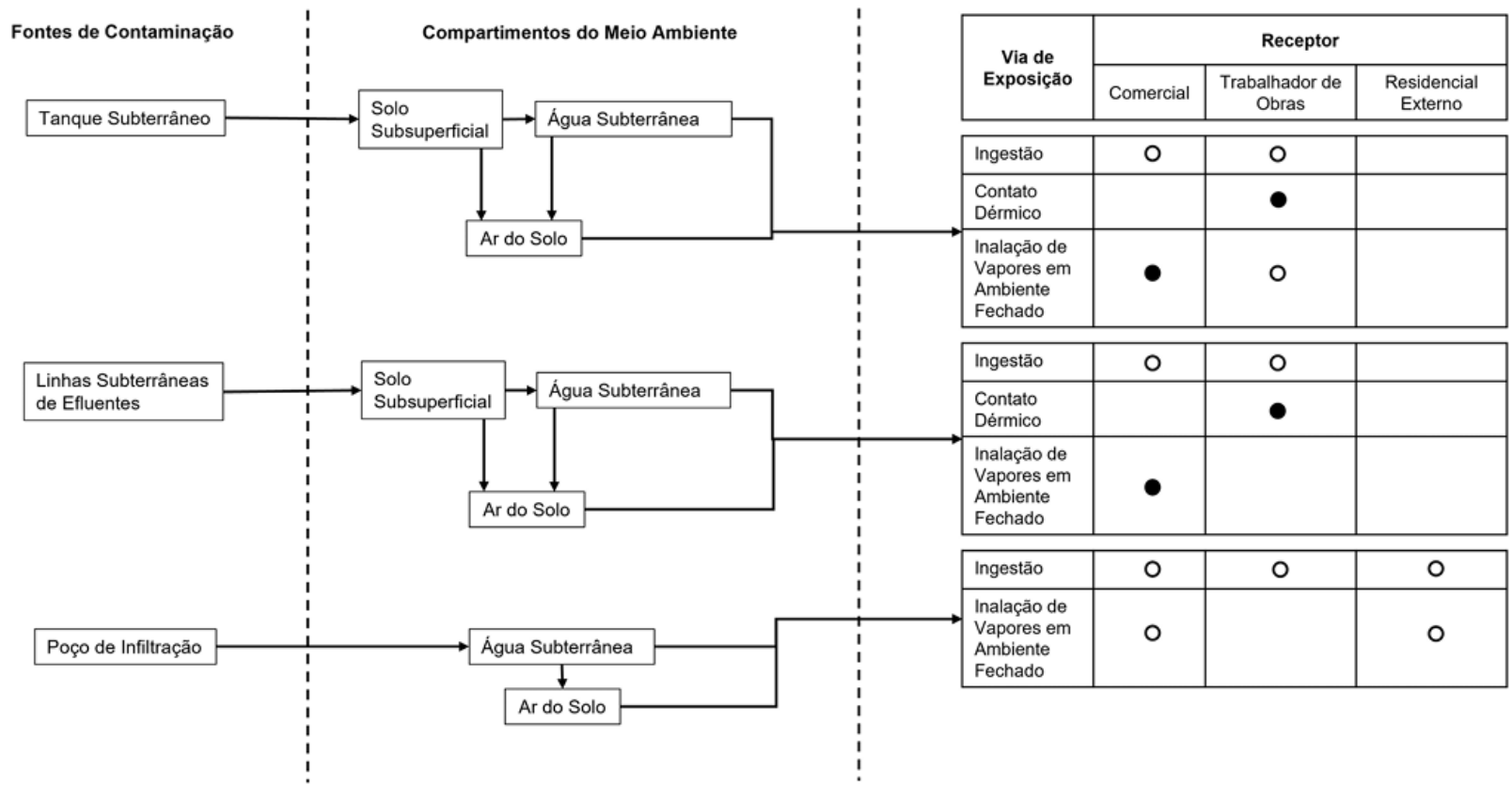
1 < Risco < 0,1 – Risco aceitável

Risco < 0,1 – Risco aceitável baixo (limite do mapa de risco)



Subetapa MCA 4 - Fluxograma de Exposição

Elementos dos Caminhos de Exposição



Via de Exposição	Receptor		
	Comercial	Trabalhador de Obras	Residencial Externo
Ingestão	○	○	
Contato Dérmico		●	
Inalação de Vapores em Ambiente Fechado	●	○	
Ingestão	○	○	
Contato Dérmico		●	
Inalação de Vapores em Ambiente Fechado	●		
Ingestão	○		○
Inalação de Vapores em Ambiente Fechado	○		○

Legenda	
Potencial	○
Real	●

Fonte: CETESB (2025)

Subetapa MCA 4 - Tabela Resumo



Tabela 8.3-1 – Exemplo de tabela resumo dos resultados da etapa de Avaliação de Risco

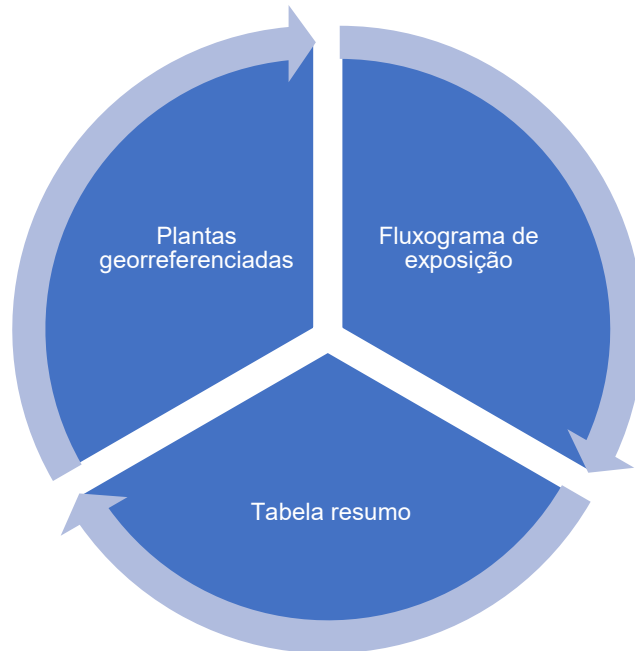
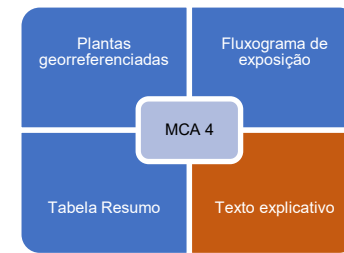
Exposição ao solo					Trabalhador externo		Trabalhador interno		Trabalhador de obras	
Grupo	SQI	n. CAS	Class	Concentração de Exposição (mg/kg)	Exposição ao solo		Exposição ao ar interno		Exposição ao solo	
					Risco	HQ	Risco	HQ	Risco	HQ
VOC	Benzeno	71-43-2	A	0,15	1E-08	0,0002	2E-06	0,2	3E-09	0,0003
VOC	1,2-Dicloroetano	107-06-2	B2	2	4E-07	0,005	4E-05	0,7	7E-08	0,003
VOC	Tricloroetano	79-01-6	HC	203	9E-06	3	1E-03	400	2E-06	10
SVOC	Fluoranteno	206-44-0	D	0,046		0,000001				0,0000002
INORG	Arsênio	7440-38-2	A	7	2E-06	0,01			2E-07	0,006

Fonte: Adaptado de ITRC (2015)

- Class – USEPA *Weight-of-Evidence Cancer Classification*. Classificações originais eram (A, B1, B2, C, D, E). Essas estão sendo substituídas por “carcinogênico para humanos (HC)”, “possivelmente carcinogênico para humanos”, “evidência sugestiva de potencial carcinogênico (SC)”, “informação inadequada para avaliar o potencial carcinogênico (ID)” e “provavelmente não é carcinogênico para humanos (NL)”.
- Resultados em negrito – Indicam classificação de risco inaceitável (risco de câncer superior a 10^{-5} e risco não carcinogênico superior a 1).
- Resultados em negrito e célula sombreada em cinza – Indicam classificação de risco inaceitável alto (risco de câncer superior a 10^{-4} e risco não carcinogênico superior a 10).
- Exposição ao solo consiste na ingestão incidental de solo, contato dérmico com solo, e inalação de poeira fugitiva e vapores externos.
- Exposição ao ar interno considera os ocupantes da edificação expostos a vapores do solo infiltrando em um ambiente fechado hipotético.

Subetapa MCA 1 – Texto explicativo

Integração sintética das informações

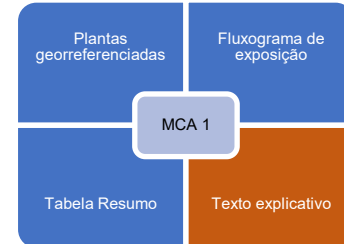


Pontos Principais:

- Descrição dos mapas de risco.
- Organizado por caminho de exposição.
- Avaliação se o risco adicional calculado é uma preocupação.
- Descrição dos riscos com base na classificação em inaceitável alto, inaceitável, aceitável e aceitável baixo, ou outra classificação.
- Breve justificativa para realização da próxima etapa do GAC.

Subetapa MCA 1 – Texto explicativo

Explicação do risco teórico carcinogênico e proposição de ações



Risco Carcinogênico Aceitável		Formas de descrição do risco teórico			
		1 em 100.000	1 x 10 ⁻⁵	1E-5	1/100.000
Valor do Risco Teórico		Descrição Qualitativa		Ações e Possíveis Recomendações	
≤ 1E-6	≤ 1 em 1.000.000 pessoas similarmente expostas	Sem preocupação de um risco aumentado de câncer		Sem ações ou recomendações.	
> 1E-6 a < 1E-4	> 1 em 1.000.000 to < 1 em 10.000 pessoas similarmente expostas	Sem preocupação de um risco aumentado de câncer ou Existe preocupação de um risco aumentado de câncer		<ul style="list-style-type: none"> Caso seja concluído que não há preocupação para um risco aumentado: Geralmente não há ações ou recomendações. No entanto, pode-se considerar ações de comunicação e educação da população, ou monitoramento dos compartimentos do meio ambiente, quando houver a possibilidade de migração do contaminante e expor pessoas a níveis maiores de concentração. Caso seja concluído que há preocupação para um risco aumentado: considere as recomendações abaixo. 	
≥ 1E-4	≥ 1 em 10.000 pessoas expostas	Existe preocupação de um risco aumentado de câncer		<ul style="list-style-type: none"> Elaborar Plano de Intervenção Adotar ações emergenciais: Atuar em coordenação com outros órgãos e instituições competentes para mitigar (o quanto antes) a exposição pública à substâncias carcinogênicas. Informar às autoridades de saúde sobre a presença de substâncias carcinogênicas na comunidade. Educar a população sobre ações que reduzem a exposição às substâncias carcinogênicas. 	

Fonte: Adaptado de ATSDR (2022)



Situações em que o risco calculado é próximo do limite de risco aceitável

Esta lista abaixo apresenta algumas questões a serem consideradas ao decidir se os riscos de câncer entre $1E-6$ e $1E-4$ são uma preocupação ou não (Fonte: Adaptado de ATSDR (2022)):

- A SQI avaliada é um carcinógeno humano conhecido?
- Existem tendências temporais nos dados que o deixam mais ou menos preocupado com o risco calculado de câncer?
- Estão sendo expostas populações sensíveis que já podem ter um risco elevado de câncer?
- Existem crianças expostas no início da vida, principalmente se essa exposição envolver agentes cancerígenos mutagênicos?
- Existem limitações de dados que aumentam a incerteza (por exemplo, dados limitados que exigem o uso de uma concentração máxima como a concentração no ponto de exposição)?
- As pessoas estão expostas a várias substâncias cancerígenas em uma mistura?
- Existe evidência de um limite para uma substância carcinogênica específica?
- Quanto as concentrações naturais de background contribuem para o risco de câncer?
- Quanto as concentrações antropogênicas de background contribuem para o risco de câncer?
- Existem dados confiáveis de resultados de saúde sobre as taxas de câncer disponíveis para a população exposta?

Avaliação de Risco em Áreas Contaminadas

Desafios

Desafios técnicos

- Definição das unidades de exposição
- Determinação da concentração de exposição
- Riscos cumulativos de áreas contaminadas com muitas SQIs

Desafios de gestão

- Comunicação de risco
- Gerenciamento do risco
- Apresentação das informações da avaliação de risco de maneira clara e organizada (modelo conceitual)
 - Quais caminhos de exposição contribuem com o risco total acima do nível aceitável?
 - Quais Substâncias Químicas de Interesse contribuem para um risco total acima do nível aceitável?
 - Quais vias de ingresso contribuem para o risco total acima do nível aceitável (por exemplo, ingestão de água subterrânea, contato dérmico com o solo ou inalação de vapores)?
 - Os riscos acima dos níveis aceitáveis ocorrem devido a exposições atuais ou baseadas em possíveis exposições futuras antecipadas que ainda não ocorreram?
 - A análise de incertezas identificou a natureza e magnitude das principais incertezas e vieses dos resultados?
 - Existe preocupação de um risco aumentado de câncer na população afetada?

SEMINARIO

Evaluación de riesgos químicos:

Protegiendo la salud y el ambiente.



Obrigado

André Silva Oliveira
e-mail: androliveira@sp.gov.br



Secretaria de **Meio Ambiente, Infraestrutura e Logística**  **SÃO PAULO**
GOVERNO DO ESTADO



Secretaria de **Meio Ambiente, Infraestrutura e Logística**  **SÃO PAULO**
GOVERNO DO ESTADO

Referências

ATSDR. **Public Health Assessment Guidance Manual**. Agency for Toxic Substances and Diseases Registry. April 2022. U.S. Department of Health and Human Services. Disponível em: <https://www.atsdr.cdc.gov/pha-guidance/about.html#print>

CETESB. **Manual de gerenciamento de áreas contaminadas** [recurso eletrônico] / CETESB. 3.ed.rev., ampl. – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. São Paulo.

ITRC. Risk Assessment Team. **Decision making at contaminated sites: issues and options in human health risk assessment**. Washington, DC: ITRC, 2015. 201 p., color., PDF. (Guidance document. RISK 3). Disponível em: <https://projects.itrcweb.org/risk-3/>. Acesso em: maio 2025.

USEPA. **Memorandum OSWER Directive 9285.7-53, Dec 5, 2003**. Subject human health toxicity values in superfund risk assessments. Washington, DC: EPA, 2003. 4 p. Disponível em: <https://www.epa.gov/sites/default/files/2015-11/documents/hhmemo.pdf>. Acesso em: maio 2025.