

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
INSTITUTO DE PESQUISAS HIDRÁULICAS E ESCOLA DE ENGENHARIA
CURSO DE ENGENHARIA AMBIENTAL

DOUGLAS ANTUNES DE OLIVEIRA MEDEIROS

AVALIAÇÃO DE RISCOS À SAÚDE HUMANA POR COMPOSTOS ORGÂNICOS
VOLÁTEIS EM UM POSTO DE COMBUSTÍVEL UTILIZANDO METODOLOGIA DE
CÁLCULO DAS PLANILHAS DA COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE
SANEAMENTO AMBIENTAL (CETESB)

PORTO ALEGRE

2022

DOUGLAS ANTUNES DE OLIVEIRA MEDEIROS

AVALIAÇÃO DE RISCOS À SAÚDE HUMANA POR COMPOSTOS ORGÂNICOS
VOLÁTEIS EM UM POSTO DE COMBUSTÍVEL UTILIZANDO METODOLOGIA DE
CÁLCULO DAS PLANILHAS DA COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE
SANEAMENTO AMBIENTAL (CETESB)

Trabalho de Conclusão apresentado ao
Curso de Engenharia Ambiental da
Universidade Federal do Rio Grande do
Sul como parte dos requisitos para a
obtenção do título de engenheiro
ambiental.

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Franciéle Schwanck Carlos

Porto Alegre

2022

DOUGLAS ANTUNES DE OLIVEIRA MEDEIROS

AVALIAÇÃO DE RISCOS À SAÚDE HUMANA POR COMPOSTOS ORGÂNICOS
VOLÁTEIS EM UM POSTO DE COMBUSTÍVEL UTILIZANDO METODOLOGIA DE
CÁLCULO DAS PLANILHAS DA COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE
SANEAMENTO AMBIENTAL (CETESB)

Trabalho de Conclusão de Curso em Engenharia Ambiental da Universidade Federal do Rio Grande do Sul defendido e aprovado em 13 de outubro de 2022 pela Comissão avaliadora constituída pelos professores:

Banca Examinadora:

FRANCIÉLE SCHWANCK CARLOS

PEDRO ANTONIO ROEHE REGINATO

TIAGO DE VARGAS

Conceito:.....

CIP - Catalogação na Publicação

Medeiros, Douglas Antunes Oliveira
AVALIAÇÃO DE RISCOS À SAÚDE HUMANA POR COMPOSTOS
ORGÂNICOS VOLÁTEIS EM UM POSTO DE COMBUSTÍVEL
UTILIZANDO METODOLOGIA DE CÁLCULO DAS PLANILHAS DA
COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL
(CETESB) / Douglas Antunes Oliveira Medeiros. -- 2022.
135 f.
Orientadora: Franciéle Schwanck Carlos.

Trabalho de conclusão de curso (Graduação) --
Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Instituto
de Pesquisas Hidráulicas, Curso de Engenharia
Ambiental, Porto Alegre, BR-RS, 2022.

1. Água subterrânea. 2. Avaliação de riscos à saúde
humana. 3. Gerenciamento de áreas contaminadas. I.
Carlos, Franciéle Schwanck, orient. II. Título.

“Combati o bom combate, cheguei ao fim da corrida, mantive a fé.”

2 Timóteo 4:7-8

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a Deus, por me manter persistente diante de todos os obstáculos da graduação e da vida.

À minha mãe, Lucila Antunes, a mulher mais batalhadora do mundo, por não medir esforços para que eu pudesse ter uma educação de qualidade. Minha eterna gratidão por depositar sua confiança em mim.

À minha companheira, Morgana Romanatto, por estar comigo desde o início desta caminhada. Obrigado por torcer e acreditar em cada etapa da minha vida, pelas palavras de incentivo em momentos difíceis, por compartilhar momentos de estresse e por me cuidar nos mais simples detalhes.

À minha Border Collie, Agnes, por muitas vezes ser minha única companhia em noites intermináveis de estudo.

Aos meus irmãos: Valter Hauff, com quem eu compartilhei minha infância e os momentos mais difíceis. Arthur Vicenzo por compreender a distância nestes anos de graduação.

Agradeço a todos familiares e amigos que de alguma maneira contribuíram para conclusão desta etapa importante. Em especial, à Marilene Romanatto, por ser uma pessoa ímpar, sempre disposta a ajudar o próximo e ao meu padrinho, Lenir Antunes, que muitas vezes desempenhou papel de pai da minha vida.

À minha orientadora, Prof.^a Dr.^a Franciéle Schwanck Carlos, por aceitar a construção deste trabalho, se fazer sempre disponível e pela gentileza nas correções e orientações.

Aos professores, amigos e funcionários do curso de Engenharia Ambiental pelo aprendizado e pela experiência que adquiri durante a graduação.

Por fim, a UFRGS por me proporcionar o ensino gratuito e de qualidade.

RESUMO

O presente trabalho tem por objetivo verificar a existência de risco à saúde humana de trabalhadores comerciais, residentes urbanos e futuros trabalhadores de obras civis potencialmente expostos a uma área contaminada. A quantificação de riscos carcinogênicos e não carcinogênicos foi avaliada a partir de dados de uma investigação detalhada na área em que opera um posto revendedor de combustível. A partir da delimitação das plumas de contaminação avaliou-se a exposição à vapores orgânicos voláteis. Além da quantificação dos riscos, o presente trabalho buscou determinar Concentrações Máximas Aceitáveis para futuro monitoramento da área. De maneira a atender os objetivos, foram utilizadas as planilhas para avaliação de risco em áreas contaminadas sob investigação da Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB). Os cenários avaliados para os receptores foram a inalação de Vapores gerados a partir do solo ou água subterrânea, a ingestão e o contato dérmico com a água Subterrânea contaminada. Os riscos carcinogênicos e não carcinogênicos foram calculados e verificou-se a valores abaixo de 1 para risco não carcinogênicos e abaixo de 10^{-5} para riscos carcinogênicos para ambos os cenários e receptores. Foram estabelecidas Concentrações Máximas Aceitáveis para benzeno na água e tolueno, etilbenzeno e xilenos no solo, sendo as mais restritivas 0,656 mg/L (benzeno), 41985,48 mg/kg (tolueno), 2233,62 mg/kg (etilbenzeno) e 1524,48 mg/kg(xilenos), que servem de base para planos de monitoramento e intervenção da área.

Palavras-Chave: Água subterrânea. Avaliação de riscos à saúde humana. Gerenciamento de áreas contaminadas.

ABSTRACT

The present work aims to verify the existence of risk to human health of commercial workers, urban residents and future civil works workers potentially exposed to a contaminated area. The quantification of carcinogenic and non-carcinogenic risks was evaluated from data from a detailed investigation in the area in which a fuel service station operates. From the delimitation of the contamination plumes, the exposure to volatile organic vapors was evaluated. In addition to the quantification of risks, the present work sought to determine Maximum Acceptable Concentrations for future monitoring of the area. In order to meet the objectives, spreadsheets were used for risk assessment in contaminated areas under investigation by the Environmental Company of the State of São Paulo (CETESB). The scenarios evaluated for the receptors were inhalation of Vapors generated from soil or groundwater, ingestion and dermal contact with contaminated groundwater. Carcinogenic and non-carcinogenic risks were calculated and found to be values below 1 for non-carcinogenic risk and below 10^{-5} for carcinogenic risks for both scenarios and recipients. Maximum Acceptable Concentrations for benzene in water and toluene, ethylbenzene and xylenes in soil were established, the most restrictive being 0.656 mg/L (benzene), 41985.48 mg/kg (toluene), 2233.62 mg/kg (ethylbenzene) and 1524.48 mg/kg (xylenes), which serve as a basis for monitoring and intervention plans in the area.

Keywords: Groundwater. Assessment of risks to human health. Management of contaminated areas.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Representação da distribuição vertical da água no solo	18
Figura 2 - Disposição de poços de monitoramento	20
Figura 3 - Processo de difusão.....	21
Figura 4 - Mecanismo de advecção	23
Figura 5 – Mecanismo de dispersão longitudinal em escala de poros	24
Figura 6 – Conceito de intrusão de vapores.....	28
Figura 7 - Caminho para intrusão de vapor subsuperficial no ar	28
Figura 8 – Vias de exposição por intrusão de vapores.....	29
Figura 9 - Etapas do gerenciamento de áreas contaminadas.	30
Figura 10 – Fluxograma de etapas da avaliação de riscos à saúde humana.....	33
Figura 11 – Conceitos importantes de avaliação da exposição.....	35
Figura 12 - Vias e fontes da exposição humana a contaminantes	37
Figura 13 - Exemplo de modelo conceitual de exposição	38
Figura 14 – Mapa de localização da área de estudo.....	40
Figura 15 - Mapa geológico regional	42
Figura 16 – Mapa Hidrogeológico do Rio Grande do Sul	44
Figura 17 – Localização de poços na área de estudo	47
Figura 18 – Mapa potenciométrico poços rasos.....	48
Figura 19 - Mapa potenciométrico poços multiníveis	49
Figura 20 - Mapa potenciométrico poços multiníveis profundos.....	50
Figura 21 – Croqui de Situação da área de estudo e localização de tanques de combustíveis.	53
Figura 22 – Pluma horizontal de contaminação em fase adsorvida (Tolueno).....	63
Figura 23 - Pluma Vertical de contaminação em fase adsorvida (Tolueno)	64
Figura 24 - Pluma horizontal de contaminação em fase adsorvida (Etilbenzeno).	65
Figura 25 - Pluma vertical de contaminação em fase adsorvida (Etilbenzeno)	66
Figura 26 - Pluma horizontal de contaminação em fase adsorvida (Xilenos).....	67
Figura 27 - Pluma vertical de contaminação em fase adsorvida (Xilenos).	68
Figura 28 - Pluma horizontal da contaminação em fase Dissolvida para os poços rasos (benzeno)	69
Figura 29 - Pluma horizontal da contaminação em fase Dissolvida para os poços rasos (benzeno).....	70

Figura 30 - Pluma vertical da contaminação em fase Dissolvida(benzeno)	71
Figura 31 – Unidades de Exposições da ARSH	79
Figura 32 - Modelo Conceitual de exposição	104
Figura 33 – Modelo conceitual de exposição a partir das planilhas CETESB – Trabalhadores comerciais	105
Figura 34 - Modelo conceitual de exposição a partir das planilhas CETESB – Obras Civis	105
Figura 35 - Modelo conceitual de exposição a partir das planilhas CETESB – Residencial.....	106

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Reações bioquímicas passíveis a contaminantes dissolvidos na água subterrânea.	26
Tabela 2 – Características locacionais e hidrogeológicas dos poços existentes	45
Tabela 3 – Amostra de solo com níveis superiores a VI CONAMA.....	62
Tabela 4 – Amostras de água subterrânea com níveis superiores a VI CONAMA....	62
Tabela 5 – Máximas concentrações observadas	82
Tabela 6 - Parâmetros toxicológicos das SQI	91
Tabela 7 - Parâmetros do Meio Físico Local.....	94
Tabela 8 - Risco Carcinogênico para solo contaminado (Trabalhadores Comerciais) UE-01	95
Tabela 9 - Risco Não Carcinogênico para solo contaminado (Trabalhadores Comerciais) UE-01	96
Tabela 10 - Risco Carcinogênico para Água Subterrânea Contaminada (Trabalhadores industriais) UE-01.....	96
Tabela 11 - Risco Não Carcinogênico para Água Subterrânea Contaminada (Trabalhadores industriais) UE-01.....	96
Tabela 12 - Risco Carcinogênico para Solo Contaminado (Trabalhadores em Obras Civis) UE-01	96
Tabela 13 - Risco Não Carcinogênico para Solo Contaminado (Trabalhadores em Obras Civis) UE-01	97

Tabela 14 - Risco Carcinogênico para Água Subterrânea Contaminada (Trabalhadores em Obras Civas) UE-01	97
Tabela 15 - Risco Não Carcinogênico para Água Subterrânea Contaminada (Trabalhadores em Obras Civas) UE-01	97
Tabela 16 - Risco Carcinogênico para Água subterrânea Contaminada (Residente Urbano) UE-02 - Crianças	98
Tabela 17 - Risco Carcinogênico para Água subterrânea Contaminada (Residente Urbano) UE-02 - Adultos	99
Tabela 18 - Risco Não Carcinogênico para Água subterrânea Contaminada (Residente Urbano) UE-02 - Crianças	99
Tabela 19 - Risco Não Carcinogênico para Água subterrânea Contaminada (Residente Urbano) UE-02 - Adultos	99
Tabela 20 - CMA calculadas	101
Tabela 21 - Valores de Referência.....	101
Tabela 22 - Riscos Calculados.....	102

LISTA DE SIGLAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas
ARSH – Análise de Risco à Saúde Humana
B – Benzeno
C - Carcinogênico
CDC - Centers for Disease Control and Prevention
CETESB – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo
COV – Composto Orgânico Volátil
CMA – Concentração Máxima aceitável
CONAMA – Conselho Nacional de Meio Ambiente
DIRTEC – Diretriz Técnica
E - Etilbenzeno
FEPAM – Fundação Estadual de Proteção Ambiental do Rio Grande do Sul
HI – Hazard Index
HPA - Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos
HQ – Hazard Quotient
In – Intake - Quantificação do Ingresso
LOAEL – Lowest Observed Adverse Effect Level
LQ – Limite de Quantificação Laboratorial
IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
MCE – Modelo Conceitual de Exposição
MN – Poço de Monitoramento Multinível
MNB – Poço de Monitoramento Multinível Profundo
MPE – Sistema de Extração Multifásico
NC – Não Carcinogênico
NOAEL – No Observed Adverse Effect
PDE - Ponto de Exposição
PM – Poço de Monitoramento
PR – Posto Revendedor
RAC - Risco Aceitável carcinogênico.
RACN - Risco aceitável Não Carcinogênico.

RfC - Concentrações de referência

RfD - Dose de Referência.

RAGS - Risk Assessment Guidance for Superfund

SASC – Sistema de Armazenagem Subterrânea de Combustíveis

SF - Fator de Inclinação (de câncer).

OSQI – Substância Química de Interesse

T – Tolueno

TPH – Hidrocarbonetos Totais de Petróleo

UE - Unidade de Exposição.

USEPA- United States Environmental Protection Agency

USGS - United States Geological Survey

VI – Valores de Intervenção

VRQ – Valores de Referência de Qualidade

X – Xilenos

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	15
2	OBJETIVO DO ESTUDO.....	17
2.1	Objetivo geral.....	17
2.2	Objetivos específicos.....	17
3	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	18
3.1	Água subterrânea.....	18
3.1.1	Monitoramento de águas subterrâneas.....	19
3.2	Transporte de contaminantes.....	21
3.2.1	Difusão.....	21
3.2.2	Advecção.....	23
3.2.3	Dispersão mecânica.....	24
3.2.4	Dispersão hidromecânica.....	25
3.2.5	Reações químicas.....	26
3.3	Composto Orgânicos voláteis (COVs).....	26
3.4	Intrusão de Vapores.....	27
3.5	Gerenciamento de áreas contaminadas.....	29
3.6	Avaliação de risco.....	32
3.6.1	Planilhas da CETESB.....	34
3.6.2	Receptores.....	34
3.6.3	Avaliação de exposição.....	34
3.6.4	Vias de Exposição.....	36
3.6.5	Modelo conceitual de exposição (MCE).....	38
3.7	Postos de gasolina e o monitoramento ambiental.....	38
4	DESCRIÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....	40
4.1	Caracterização do Meio Físico.....	40
4.1.1	Aspecto geológico.....	40

4.1.2	Água subterrânea	43
4.2	Uso do solo	51
4.2.1	Descrição das Atividades Comerciais.....	51
4.3	HISTÓRICO AMBIENTAL	54
4.3.1	Ocupacional.....	54
4.3.2	Diagnóstico Ambiental Preliminar 2002	54
4.3.3	Monitoramento ambiental 2003-2005	55
4.3.4	Diagnóstico ambiental 2008	56
4.3.5	Remoção de tanques 2010.....	56
4.3.6	Remediação ativa 2010 a 2013	56
4.3.7	Gerenciamento ambiental 2011 – 2020.....	57
4.3.8	Investigação detalhada 2022.....	61
5	MATERIAIS E MÉTODOS	72
5.1	Validação dos dados.....	72
5.1.1	Análise de incertezas laboratoriais	72
5.1.2	Coleta de amostras.....	74
5.1.3	Metodologia de análises químicas.....	74
5.2	Metodologia de análise de risco.....	75
5.3	Modelo conceitual de exposição	76
5.3.1	Seleção das substâncias químicas de interesse (SQIs)	77
5.3.2	Definição das Unidades de Exposição	77
5.3.3	Receptores Potenciais.....	80
5.3.4	Caminhos de Exposição e Vias de ingresso.....	80
5.3.5	Ponto de Exposição e concentração no Ponto de Exposição.....	81
5.3.6	Incertezas relacionadas com a avaliação da exposição	83
5.4	Análise de Toxicidade	84
5.4.1	Indicadores de toxicidade	84

5.4.2	Perfil Toxicológico das SQIs.....	87
6	RESULTADOS	92
6.1	Quantificação do risco.....	92
6.1.1	Unidade de Exposição 1.....	95
6.1.2	Unidade de Exposição 2.....	97
6.2	Concentrações máximas aceitáveis.....	99
6.3	INCERTEZAS	103
6.4	MODELO CONCEITUAL DE EXPOSIÇÃO.....	103
7	CONCLUSÕES.....	107
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFIAS.....	108
	APÊNDICE A.....	113
	APÊNDICE B.....	114

1 INTRODUÇÃO

O Brasil possui mais de 40 mil postos revendedores de combustível, popularmente conhecido como posto de gasolina (ANP, 2021). A grande maioria dos estabelecimentos utiliza o sistema de armazenamento de combustíveis (tanques) de forma subterrânea devido à falta de espaço e a necessidade de proteção contra fatores externos causadores de combustão.

Os acidentes ambientais como danos e contaminações de áreas são muitas vezes decorrentes de vazamentos de tanques subterrâneos. Segundo Júnior e Pasqualetto (2008) a ocorrência destes acidentes está relacionada com a corrosão de tanques de armazenamento. A liberação de combustíveis (gasolina, diesel ou etanol) a partir do vazamento, representa riscos de explosões, contaminação de lençol freático e solo e, ainda mais agravante, risco à saúde humana.

Nos últimos anos, com avanço da tecnologia, muitos postos adotaram medidas de monitoramento e prevenção de vazamentos como tanques jaquetados e monitoramento de vazamento intersticial entre paredes dos tanques. Contudo, muitas áreas ainda apresentam problemas associados a vazamento de tanque. Segundo a Companhia Ambiental do Estado de São Paulo-CETESB (2020) 6434 áreas foram classificadas como áreas contaminadas no estado de São Paulo, sendo 70% destas áreas pertencentes a postos de combustíveis.

Neste contexto, além de medidas legais e técnicas para reabilitação destas áreas, fora necessário preocupação com a saúde humana. No âmbito brasileiro, a partir de 2002, por meio do Ministério da Saúde, iniciou-se a aplicação da metodologia ATSDR para avaliação de risco à saúde humana em algumas áreas pilotos. Em 2009, o Conselho Nacional do Meio Ambiente estabeleceu que os responsáveis pela contaminação de uma área devem tomar ações de intervenção e, devendo obrigatoriamente considerar uma avaliação de risco à saúde.

A CETESB, no ano de 2007, a partir da decisão de diretoria 103/2007/C/E aprovou procedimento para gerenciamento de áreas contaminadas que entre outros determinou a elaboração de planilhas para avaliação de riscos em áreas contaminadas. As planilhas de avaliação de risco da CETESB foram desenvolvidas com base na metodologia de análise de riscos da Agência de Proteção Ambiental dos

Estados Unidos descrita no documento *Risk Assessment Guidance for Superfund – RAGS*. Em 2017, as planilhas de avaliação de riscos passaram a ser utilizadas para estabelecimento de concentrações máximas aceitáveis. De maneira geral, agências ambientais de outras localidades brasileiras recomendam a adoção das planilhas CETESB para avaliação de riscos à saúde humana.

A Fundação Estadual de Proteção Ambiental do Estado do Rio Grande do Sul (FEPAM), por meio da Diretriz Técnica Nº 003/2021, estabeleceu procedimentos para licenciamento ambiental de áreas suspeitas ou com potencial de contaminação ou contaminadas. A DIRTEC estabelece a avaliação de risco à saúde humana como uma etapa do gerenciamento de áreas contaminadas, devendo ser utilizadas as planilhas da CETESB.

Perante o relato acima e sob olhares das diretrizes técnicas e procedimentos estabelecidos por órgãos ambientais, utilizando metodologia difundida e apresentada ao longo deste trabalho, são feita a avaliação de risco à saúde humana, com base em dados disponíveis de uma investigação detalhada de contaminação realizada em um posto de combustível com histórico ambiental de gerenciamento de área contaminadas desde o ano de 2002, localizado no município de Santa Maria, no estado do Rio Grande do Sul. A Investigação Detalhada teve início em novembro de 2021 e finalizada em abril de 2022. No estudo foi possível delimitar as contaminações de benzeno, tolueno, etilbenzeno e xileno (BTEX) e de hidrocarbonetos Policíclicos aromáticos (HPA), no solo e água subterrânea, tal como caracterizar o meio físico e seu entorno. A avaliação de risco à saúde contemplada neste estudo é parte seguinte do gerenciamento ambiental de área contaminada e serve para estabelecer um modelo conceitual de exposição, quantificar os riscos e definir concentrações máximas aceitáveis.

2 OBJETIVO DO ESTUDO

2.1 OBJETIVO GERAL

O objetivo desta avaliação de risco é quantificar o potencial risco à saúde humana, causado pela exposição do(s) receptor(es) às substâncias químicas de interesse (SQI) identificadas na etapa de investigação detalhada e investigações ambientais pretéritas, visando o estabelecimento das Concentrações Máximas Aceitáveis (CMA) específicas para cada cenário de exposição avaliado, as quais serão base para a elaboração do Plano de Intervenção.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar os principais cenários e vias de exposição, para posterior cálculo dos riscos carcinogênicos e não carcinogênicos;
- Desenvolver o modelo conceitual de exposição (MCE) da área de interesse a partir dos resultados e levantamentos obtidos nas etapas pretéritas, que servirá de base para a continuidade do gerenciamento ambiental;
- Verificar e quantificar a presença ou ausência de riscos para os receptores devido à presença de contaminantes em fase residual no solo ou dissolvidos na água subterrânea.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 ÁGUA SUBTERRÂNEA

As águas que correm de forma natural no subsolo, são denominadas águas subterrâneas (CONAMA, 2008) e correspondem a 1,7% da fração de água disponível do planeta (VON SPERLIGN, 2006 apud WILLIAMS, 1998; SCHÖNBORN, 2003), contudo representam 98% das águas doces e líquidas do planeta. O uso da água subterrânea tem importância altamente significativa no cenário socioeconômico e ambiental, uma vez que são menos afetadas por períodos críticos de seca, qualidade físico-química elevada de forma natural e as obras para captação apresentam vantagens, tais como a proximidade da locação com a demanda, prazo de construção reduzido e menores custos comparados a captação de água superficial.

A água subterrânea ocorre abaixo da superfície da Terra, a partir da recarga por precipitação das chuvas, de forma a preencher falhas, fraturas e fissuras das rochas, além dos poros e vazios entre rochas. A água subterrânea desempenha papel fundamental na manutenção da umidade do solo e do fluxo dos rios e lagos (ABAS, s.d.).

A acumulação e distribuição da água subterrânea pode ser entendida a partir da delimitação de duas zonas: zona de aeração na qual os poros encontram-se cheios de ar e zona saturada, na qual os interstícios são ocupados por água (Carmo, 2014). A Figura 1 ilustra a distribuição da água no solo.

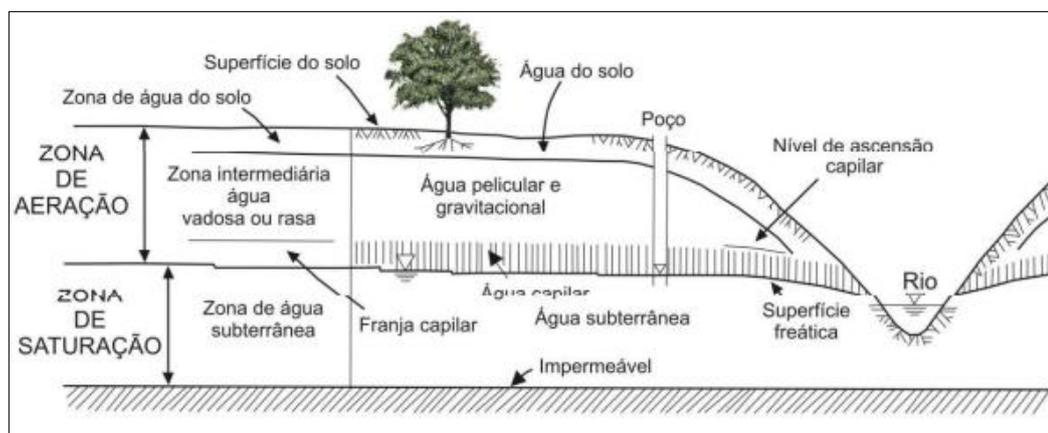


Figura 1 - Representação da distribuição vertical da água no solo. (Carmo, 2014).

O armazenamento de água no solo depende do tipo de solo, uma vez que cada solo apresenta um valor de capacidade de armazenamento diferente (Pereira et. al. 1997). Maior quantidade de água pode ser retida em solos com texturas mais finas, uma vez que estes solos apresentam uma superfície específica maior em relação aos solos de textura grosseira (TUCCI, 1993).

Segundo Camargo (2005), a cobertura vegetal é um fator relevante para a capacidade de armazenamento de água no solo, sendo que culturas florestais apresentam maior capacidade de armazenamento, uma vez que o sistema radicular é mais profundo.

Segundo IBGE (2021), a população brasileira chegou a 213,3 milhões em julho de 2021. Neste contexto, há um aumento da necessidade deste recurso para abastecimento e aumento de produção industrial e, conseqüentemente, a diminuição da qualidade das condições ambientais quando da não gestão ambiental adequada. Um cenário de condições inadequadas facilita a contaminação de recursos hídricos, aumentando a possibilidade de evolução de doenças que se propagam utilizando estes recursos como veículos. Assim, é pertinente e cada vez mais necessária ações e medidas que permitam a proteção e a gestão destes recursos hídricos.

3.1.1 Monitoramento de águas subterrâneas

Segundo a CETESB (2020), o monitoramento das águas subterrâneas tem por objetivo caracterizar a qualidade natural do recurso hídrico, permitir o estabelecimento de valores de referência de qualidade – VRQ e, portanto, identificar áreas com alterações qualitativas.

As atividades antrópicas industriais apresentam diferentes níveis potenciais de poluição. No Rio Grande do Sul, a FEPAM divide estas atividades em três categorias em razão do potencial poluidor: baixo, médio e alto. A partir desta conjuntura, aliado ao histórico de cada atividade, pode ser definido o monitoramento ambiental das águas subterrâneas através do uso de poços de monitoramento. Entre outras atividades, destaca-se o comércio varejista de combustíveis, comumente chamado de posto revendedor de combustível, uma vez que é exigida a obrigatoriedade da existência de poços de monitoramento por meio de portaria específica para operação da atividade (FEPAM, 2020). A locação dos poços de monitoramento deve levar em

consideração o objetivo da obra, bem como o fluxo preferencial das águas subterrâneas. A distribuição de poços de monitoramento em postos de combustíveis deve observar a localização dos tanques e linhas de distribuição (FEPAM, 2020). A figura 2 ilustra a disposição de poços de monitoramento recomendada pela CETESB (2001).

No Brasil, a instalação de poços de monitoramento é norteadas pelas normas ABNT NBR 15.495/2017-1-2. As presentes normas consideram a instalação de um poço de monitoramento como obra de engenharia e, inclusive, determinam o tipo de material a ser instalado. Assim, o custo de instalação de um poço de monitoramento pode ser considerado elevado para determinados tipos de atividade.

Neste contexto, o número mínimo de poços de monitoramento a serem instalados no Brasil pode ser diferente em cada estado. Conforme CETESB (2001) recomenda-se a instalação de pelo menos um (01) a montante da área com potencial poluidor e ao menos três (03) poços de monitoramento a jusante desta área.

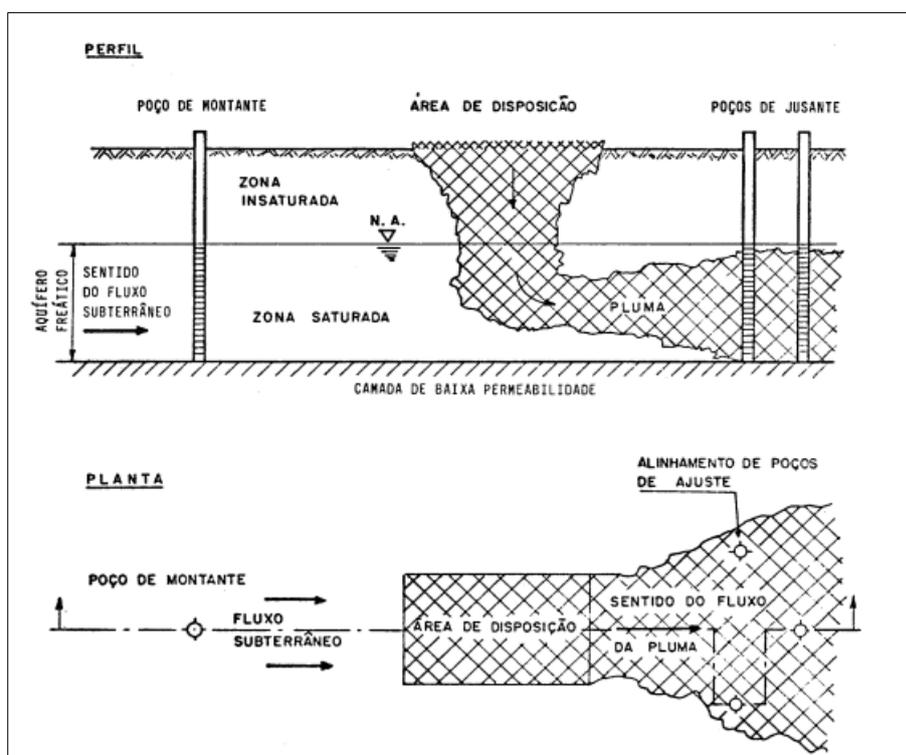


Figura 2 - Disposição de poços de monitoramento (CETESB, 2001).

3.2 TRANSPORTE DE CONTAMINANTES

O conhecimento do movimento dos solutos (contaminantes) presentes em águas subterrâneas é útil para a tomada de decisão de uma área passível de gerenciamento ambiental. A complexidade dos processos envolvidos para movimentos de contaminantes pode ser representada matematicamente, contudo há dificuldade na obtenção de todos os dados de campo para aplicação de equações (Fetter, 2000).

Segundo Fetter (2000), o transporte de contaminantes é feito por dois processos: difusão e advecção. No processo de difusão ocorre o movimento de soluto de áreas mais concentradas para áreas menos concentradas. No processo por advecção o transporte do soluto ocorre pela ação da água subterrânea.

3.2.1 Difusão

A difusão molecular se caracteriza como um processo influenciado pela energia cinética, na qual os constituintes orgânicos se movem na direção de um gradiente de concentração, conforme demonstrado na figura 3. Uma característica pertinente deste processo é a independência em relação a movimentos hidráulicos. O processo é encerrado apenas na inexistência de gradientes (Freeze e Cherry, 1979).

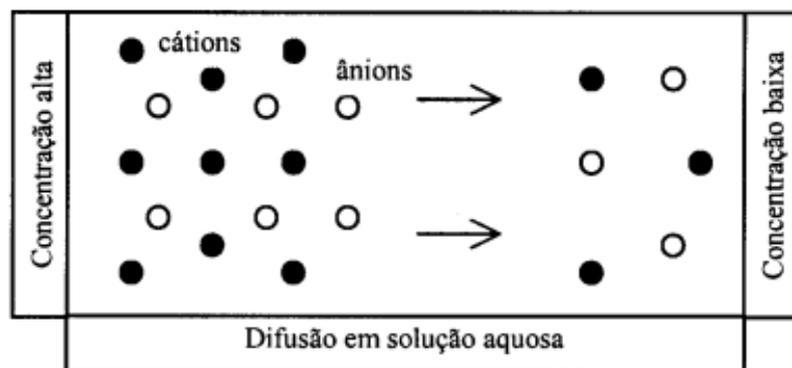


Figura 3 - Processo de difusão (ROWE ET AL, 1995)

Segundo Fetter (1993), na difusão, o contaminante se move de um ponto de alto potencial de concentração para um ponto de baixo potencial de concentração. Assim, entende-se a possibilidade de ocorrência de difusão no sentido oposto a outro mecanismo. A ocorrência de difusão é determinada por diversos fatores, sendo alguns deles indicados por Rowe *et al* (1995):

- caminhos de migração mais tortuosos no solo (associado ao coeficiente de tortuosidade);
- aumento da viscosidade;
- Retardamento de certas espécies devido às trocas catiônica e aniônica com minerais de argila e matéria orgânica;
- fluxo osmótico contrário;
- fluxo com pequeno volume de fluido;
- desequilíbrio elétrico;
- biodegradação de solutos orgânicos.

A difusão é descrita pelas leis de Fick onde o fluxo de um contaminante em estado estacionário é descrito pela primeira lei apresentada na equação 1.

$$F = -D * \frac{\partial C}{\partial x} \quad \text{Equação 1}$$

Onde:

F = fluxo massa de soluto por unidade de área por unidade de tempo

D = coeficiente de difusão (área/tempo)

C = concentração de soluto (massa/volume)

$\frac{\partial C}{\partial x}$ = gradiente de concentração (massa/volume/distância)

O movimento de maiores concentrações para menores é indicado pelo sinal negativo. Os valores de D são conhecidos para eletrólitos em água.

Em locais de variação das concentrações com o tempo, a segunda lei de Fick pode ser aplicada:

$$\frac{\partial C}{\partial t} = D \frac{\partial^2 C}{\partial x^2} \quad \text{Equação 2}$$

Onde:

$\frac{\partial C}{\partial t}$ = mudança de concentração com o tempo

O percurso realizado por um íon torna-se maior em meios porosos, uma vez que o movimento ocorre no contorno de grãos e, ainda, é dificultado pelo bloqueio

causado pelos grãos (FETTER, 2000). Assim, um coeficiente de difusão efetiva (D') é considerado e calculado a partir da equação 3.

$$D' = w * D \quad \text{Equação 3}$$

Onde:

w = coeficiente empírico

Fetter (2000) afirma que o movimento em meios porosos pode ocorrer independente do escoamento da água subterrânea. Sob certas condições como baixa permeabilidade o transporte de contaminante pode ser mais veloz que o escoamento da água subterrânea e, portanto, neste caso, deve-se considerar a importância da advecção.

3.2.2 Advecção

O movimento de poluente causado pelo escoamento do fluido em que este está dissolvido e que mantém a mesma direção das linhas de fluxo, resultante de um gradiente de pressões entre o interior do meio poroso e a atmosfera, é o mecanismo de transporte denominado Advecção (De Paula, 2006) e esquematizado na figura 4

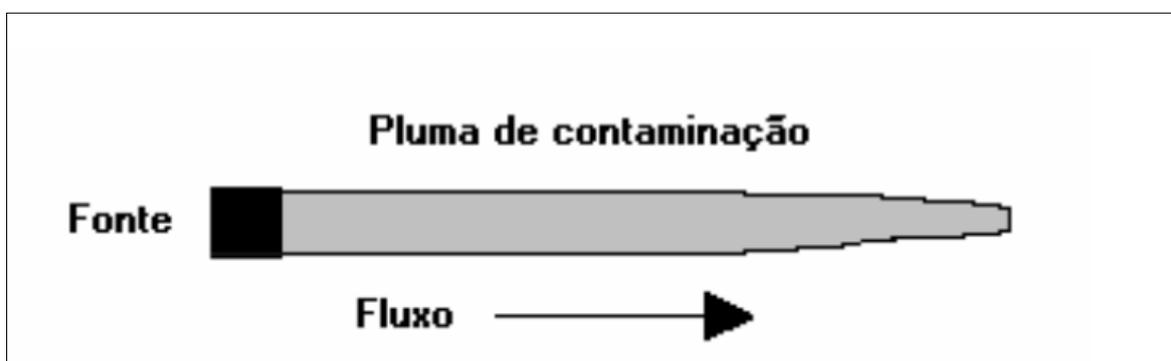


Figura 4 - Mecanismo de advecção (Carvalho, 2001 apud De Paula, 2006).

Neste sentido, é importante o conhecimento da taxa de fluxo, determinado a partir da lei de Darcy (equação 4). Uma vez que neste processo a movimentação de contaminantes ocorre na mesma taxa que a velocidade linear da água subterrânea.

$$v_x = -\frac{K}{n_e} * \frac{dh}{dl} \quad \text{Equação 4}$$

Onde:

v_x = velocidade linear média

K = condutividade hidráulica

n_e = porosidade efetiva

$\frac{dh}{dl}$ = gradiente hidráulico

3.2.3 Dispersão mecânica

O espalhamento de um contaminante em razão da variação de velocidade do fluido em um meio poroso é causado pelo fenômeno de dispersão mecânica (NOBRE, 1987).

A dispersão mecânica longitudinal é resultado de três mecanismos (FREEZE E CHERRY, 1979). O primeiro mecanismo ocorre por meio dos poros, com canais individuais. Neste caso, as moléculas mais próximas do grão movimentam-se de forma mais lenta em razão do atrito (figura 5a). Ainda, o segundo mecanismo está relacionado ao comprimento da trajetória (figura 5b). Por fim, o tamanho do poro influencia na velocidade do fluido, de forma que o fluxo será maior em poros maiores (figura 5c).

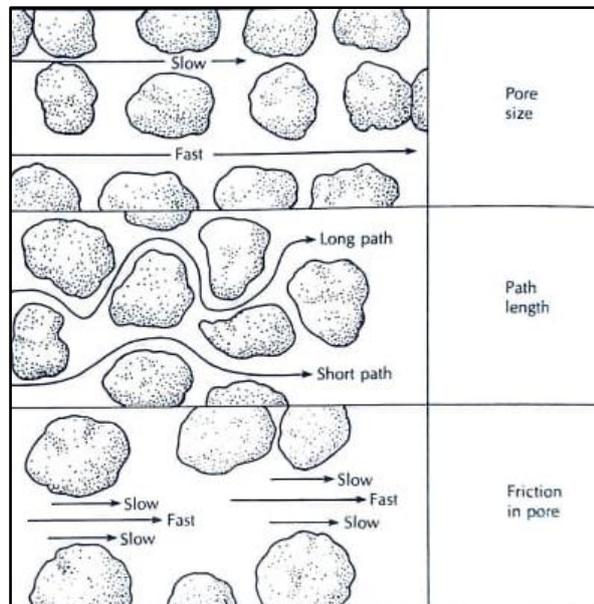


Figura 5 – Mecanismo de dispersão longitudinal em escala de poros (Fetter, 2000).

A dispersão mecânica é igual ao produto da velocidade linear média e um fator de dispersão dinâmica (α_L) e calculado por meio da equação 5.

*Dispersão mecânica = $a_L * v_x$ Equação 5*

3.2.4 Dispersão hidromecânica

A dispersão hidromecânica, segundo Paula (2006) “é o mecanismo responsável pelo espalhamento do poluente no meio poroso”. Ao longo do movimento em subsuperfície, os contaminantes se misturam com água subterrânea não contaminada, ocorrendo a redução da concentração inicial deste contaminantes.

Em um cenário real, não é possível separar os processos de difusão e dispersão mecânica das águas subterrâneas correntes. Desta maneira, tanto a mistura mecânica quanto a difusão são considerados. Contudo, um coeficiente de dispersão hidrodinâmica (D_L) é levado em consideração (FETTER, 2000).

Faermann (2013) complementa a ideia, considerando que uma análise correta do transporte de contaminantes deve levar em consideração o processo de difusão combinado a dispersão hidromecânica, assim será considerado a dispersão na direção do fluxo, denominada longitudinal e a dispersão transversal, aquela que ocorre de forma perpendicular ao fluxo. A combinação destes processos é utilizada na definição de coeficiente de dispersão hidromecânica, D_L , calculado por meio da equação 6.

$$D_L' = a_L * v_x + D' \quad \text{Equação 6}$$

Onde:

D_L – coeficiente longitudinal de dispersão hidrodinâmica

a_L – Coeficiente de dispersividade longitudinal [L]

v_x – Velocidade linear média [L/T]

D' = Coeficiente de difusão molecular efetivo.

3.2.5 Reações químicas

Os contaminantes dissolvidos em águas subterrâneas experimentam diversas reações de interações que ocasionam sua remoção ou degradação. Na tabela 1, a seguir estão listadas algumas destas reações.

Tabela 1 - Reações bioquímicas passíveis a contaminantes dissolvidos na água subterrânea. Elaborada pelo Autor (2022).

Reações	
Transferência	Adsorção
	Absorção
	Sorção Hidrofóbica
Atenuação	Biodegração
	Degradação Abiótica
	Volatilização
	Decaimento radioativo
Mobilidade	Dissolução
	Formação de complexo
	Co-solvência
	Ionização

Silveira (2016) considera como consequência da ocorrência destes processos, o retardamento ou atenuação dos contaminantes presentes. Fetter (1993) afirma que as concentrações dos contaminantes serão reduzidas, no que tange a pluma, porém não é conseguinte a diminuição da taxa de movimento da pluma.

3.3 COMPOSTO ORGÂNICOS VOLÁTEIS (COVS)

Conforme a CETESB (2020) “COVs são compostos orgânicos, contendo um ou mais átomos de carbono, com elevada pressão de vapor e que, por causa disso, evaporam rapidamente para a atmosfera”. Anualmente, cerca de 1,8 bilhões de toneladas de COVs são lançados para atmosfera (AQUINO, 2006). Há uma grande

variedade destas substâncias como aldeídos, cetonas, hidrocarbonetos aromáticos monocíclicos (benzeno, tolueno, etilbenzeno, xilenos), entre outros.

Os COVS são oriundos de fontes naturais como vegetação e incêndios naturais e, ainda, fontes antropogênicas que ocorrem de forma localizada em áreas industrializadas e com densidade populacional elevada e estão ligadas a impactos na qualidade do ar e da água. Em geral, as emissões estão associadas ao setor de transporte e uso de solvente no ramo industrial (CETESB, 2020). Dentre as atividades antrópicas, Passant (1995) destaca as emissões de COVs causadas por combustão incompleta e perdas por evaporação em veículos de combustão e como citado por Soares *et al* (2003), postos de abastecimento são áreas mais comuns de observação destes fenômenos.

Os COVs são liberados na zona insaturada devido à presença de fase livre e/ou residual de um líquido de fase não aquosa (NAPL) gerando a fase de vapor do solo. Uma vez que os COVs atingem o nível saturado eles podem se dissolver na água subterrânea se tornando mais persistentes (USGS, 2006).

A Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (USEPA) pontua diversos efeitos na saúde humana causadas por COVS, entre eles:

- Irritação nos olhos, nariz e garganta;
- Dores de cabeça, perda de coordenação e náuseas;
- Danos ao fígado, rins e sistema nervoso central;
- Câncer.

3.4 INTRUSÃO DE VAPORES

O processo de um contaminante volátil que ora presente no solo migra para edificações acima é denominado intrusão de vapores (USEPA, 2002). Compostos orgânicos voláteis, semi voláteis e alguns analitos inorgânicos são produtos químicos voláteis (ITRC, 2007).

A migração de contaminantes se direciona para zonas de menor concentração, tal como a atmosfera. Alguns fatores, tais como pressão, ventos correntes e depressurização dos exaustores influenciam na facilidade de fluência do gás do solo para um edifício. Algumas variáveis como tipo de solo, propriedades químicas e

características do edifício (ou local) tornam difícil a quantificação da velocidade de migração (ITRC, 2007). Na figura 6 é demonstrado o conceito de intrusão.

Na figura 7, é demonstrado como a contaminação é incorporada em local com piso fechado. O gás é transportado através de fendas entre a fundação e o porão do edifício. Na figura 8, observa-se o fenômeno de difusão através de uma zona capilar.

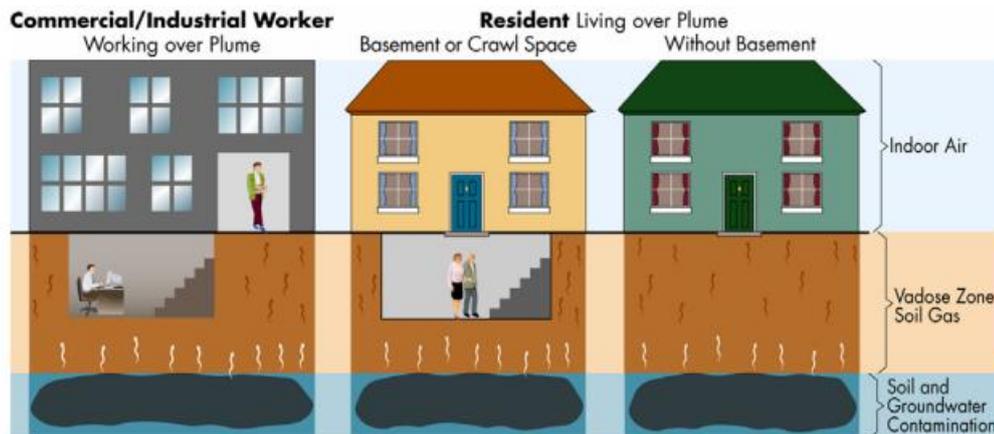


Figura 6 – Conceito de intrusão de vapores (ITRC 2007).

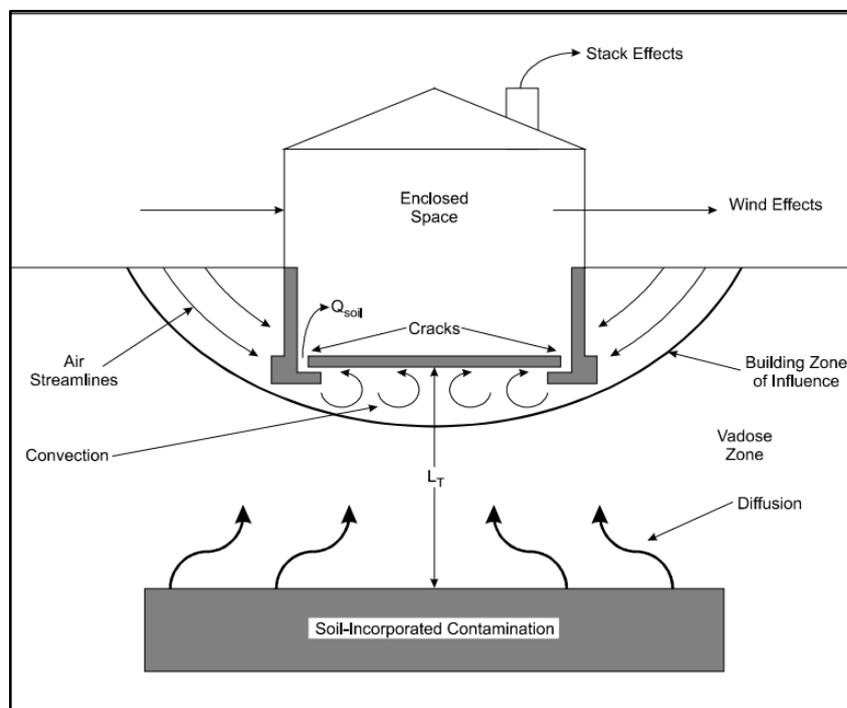


Figura 7 - Caminho para intrusão de vapor subsuperficial no ar (USEPA, 2004).

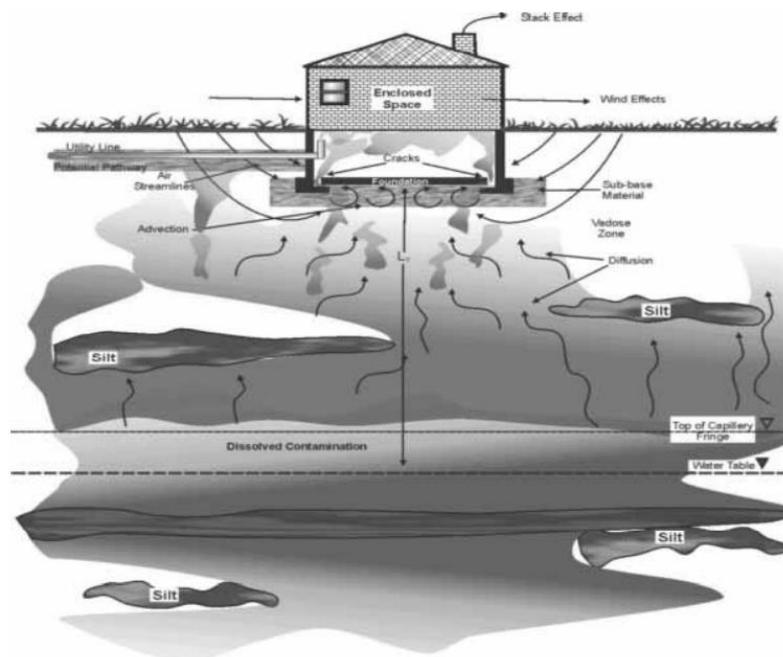


Figura 8 – Vias de exposição por intrusão de vapores (USEPA, 2004).

3.5 GERENCIAMENTO DE ÁREAS CONTAMINADAS

A FEPAM (2021) define área contaminada como sendo uma zona na qual existe a presença de substâncias prejudiciais ao meio ambiente e a saúde humana. No Brasil, as diretrizes para gerenciamento de áreas contaminadas são determinadas pelo CONAMA através da resolução N° 420 de 28 de dezembro de 2009. Conforme CONAMA (2009) os procedimentos para investigação e gestão de áreas contaminadas devem seguir três etapas: Identificação, Diagnóstico e Intervenção. Ainda, é determinado que os órgãos ambientais instituem os procedimentos para realização destas etapas.

O *Manual de Gerenciamento de Áreas Contaminadas* da CETESB (2021) instrui a etapa de identificação de áreas contaminadas em cinco etapas:

- Identificação de Áreas com Potencial de Contaminação;
- Avaliação Preliminar;
- Investigação Confirmatória;
- Investigação Detalhada;
- Avaliação de Risco.

A DIRTEC Nº 04/2021 da FEPAM pontua o gerenciamento de áreas contaminadas em seis etapas:

- Avaliação Preliminar;
- Investigação Confirmatória;
- Investigação Detalhada;
- Avaliação de Risco;
- Intervenção;
- Monitoramento.

Na figura 9 é apresentado um esquema das etapas de gerenciamento ambiental definidos pela CONAMA (2009) e aplicados por órgãos ambientais, tais como FEPAM e CETESB.

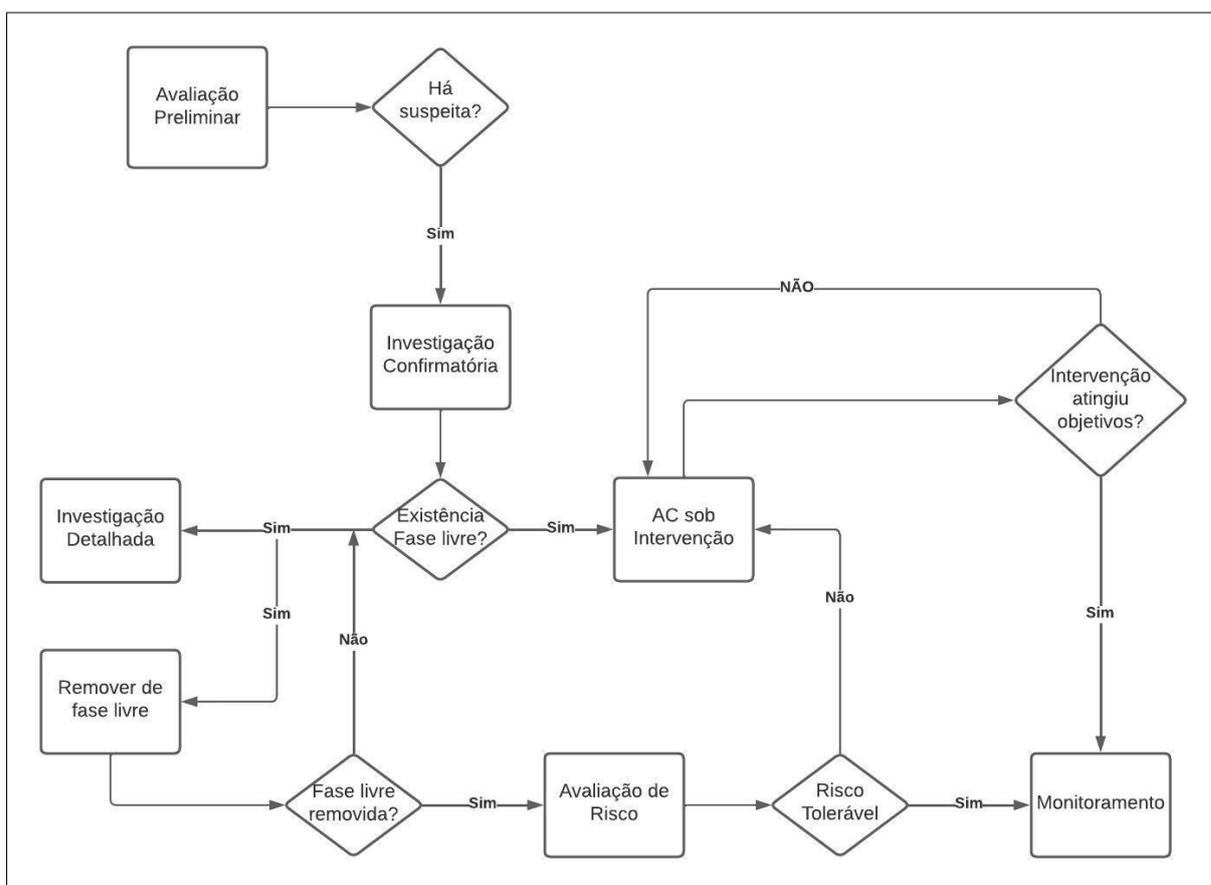


Figura 9 - Etapas do gerenciamento de áreas contaminadas. Adaptado de CONAMA (2009).

A seguir são descritas cada etapa do gerenciamento de áreas contaminadas com base nas etapas determinadas pela CETESB (2001):

- Avaliação preliminar

Na etapa de avaliação preliminar é realizado levantamento de informações históricas combinadas com observações no local de interesse (CONAMA, 2009). O principal objetivo desta etapa é identificar áreas com suspeita ou potencial de contaminação através de indícios, evidências e fatos documentados e, a partir da constatação de áreas suspeitas de contaminação, propor modelo conceitual e um plano de ação para a etapa seguinte de investigação detalhada (SMAMUS, 2018).

- Investigação Confirmatória

A presente etapa tem por objetivo confirmar a existência ou não de contaminação nas áreas suspeitas determinadas na etapa anterior. A principal forma de confirmar as suspeitas levantadas na etapa anterior é através de coleta e análise de amostras de água subterrânea e solo (FEPAM, 2021).

Conforme o CONAMA (2009), caso não seja observado fase livre, o solo deve ser classificado com base nas concentrações encontradas (caso observadas). Constatado que as concentrações detectadas não ocorrem de forma natural devem ser apresentadas as diretrizes para realização de investigação detalhada. Em um cenário de detecção de fase livre deve ser considerada a necessidade de intervenção antes ou em conjunto com a etapa de investigação detalhada (SMAMUS, 2018).

- Investigação Detalhada

A investigação detalhada procura entender a dinâmica da contaminação no meio ambiente e quantificar as concentrações, além de delimitar as plumas de contaminação (CONAMA, 2009; SMAMUS 2018). Ainda nesta etapa, deve ser caracterizado o transporte dos contaminantes, bem como cenários de evolução temporal e de exposição que subsidiem a etapa de análise de risco.

- Intervenção

A etapa de intervenção consiste em ações que visem a reabilitação da área e a diminuição dos riscos à saúde humana. As ações tomadas serão norteadas pelas informações levantadas na etapa anterior, portanto, deverão ser considerados pontos como: fontes de contaminação, características do meio e dos contaminantes, níveis

de riscos e usos pretendidos. Em geral, a presente etapa consiste em eliminação das fontes de contaminação e aplicação de técnicas de remediação (FEPAM, 2021)

- Monitoramento

O Monitoramento ambiental tem por objetivo verificar de forma periódica a qualidade do meio ambiente (SMAMUS, 2018). Para tanto, as ações de monitoramento podem ser adotadas em todas as etapas como forma de avaliar a efetividade das ações, o atendimento dos objetivos de reabilitação da área e os níveis de riscos à saúde.

A partir de uma breve análise nas etapas de gerenciamento de áreas contaminadas é possível perceber que nas etapas que antecedem a avaliação de riscos ocorre a coleta e a validação de dados.

3.6 AVALIAÇÃO DE RISCO

A utilização do termo risco está difundida no cotidiano, associado a possibilidade de algo danoso ocorrer. Na engenharia, procura-se conhecer e quantificar os riscos associados aos mais diversos assuntos, adotando metodologias específicas para cada área. Assim, a partir da definição de Vieira (2005), o risco de acontecimentos indesejados pode ser quantificado através do uso de probabilidade.

Neste contexto, a avaliação de risco à saúde humana (ARSH) é uma ferramenta para determinação da possibilidade de efeito adverso de um certo agente físico, químico ou de outra natureza (MOLAK, 1997). Conforme descrito por Faermann (2013), o efeito adverso pode ser entendido como implicações à saúde humana em virtude da ocorrência de exposição ao agente (substâncias presente no meio físico).

Contudo, a legislação brasileira define valores aceitáveis de determinadas substâncias, logo a aplicação da ARSH está condicionada à identificação de substâncias químicas de interesse acima do limite de intervenção preconizado (FEPAM, 2021).

A realização da ARSH antecede a etapa de intervenção em uma área contaminada, portanto, fornece informações necessárias para definição de um plano

de trabalho, no qual são considerados cenários de exposição, nível de risco, metas, usos futuros e bens a proteger (FEPAM, 2021)

Segundo abordado por Kolesnikovas (2009) o conhecimento dos contaminantes, das vias de exposição e dos receptores são bases para aplicação de metodologia de ARSH e, ainda, seguindo as ideias de Faermann (2013), o conhecimento do conceito de modelo conceitual e de intrusão de vapores.

Portanto, a avaliação de risco requer uma metodologia adequada para quantificação dos riscos. No Brasil, a CETESB (2007) determinou a utilização de planilhas para avaliação de riscos em áreas contaminadas. As planilhas de avaliação de risco da CETESB foram desenvolvidas com base na metodologia USEPA (1989) descrita no documento “Risk Assessment Guidance for Superfund – RAGS”, servindo de maneira auxiliar no gerenciamento de risco. Ainda, no Brasil, a norma brasileira NBR 16209 (ABNT, 2013) apresenta um processo para avaliação de riscos à saúde, norteada pelo método USEPA (1989).

De maneira geral, o processo de avaliação de riscos possui as seguintes etapas: 1 – Coleta, avaliação e validação dos dados, 2 – Avaliação de exposição, 3 – Análise de Toxicidade, 4 – Caracterização do Risco. A figura 10 representa fluxograma de interações das etapas de ARSH.

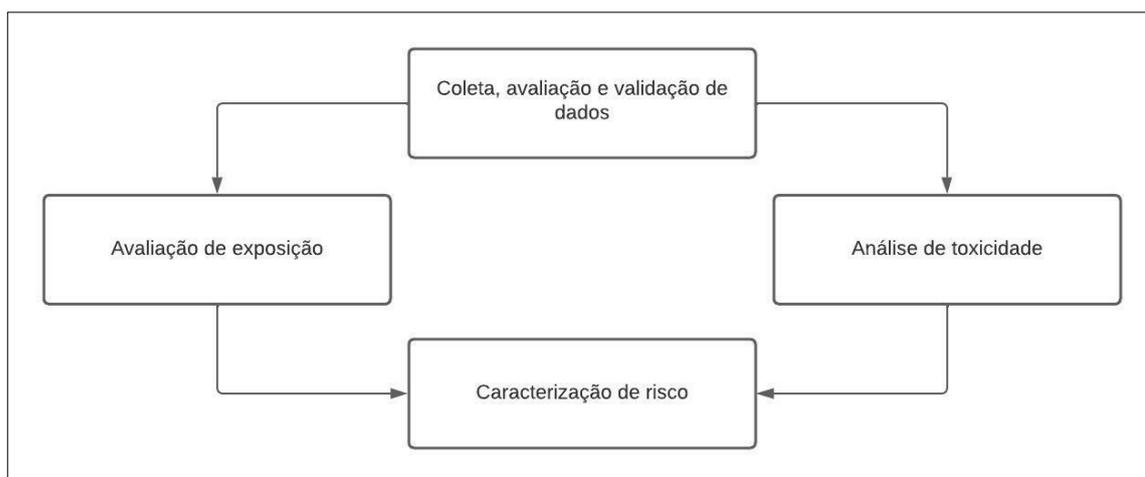


Figura 10 – Fluxograma de etapas da avaliação de riscos à saúde humana (ABNT, 2013).

3.6.1 Planilhas da CETESB

As planilhas CETESB são ferramentas para auxiliar em estudos de ARSH por exposição em áreas contaminadas. A base para o desenvolvimento das planilhas da CETESB é a metodologia da USEPA abordada no documento Risk Assessment Guidance for Superfund – RAGS “.

As planilhas são utilizadas para alguns cenários e receptores previamente definidos:

- Agrícola/residencial rural
- Residencial urbano
- Industrial/comercial
- Trabalhadores de obras

3.6.2 Receptores

A USEPA (2016) define receptores como “espécies, população, comunidade, habitat, que podem estar expostos a contaminantes.” No mesmo sentido, o Centers for Disease Control and Prevention-CDC (2022) nomeia população *receptora* como aquela exposta a determinado contaminante.

3.6.3 Avaliação de exposição

Segundo Oga *et al* (2014), a ideia da avaliação da exposição consiste na quantificação da exposição humana a um determinado agente presente no meio ambiente, por meio da intensidade, da frequência e da duração do processo. Oga ainda define dois aspectos a serem considerados sobre a exposição, sendo o primeiro o contato do contaminante com barreiras externas (trato respiratório, trato digestivo, pele) do receptor e o segundo a estimativa quali-quantitativa deste contato. O entendimento destes aspectos permite estimar as proporções que atravessam barreiras externas, ou seja, dose interna (figura 11).



Figura 11 – Conceitos importantes de avaliação da exposição (OGA 2014, adaptado de WHO, 1999).

Na avaliação de exposição é realizada a caracterização da fonte de exposição, a identificação dos meios de exposição e das vias de exposição e, por fim, a quantificação da exposição (OGA *et al*, 2014). Neste contexto, faz-se necessário o conhecimento da:

- População exposta;

- Substâncias de interesse;
- Duração da exposição;
- Meios da exposição;
- Vias de exposição.

3.6.4 Vias de Exposição

O entendimento das vias de exposição são fundamentais para uma ARSH, pois nesta etapa está previsto a identificação dos meios de ingresso de um contaminante no corpo humano (MS, 2010).

Segundo Ministério da Saúde (2010), no processo de ARSH todas as vias de exposição precisam ser analisadas, ainda que algumas não possuam frequência considerável, podendo ser descartadas ao longo do estudo.

As vias de exposição estão ilustradas na figura 12 e incluem:

- Ingestão de contaminantes através de água superficial ou subterrânea, solo e alimentos;
- Inalação de contaminantes oriundos da água subterrânea ou superficial ou presentes no ar como: gases, material particulado ou poeira;
- Contato dérmico com contaminantes existentes no ar, solo, água e alimentos.

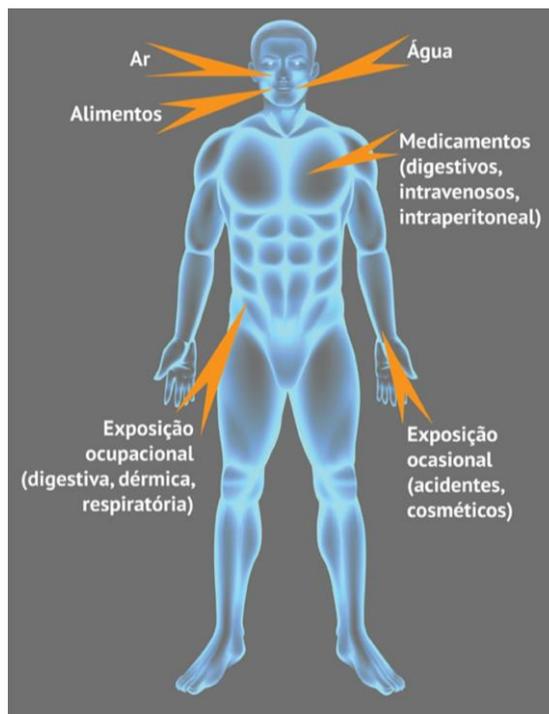


Figura 12 - Vias e fontes da exposição humana a contaminantes (CETESB, 2022).

O conhecimento das vias de exposição permite posteriormente definir os cenários de exposição do receptor, ou seja, avaliando a possibilidade de ocorrência de exposição a um contaminante de maneira factível, assim descartando cenários hipotéticos ou de condições extremas. A exposição pode ser de maneira direta, ou seja, quando o receptor entra em contato com a fonte primária de contaminação ou de maneira indireta, quando o receptor entra em contato com uma substância (contaminante) através de um meio físico.

Se o vapor contaminante não atingir o edifício, a via de exposição da fonte de contaminação ao receptor é considerada incompleta, caso em que o indivíduo não pode ser considerado em risco de exposição ao ar interno devido à intrusão de vapor. Em outros casos, o vapor pode entrar nos edifícios, mas em níveis tão baixos que o risco é considerado insignificante. Há casos em que o vapor pode penetrar nos edifícios, acumular e assumir níveis que podem representar um risco inaceitável à saúde. (USEPA, 2002)

3.6.5 Modelo conceitual de exposição (MCE)

A formulação de um modelo conceitual de exposição (MCE) é a condensação de informações da área de estudo, através do uso de ferramentas ilustrativas e de texto (figura 13), que buscam apresentar como se desenvolve a contaminação e, ainda, o comportamento dos contaminantes, relacionando as fontes de contaminação. No MCE, devem ser representadas a relação dos receptores, demonstrando possíveis cenários de exposição (ABNT, 2013).

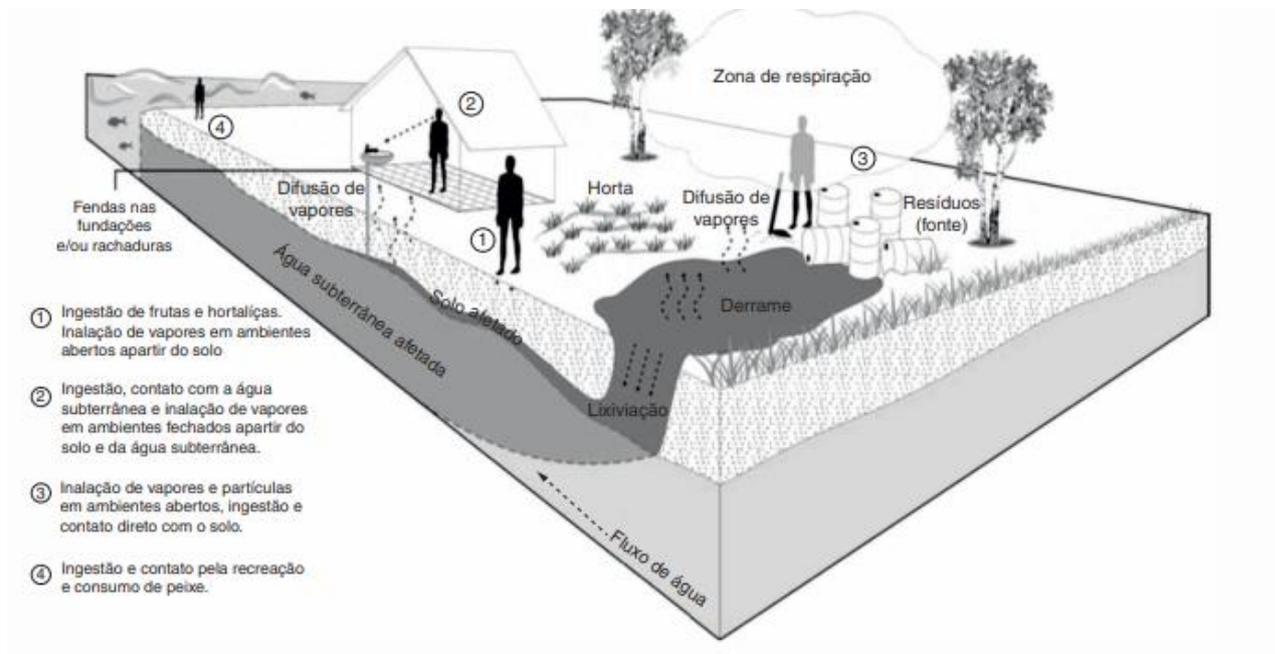


Figura 13 - Exemplo de modelo conceitual de exposição (ABNT, 2013)

3.7 POSTOS DE GASOLINA E O MONITORAMENTO AMBIENTAL

No Brasil, há mais de quarenta e um mil postos revendedores de derivados do petróleo. A região sul é a terceira região com mais postos revendedores, contudo o estado do Rio Grande do Sul é o terceiro estado com mais postos (ANP, 2021).

Nos últimos anos, o avanço tecnológico permitiu ao setor de comércio de combustível tomar ações que visem diminuir o potencial poluidor. Contudo, os postos revendedores utilizam o sistema de armazenagem subterrânea de combustíveis (SASC) para derivados de petróleo. Neste contexto, passivos ambientais podem ser

gerados a partir de vazamentos nos tanques ou tubulações e, ainda, no manuseio e transporte dos produtos.

Postos revendedores de combustíveis estão comumente instalados em zonas antropizadas, assim é fato a preocupação quanto a restrição e a fiscalização destas atividades. Neste sentido, considerando que vazamentos de derivados do petróleo e outros combustíveis podem causar contaminação ambiental da água, do solo e do ar, o CONAMA estabeleceu diretrizes para o licenciamento desta atividade, a partir da Resolução nº 273 de 29 de novembro de 2000.

No cenário gaúcho, a portaria nº 82/2020 da FEPAM, dispõe de critérios e procedimentos para o licenciamento ambiental de postos revendedores. Dentro dos procedimentos previstos para os PRs visando a proteção da qualidade ambiental, destaca-se o artigo nº 54:

“Art. 54. O sistema de detecção de vazamentos deverá prever a distribuição dos poços de monitoramento considerando a localização dos tanques e linhas de distribuição e o sentido do fluxo preferencial das águas subterrâneas, de forma a garantir a detecção de eventuais vazamentos subterrâneos.”

O procedimento adotado para a detecção de vazamentos com uso de poços de monitoramento é feito de maneira a realizar campanhas semestrais de coleta de amostras de águas subterrâneas e, conseguinte, análises da presença ou não de contaminantes nas amostras. A portaria define os parâmetros mínimos a serem analisados:

- Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos (HPAs);
- Benzeno;
- Tolueno;
- Xilenos;
- Etilbenzeno.

4 DESCRIÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

Os dados utilizados para elaboração deste estudo foram obtidos de uma investigação detalhada realizada em um posto de gasolina, localizado no município de Santa Maria (figura 14) no estado do Rio Grande do Sul. O relatório final contendo os dados foi fornecido pela empresa *Ipiranga Produtos de Petróleo S.A.*

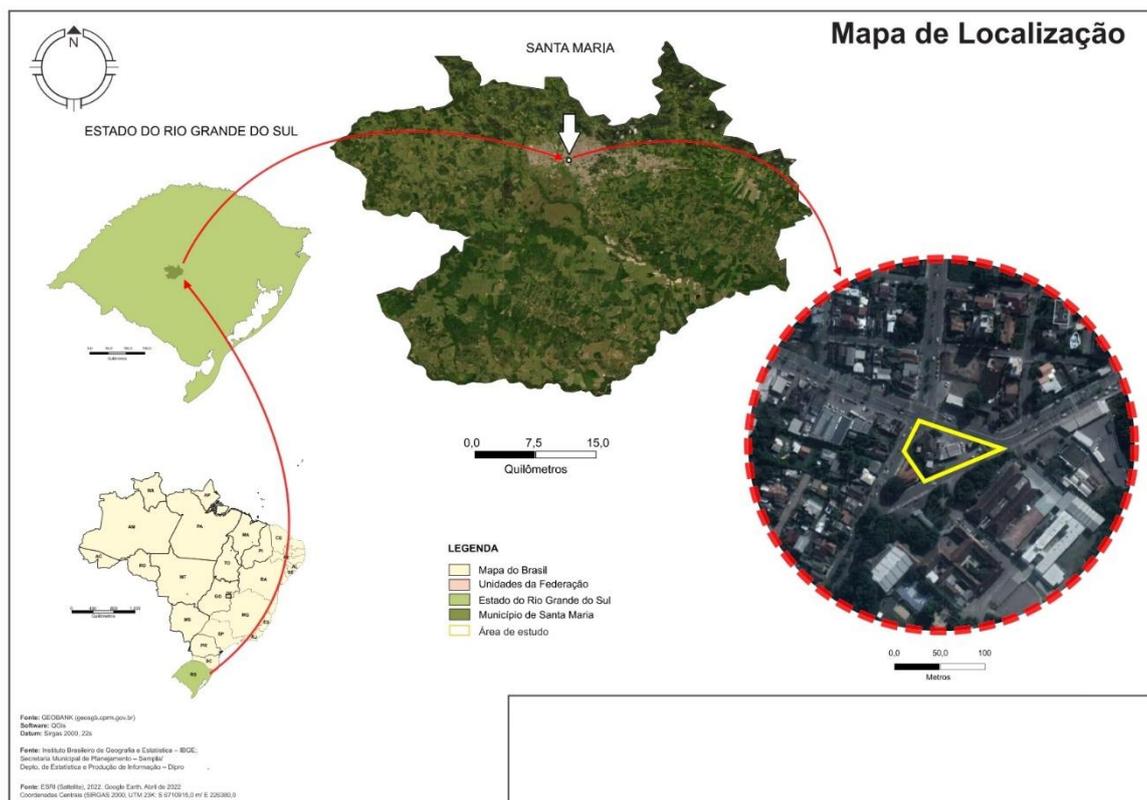


Figura 14 – Mapa de localização da área de estudo. Fonte: Relatório de investigação detalhada (TECNOHIDRO, 2022)

4.1 CARACTERIZAÇÃO DO MEIO FÍSICO

4.1.1 Aspecto geológico

A área de estudo está localizada sobre rochas sedimentares da Formação Santa Maria, abaixo dos sedimentos quaternários. Na figura 15 está apresentado mapa geológico regional, com ênfase na litologia do município de Santa Maria. Conforme relatório de investigação detalhada de 2022 (TECNOHIDRO, 2022) foram definidos dois níveis de investigação:

- 1º Nível: intercalação de níveis areno-argilosos com argilas arenosas, até os 3,0 m, aproximadamente, com cor variando entre cinza, marrom e bege;
- 2º Nível A: níveis argilo-arenosos com areia fina a média e cor variando entre bege, cinza, marrom e marrom alaranjada, com aspecto seco e compactado de 3,0 m até, aproximadamente, 6,5 m.
- 2º Nível B: argila avermelhada com fragmentos de arenito de 6,5 m até os 10 m.

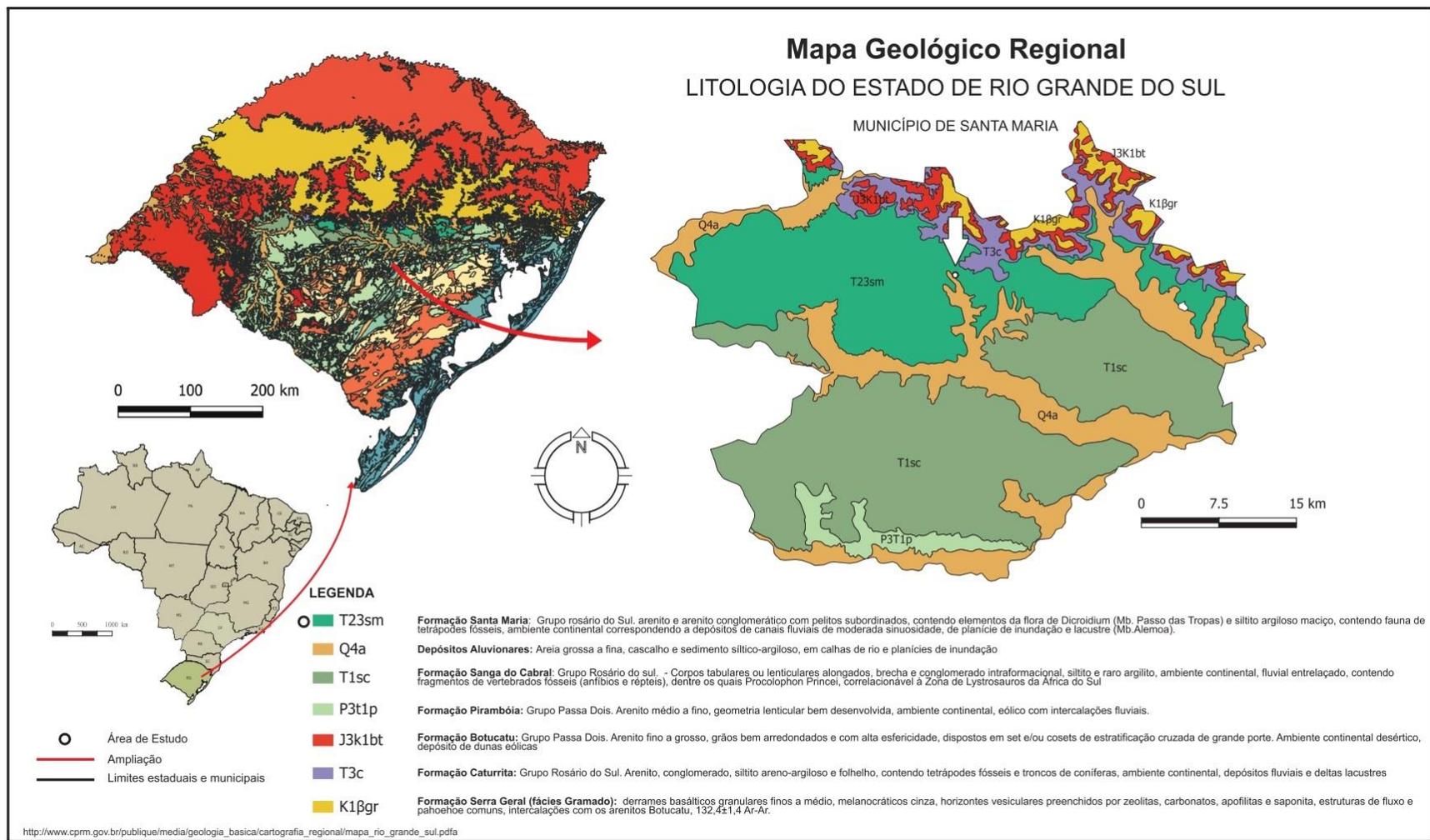


Figura 15 - Mapa geológico regional. Fonte: Relatório de investigação detalhada (TECNOHIDRO, 2022)

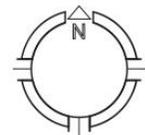
4.1.2 Água subterrânea

O local está inserido sob o Sistema aquífero Santa Maria (CPRM, 2022), podendo ser observado na figura 16. As águas do Sistema Aquífero Santa Maria estão armazenadas em arenitos grossos a conglomeráticos na base, lamitos avermelhados, siltitos e arenitos finos a médios no topo.

O nível d'água local dos poços rasos foi observado em profundidades que variaram de 0,35 (PM-08) a 1,35 (PM-20) metros, com média de 1,0 m. Quanto ao nível d'água dos poços multiníveis, os laudos indicaram uma média de 3,81 m, o poço que apresentou maior nível d'água foi o MNB-06 (6,5 m) enquanto o de menor nível foi o MN-19 (1,4 m).

Mapa Hidrogeológico Regional

AQUÍFEROS DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL



DESCRIÇÃO DAS UNIDADES

- ap** **Aquitardos Permianos**, Aquíferos limitados pela baixa possibilidade de captação de água subterrânea em rochas com porosidade intergranular ou por fraturas
- bt** **Aquífero Botucatu**, Aquíferos praticamente improdutivos em rochas com porosidade intergranular ou por fraturas
- bb** **Aquífero Basalto Botucatu**, Aquíferos praticamente improdutivos em rochas com porosidade intergranular ou por fraturas
- ec1** **Aquífero Embasamento Cristalino I**, Aquíferos com média a baixa possibilidade para captação de água subterrânea em rochas com porosidade por fraturas
- ec2** **Aquífero Embasamento Cristalino II**, Aquíferos limitados de baixa possibilidade para captação de água subterrânea em rochas com porosidade intergranular ou fraturas
- ec3** **Aquífero Embasamento Cristalino III**, Aquíferos praticamente improdutivos em rochas com porosidade intergranular ou por fraturas
- pr** **Aquífero Palermo Rio Bonito** Aquíferos com média a baixa possibilidade para captação de água subterrânea em rochas com porosidade intergranular
- qc1** **Aquífero Quaternário costeiro I**, Aquíferos com alta a baixa possibilidade para captação de água subterrânea em rochas com porosidade intergranular
- qc2** **Aquífero Quaternário costeiro II**, Aquíferos com média a baixa possibilidade para captação de água subterrânea em rochas com porosidade intergranular
- sd** **Aquífero de Sedimentos Deltaicos**, Aquíferos com alta a média possibilidade para captação de água subterrânea em rochas e sedimentos com porosidade intergranular
- sg1** **Aquífero Serra Geral I**, Aquíferos com alta a média possibilidade para captação de água subterrânea em rochas e sedimentos com porosidade por fraturas
- sg2** **Aquífero Serra Geral II**, Aquíferos com média a baixa possibilidade para captação de água subterrânea em rochas e sedimentos com porosidade por fraturas
- sg3** **Aquífero Serra Geral III**, Aquíferos praticamente improdutivos em rochas com porosidade intergranular ou por fraturas
- sm** **Aquífero Santa Maria**, Aquíferos com alta a média possibilidade para captação de água subterrânea em rochas e sedimentos com porosidade intergranular
- sp** **Aquífero Sanga do Cabral (Pirambóia)**, Aquíferos com média a baixa possibilidade para captação de água subterrânea em rochas e sedimentos com porosidade intergranular

LEGENDA

- Área de Estudo
- Ampliação
- Limites estaduais e municipais

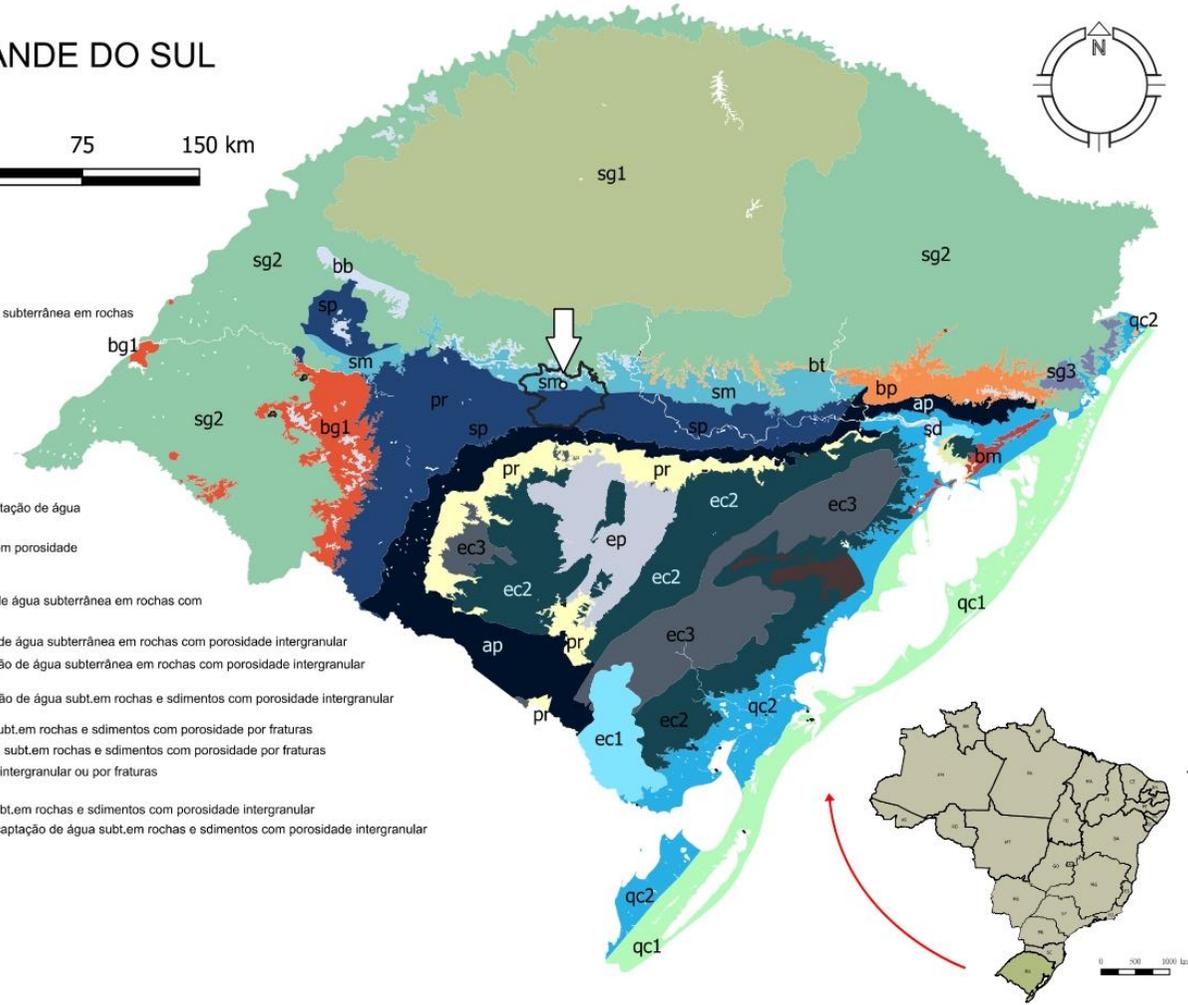


Figura 16 – Mapa Hidrogeológico do Rio Grande do Sul. Fonte: Relatório de investigação detalhada (TECNOHIDRO, 2022)

Na tabela 02 são apresentadas características de todos os poços existentes no local. Na figura 17 é apresentada a localização de todos os poços levantados. Na figura 18 é apresentado o mapa potenciométrico raso e nas figuras 19 e 20 são apresentados os mapas potenciométricos multinível e multinível mais profundos, respectivamente.

O mapa potenciométrico nos mapas rasos indica fluxo preferencial de sul e sudeste para norte e noroeste. Em relação aos poços multiníveis, o fluxo é bem definido de sudeste para noroeste. Nos poços multiníveis mais profundos (MNB) indica fluxo subterrâneo de sul para norte.

Tabela 2 - Características locacionais e hidrogeológicas dos poços existentes. Fonte: Relatório de investigação detalhada (TECNOHIDRO, 2022)

Poço	Cota (m)	Prof. (m)	N.A. (m)	Carga Hidráulica (m)	Condutividade Hidráulica K (m/s)
PM-01	107,92	3,26	1,05	106,87	5,42E-04
PM-02	108,29	3,68	1,25	107,04	-
PM-03	108,37	4,16	1,28	107,09	1,32E-05
PM-04	108,17	3,12	1,00	107,17	-
PM-05	108,24	1,61	0,85	107,39	3,12E-05
PM-06	107,74	2,35	0,95	106,79	-
PM-08	107,69	1,45	0,35	107,34	-
PM-09	107,73	2,07	0,70	107,03	-
PM-10	107,53	2,02	0,85	106,68	-
PM-14	108,37	2,49	1,20	107,17	3,99E-04
PM-15	107,63	2,45	0,90	106,73	-
PM-16	107,89	2,43	0,90	106,99	-
PM-18	107,83	3,05	1,20	106,63	2,19E-05
PM-19	108,24	2,87	0,90	107,34	-
PM-20	108,24	2,99	0,90	107,34	-
PM-21	108,35	2,45	1,02	107,33	-
PM-22	107,92	2,96	1,04	106,88	-
PM-24	108,27	3,50	1,10	107,17	8,83E-07
PM-25	108,27	3,60	1,00	107,27	8,40E-07
PM-26	108,07	3,52	1,10	106,97	1,67E-06
PME	107,81	2,53	1,18	106,63	-
MN-09	107,84	6,58	1,90	105,94	1,92E-08
MN-19	108,24	6,55	1,40	106,84	4,94E-08
MN-20	108,29	6,00	2,18	106,11	3,39E-09
MNB-06	108,64	9,79	6,50	102,14	1,45E-09
MNB-19	108,85	10,06	4,70	104,15	1,16E-08
MNB-20	108,88	10,24	6,18	102,70	6,93E-10
PS-02	107,40	1,85	0,55	106,85	-

PS-03	107,67	1,91	0,63	107,04	-
PS-04	107,54	1,86	0,52	107,02	-
PS-05	107,22	2,44	0,80	106,42	-
PR-01	108,26	3,93	1,05	107,21	-
PR-02	108,24	2,05	1,08	107,16	-
PR-03	108,50	2,32	1,00	107,50	-

Legenda: PM -poço de monitoramento raso; MN - poço de monitoramento multinível; MNB - poço de monitoramento multinível mais profundo; PS -Poço de Sucção (Sistema MPE). PR - Poço de Remediação (antigo). PME - Poço de Monitoramento pré-existente (é um PM); N.A. - Nível d'água

Durante a fase de investigação detalhada, foi modelada a velocidade de escoamento (Ve), para todos os níveis de investigação da água subterrânea. Os dados são apresentados a seguir:

- 1º nível: (Ve) = 26,60 m/ano
- 2º nível: (Ve) = 1,95 m/ano
- 2º nível B: (Ve) = 1,37 m/ano

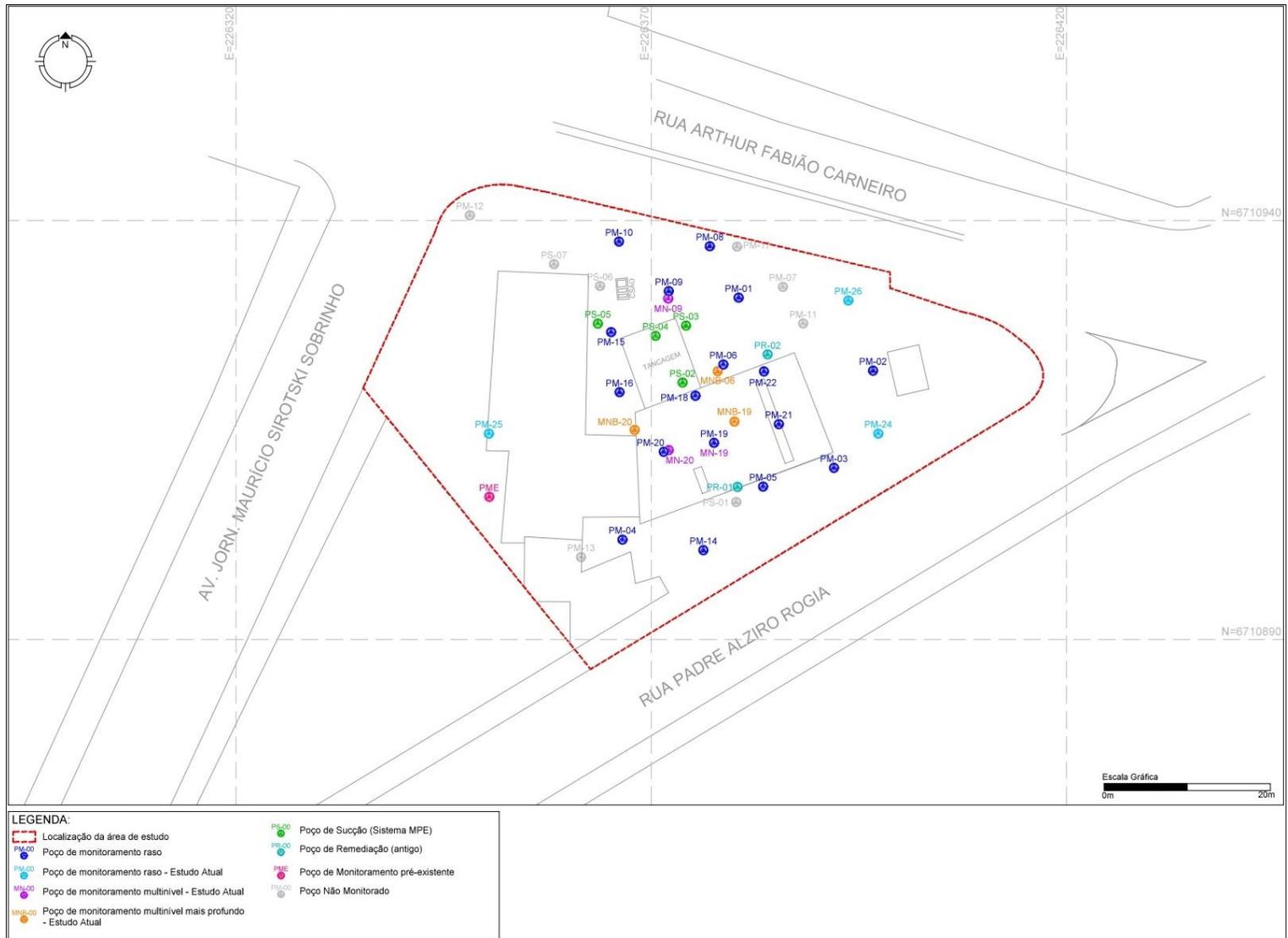


Figura 17 – Localização de poços na área de estudo. Fonte: Relatório de investigação detalhada (TECNOHIDRO, 2022)

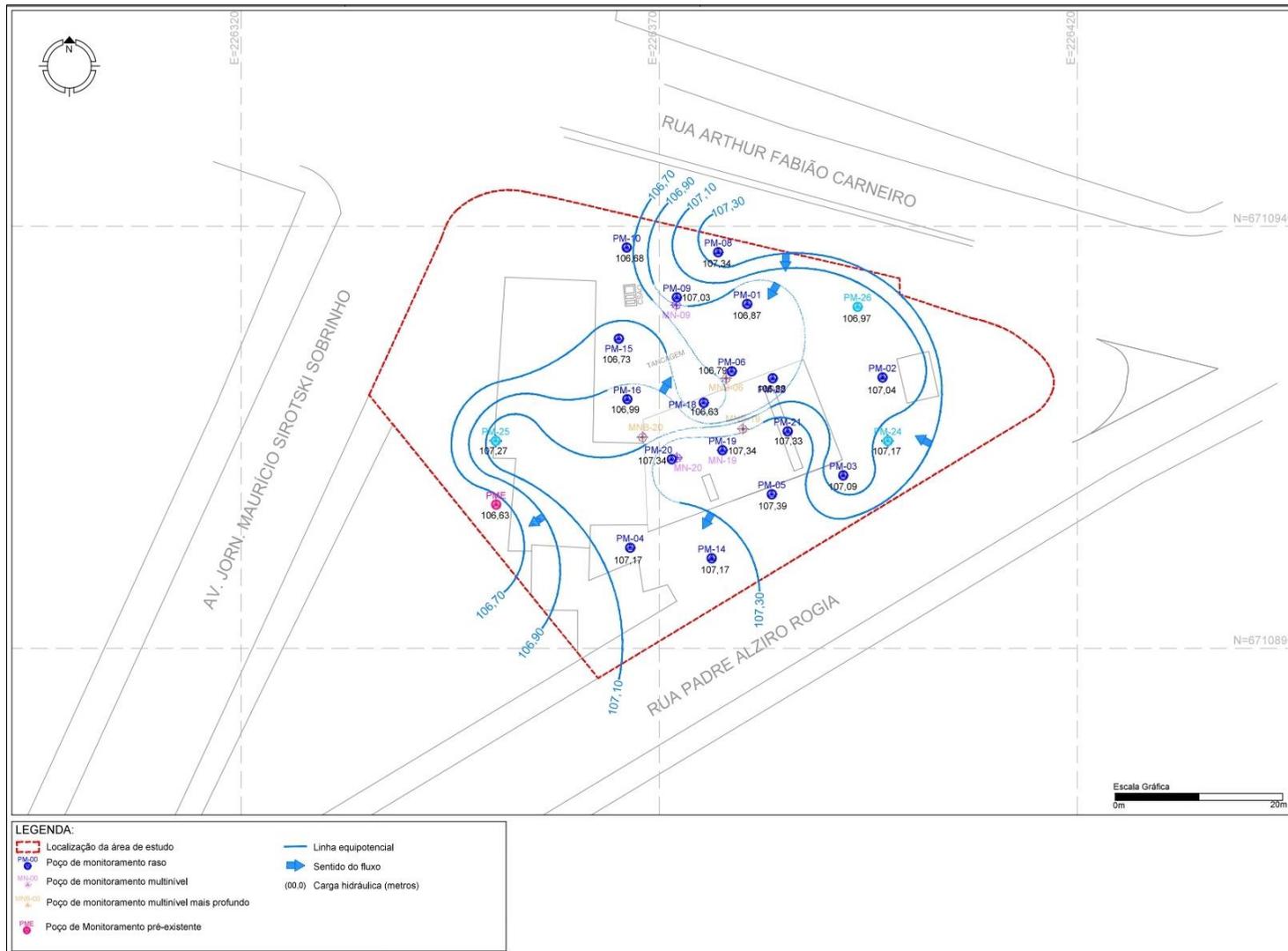


Figura 18 – Mapa potenciométrico poços rasos. Fonte: Relatório de investigação detalhada (TECNOHIDRO, 2022)

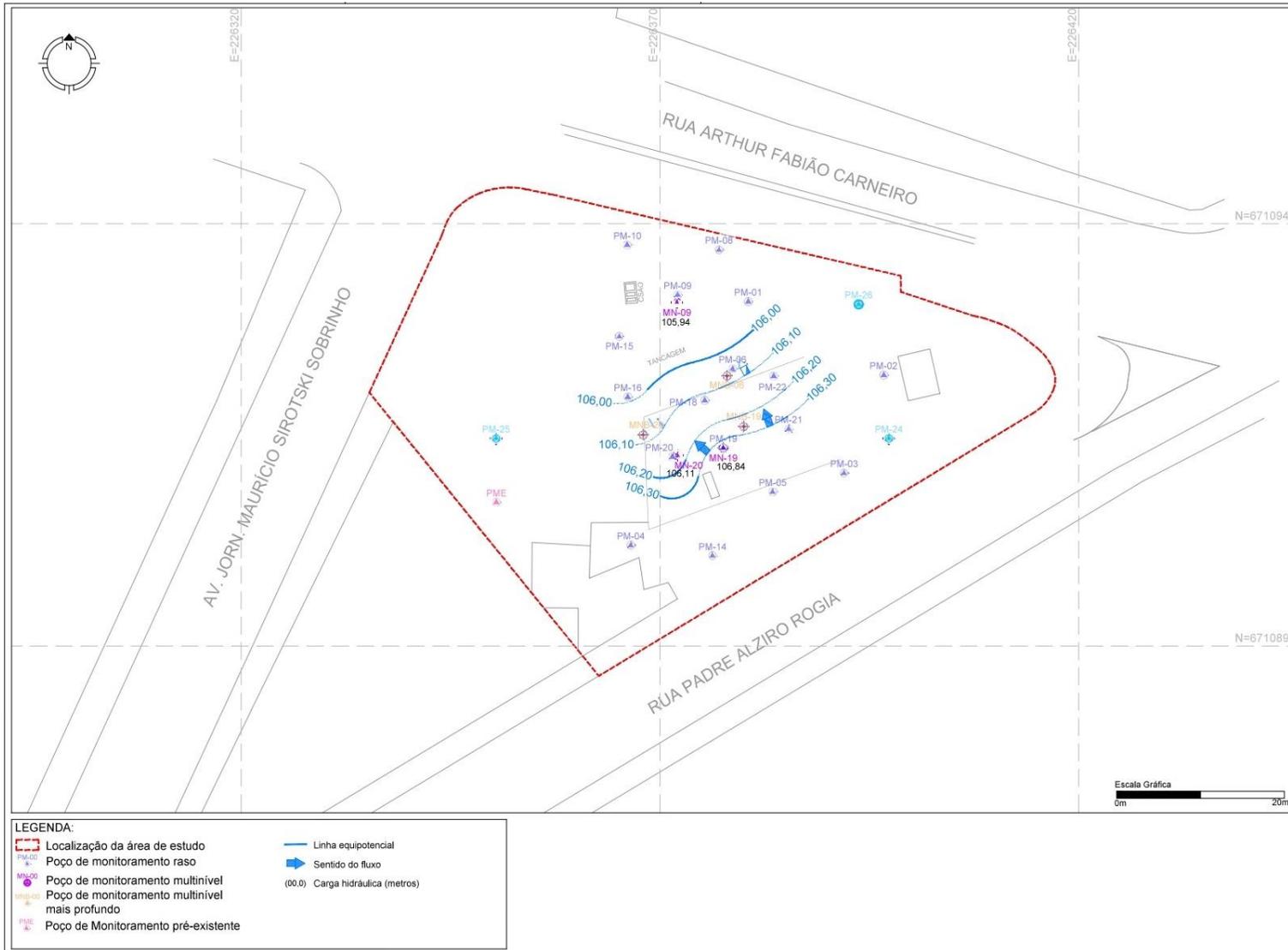


Figura 19 - Mapa potenciométrico poços multiníveis. Fonte: Relatório de investigação detalhada (TECNOHIDRO, 2022)

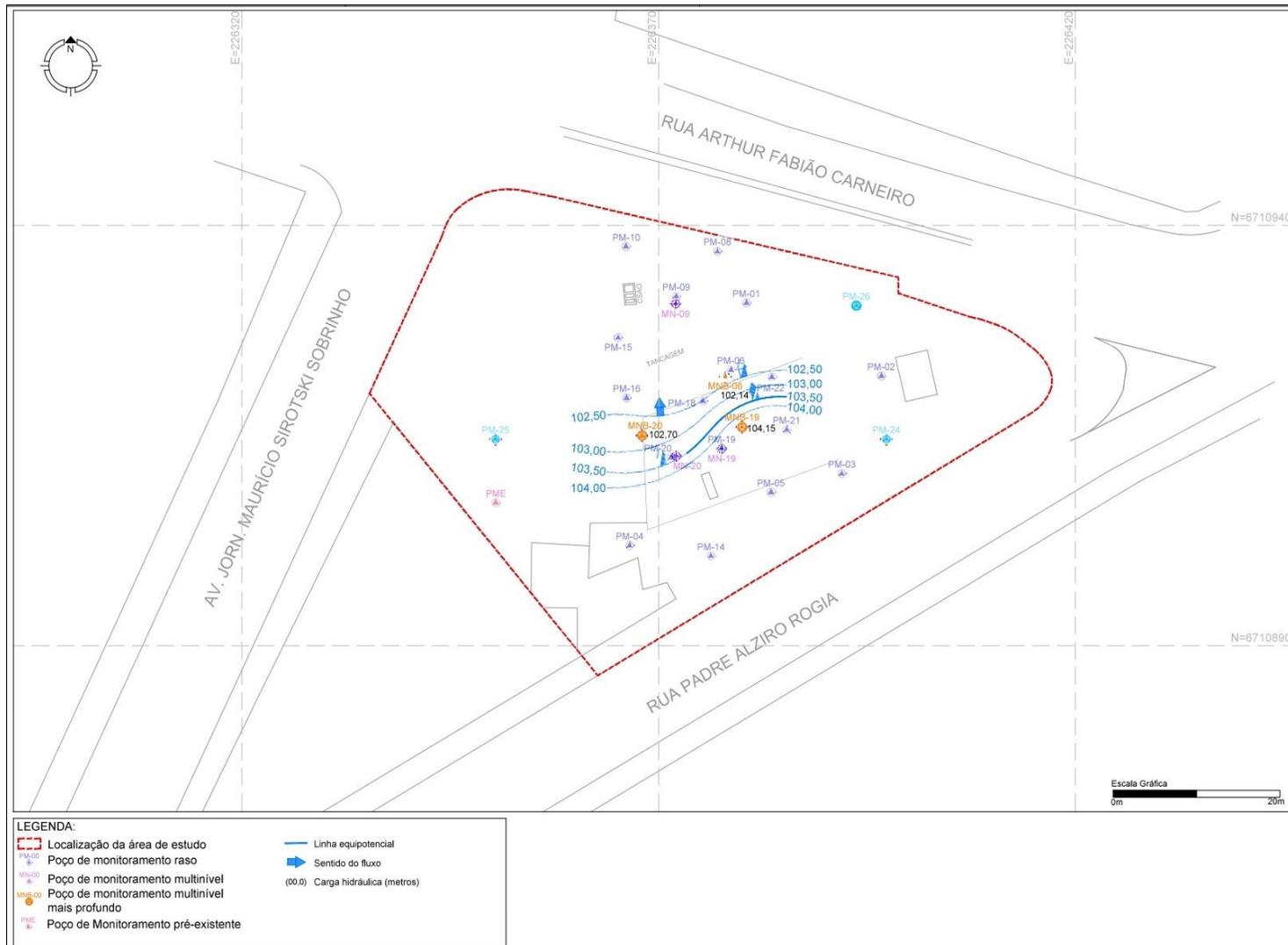


Figura 20 - Mapa potenciométrico poços multiníveis profundos. Fonte: Relatório de investigação detalhada (TECNOHIDRO, 2022)

4.2 USO DO SOLO

Atualmente, o posto de gasolina opera no local com 2 tanques subterrâneos bipartidos com capacidade 30m³ cada. Além da atividade de abastecimento de veículos automotores, o empreendimento realiza troca de óleo e lavagem de veículos. Conforme relatório da empresa Ipiranga, há piso impermeável com canaletas para condução do efluente para tratamento.

Segundo a Lei complementar nº 117, de julho de 2018 que dispõe sobre o parcelamento e uso e ocupação do solo no município de Santa Maria (RS), o posto de gasolina está localizado na Macrozona “A” que representa um corredor de urbanidade e está adjacente à Macrozona “B”, definida como centro (IPLAN, 2022).

Em um círculo com raio de 100 metros a partir do centro do empreendimento, há presença de áreas comerciais e residências. Conforme descrito no relatório da empresa Ipiranga/TecnoHidro (2022): “Aos fundos da área, a oeste, existem lotes residenciais e comerciais além de um restaurante. A norte, no lado oposto da avenida estão também lotes comerciais e residenciais, além de uma farmácia. A leste possui uma revenda de veículos e a sul possui um colégio”.

Ainda, conforme registro disponibilizado pela FEPAM, existem duas áreas com estudos relacionados a áreas contaminadas. A primeira localizada a 200 metros e a segunda localizada a 400 metros, sendo ambas áreas utilizadas para atividade de postos de combustível.

A partir de dados obtidos no Sistema de Outorga de Água no Rio Grande do Sul (SIOUT), em agosto de 2022, existem 11 (onze) poços de captação cadastrados numa área circular de raio de 500 metros com centro no empreendimento. As águas captadas nos poços são utilizadas para consumo humano e uso sanitário. O poço mais próximo está localizado a 30 metros do posto, cuja água é utilizada para consumo.

4.2.1 Descrição das Atividades Comerciais

Conforme informações obtidas junto ao proprietário, na fase de investigação detalhada, a atividade de posto de combustível iniciou-se na década de 50. No início, o posto possuía seis (06) tanques para armazenamento de combustíveis. Atualmente,

o local conta com dois (02) tanques bicompartimentados subterrâneos em operação e três (03) tanques desativados (figura 21) (TECNOHIDRO, 2022).

4.3 HISTÓRICO AMBIENTAL

Neste tópico, serão abordados alguns momentos importantes no histórico ambiental da área até a investigação detalhada ocorrida no ano de 2022.

4.3.1 Ocupacional

Segundo informações obtidas do relatório de diagnóstico ambiental (SERVMAR, 2008), realizado no local antes de 2010 existiam seis tanques de armazenamento subterrâneos de combustíveis com capacidade de 15000 litros, um filtro de abastecimento e sete bombas de abastecimento. Estes equipamentos eram utilizados para o comércio de gasolina, gasolina aditivada, álcool e diesel. Atualmente, há dois tanques bicompartimentados em localização diferente dos tanques antigos, conforme demonstrado na figura 21.

4.3.2 Diagnóstico Ambiental Preliminar 2002

No ano de 2001, foi solicitada pela FEPAM, uma avaliação na área do posto com objetivo de determinar possíveis contaminações do solo e das águas subterrâneas causada por hidrocarbonetos.

As atividades para atendimento das exigências consistiram no mapeamento de vapores no solo superficial, a partir da realização de 05 sondagens investigativas. Na ocasião, foram instalados cinco poços de monitoramento para coletas de amostras de água subterrânea. As amostras de solo coletadas na execução das sondagens e as amostras de águas dos poços de monitoramento foram encaminhadas para análises químicas com objetivo de verificar presença de TPH (Hidrocarbonetos Totais de Petróleo).

Para o pleno monitoramento da água subterrânea, os poços de monitoramento foram mantidos, sendo acrescido análises de BTEX (Benzeno, Tolueno, Etilbenzeno e Xilenos Totais).

4.3.3 Monitoramento ambiental 2003-2005

Entre setembro de 2003 e setembro de 2005, foram realizadas novas campanhas de monitoramento ambiental, a partir de coleta e análises de amostras de água subterrânea.

Na primeira campanha desta fase, em setembro de 2003, foram instalados dois poços de monitoramento adicionais e o acréscimo de análises de Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos (HPA). Ainda, foi constatado a presença de benzeno na amostra coletada no poço de monitoramento denominado PM-02.

Na segunda campanha de monitoramento ambiental, realizada em março de 2004, observou-se fase residual de hidrocarbonetos nos poços de monitoramento PM-02 e PM-05. Segundo a empresa SERVIMAR (2004), verificou-se concentrações de benzeno acima dos valores estabelecidos pela Lista Holandesa e pela Portaria 518/04 (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2004).

Em junho de 2005, foi realizada a terceira campanha de amostragem, sendo constatado a presença de benzo (a) antraceno, naftaleno, xilenos e benzeno acima dos limites preconizados pela Lista Holandesa, no PM-02. A presença de benzeno também foi observada no PM-01.

Ainda, no mesmo período, ocorreu a remoção de 03 tanques de armazenamento subterrâneo com capacidade 15000 litros e que já se encontravam desativados, além de um 01 tanque subterrâneo, utilizado para armazenamento de óleo queimado, na troca de óleo do estabelecimento. Na oportunidade, o poço de monitoramento PM-05 foi destruído.

Na retirada de tanques, foram coletadas amostras de solo do fundo e das paredes da cava formada pelos tanques. A amostra do fundo da cava foi a única a apresentar presença de benzeno acima dos limites estabelecidos pela Lista Holandesa (VROM, 2009).

Na última campanha deste período, realizada em setembro de 2005 foi instalado um novo poço de monitoramento, denominado PM-08 e reinstalado o poço de monitoramento PM-05.

4.3.4 Diagnóstico ambiental 2008

Em julho de 2008, foi realizada uma nova investigação ambiental na área, sendo realizado a execução de 06 sondagens com a instalação de 05 novos poços de monitoramento (PM-09 ao PM-13). Naquele estudo, foram coletadas 02 amostras de solo e 20 amostras de água subterrânea que posteriormente foram analisadas para os parâmetros BTEX, HPA, TPH-GRO e TPH-DRO.

4.3.5 Remoção de tanques 2010

No ano de 2010, foram removidos 06 (seis) tanques, com capacidade de 15m³ cada um, segundo relatório transcrito pela empresa Projeconsult Engenharia. Na ocasião, segundo relatório, um tanque denominado tanque 07 permaneceu no local, pois sua localização era abaixo da pista de abastecimento e próximo a um pilar de sustentação e, portanto, sua remoção não era viável. A solução adotada foi a inertização e limpeza do tanque, sendo preenchido com areia.

4.3.6 Remediação ativa 2010 a 2013

Em setembro de 2010 iniciou-se uma tentativa de intervenção na área através do uso de técnica de remediação ativa. Na ocasião, foi instalado um sistema de remediação MPE (*Multi Phase Extraction*) e sete poços de sucção denominados PS-01 a PS-07.

No período de setembro de 2010 a junho de 2011, foram coletadas amostras de água subterrânea em quatro (04) campanhas. Nestas campanhas, foram analisados os parâmetros BTEX e TPH.

A intervenção durou 28 meses, contudo, em uma última campanha de amostragem e análise de água subterrânea, cinco (05) pontos ainda apresentavam concentração de TPH acima do limite praticado pela Lista Holandesa.

4.3.7 Gerenciamento ambiental 2011 – 2020

Em setembro de 2011 foi desenvolvido um novo relatório diagnóstico com análise de risco à saúde humana (TRIAL, 2011). O escopo se resumiu no monitoramento dos poços existentes, execução de sondagens com coleta de solo, instalação de novos poços de monitoramento da água subterrânea (PM-14 a PM-16) para análises de BTEX e TPH.

Nas análises laboratoriais da água subterrânea foram encontradas concentrações acima do Nível de Intervenção da Lista Holandesa nas amostras coletadas nos poços PS-04, PM-14 e PM-16 e na sondagem S-02 para o parâmetro TPH Total.

O modelo analítico realizado indicou a existência de risco tóxico à saúde humana para o caminho de exposição à inalação de vapores em ambientes fechados. O risco carcinogênico individual e cumulativo mais restritivo foi de $0,53 \times 10^{-5}$, abaixo do risco permitido de $1,0 \times 10^{-5}$. O risco tóxico individual foi de 1,1 e o cumulativo foi de 1,2, ambos acima do risco permitido de 1,0.

Foi recomendada a delimitação da pluma de hidrocarbonetos em fase dissolvida (TPH Total), o tamponamento do poço profundo PP-01 em função dos resultados encontrados no poço PM-16; e Implantação de tecnologia de remediação para eliminação de hidrocarbonetos em fase dissolvida encontrados na água subterrânea do empreendimento.

No final de 2013 foi realizada a investigação ambiental na área com uma nova avaliação de risco à saúde humana pela empresa GEO AMBIENTAL (GEO AMBIENTAL, 2013). O projeto teve início no mês de setembro com a realização dos trabalhos de campo e finalização em dezembro do mesmo ano. Durante a realização da etapa de campo que ocorreu durante 3 dias consecutivos, foram executadas 10 sondagens, com coleta de amostras de solo, instalação dos poços de monitoramento e água subterrânea.

No total foram coletadas 21 amostras de água subterrânea e 10 amostras de solo analisadas para os parâmetros TPH, PAH e BTEX, além das análises físico-químicas das amostras. Como valores de intervenção, foram usados a Lista Holandesa e os valores da CONAMA-VI

Quanto aos resultados analíticos das amostras de água subterrânea foram observados valores superiores ao VI estabelecido em 3 poços (PM-06, PM-09 e PM-11) para as substâncias Benzeno, Naftaleno e Criseno. Já os resultados das amostras de solo indicaram valor superior ao VI apenas para o Benzeno na amostra ST-02.

A avaliação de risco à saúde humana concluiu, a partir dos cálculos realizados, que tanto o solo quanto a água subterrânea apresentam, em pelo menos um dos cenários descritos, risco a saúde humana. Com isso, foram recomendadas medidas de intervenção até que as metas descritas fossem atingidas.

Após a avaliação de risco à saúde humana (2013), foi instalado um sistema de remediação na área de estudo. O sistema escolhido e instalado foi o Sistema de Extração Multifásico (MPE) instalado no mês de maio de 2014. Após a instalação e ativação do sistema de remediação foram realizadas uma série de campanhas quadrimestrais de amostragem de água subterrânea.

O sistema de remediação instalado atua na extração das fases livre, dissolvida e de vapor e desde a instalação do equipamento, estima-se que já foram explotados aproximadamente 1.178,72 m³ de líquidos. Além disso, durante os meses de maio a agosto de 2018 foram aplicados 1.920 L de solução biorremediadora.

Além da remediação da área, foram feitas campanhas de amostragem de água subterrânea e solo. Entre os meses de janeiro e julho de 2018 foram coletadas 19 amostras de água e uma amostra de solo, todas as amostras foram submetidas a análise química para os parâmetros PAH, BTEX e TPH *fingerprint*. Os resultados analíticos apontaram concentrações superiores ao VI estabelecido nos poços PM05, PM06, PR05, PR06, PR01, PR03, PS02 e PM16, para as substâncias benzeno e TPH.

O estudo concluiu que as concentrações observadas caracterizam risco para a saúde humana apenas para o Benzeno. Com isso, recomendou-se a continuidade da aplicação dos biorremediadores e processo ISCO (oxidação química). Adicionalmente foi recomendada a realização de campanhas de amostragem com análise dos parâmetros BTEX, PAH e TPH *fingerprint*.

Em seguida foi realizada a investigação detalhada da área, iniciado em março de 2019 com a realização do trabalho de campo na área e finalizado no mês de junho do mesmo ano. A campanha contou com a instalação de novos poços além da coleta

de 34 amostras de água subterrânea e 5 amostras de solo. Todas as amostras foram analisadas para os parâmetros BTEX, PAH e TPH.

As amostras coletadas foram enviadas para o laboratório EUROFINs – INNOLAB. Assim como as demais campanhas, os valores de interferência usados foram os da CONAMA VI além dos valores da Lista Holandesa.

Para solo, primeiramente as amostras foram analisadas in loco para o parâmetro VOC, as quais obtiveram valores quantificáveis e em seguida enviadas ao laboratório. Em laboratório, foram analisados os parâmetros PAH, BTEX e TPH, e foram verificadas concentrações superiores ao VI nas amostras coletadas nas sondagens para instalação dos poços PM18, PM19, PM20, PM21 e PM22, para as substâncias Benzeno e TPH Total.

Foram coletadas 34 amostras de água subterrânea, analisadas para os parâmetros PAH, BTEX e TPH *fingerprint*. Dos poços monitorados, foram observadas concentrações superiores ao VI para o Benzeno em 8 poços, Tolueno em um poço, Etilbenzeno em 4 poços, Xileno em 4 poços, Naftaleno em 5 poços, Fenantreno em 2 poços, Benzo (a) antraceno em 3 poços, Benzo (a) Pireno em 2 poços e TPH em 9 poços.

Foi recomendada a continuidade do monitoramento trimestral da área além da operacionalização de um sistema de extração móvel com aplicação de solução surfactante.

Durante os meses de agosto e dezembro de 2019 foi implantado um novo sistema de remediação acompanhado pela amostragem da água subterrânea. O projeto teve início no vigésimo segundo dia do mês de agosto com uma campanha de amostragem de água subterrânea e finalizou no mês de dezembro do mesmo ano com a apresentação do relatório.

Foram coletadas 23 amostras de água subterrânea analisadas para os parâmetros BTEX e TPH. Além disso, na campanha também foi instalado um sistema de remediação do tipo sistema de extração multifásico (MPE) com aplicação de surfactante.

Os resultados analíticos obtidos com as análises das amostras de água subterrânea apresentaram concentrações superiores ao VI estabelecido para as substâncias Benzeno (PM06, PM18, PM19, PM20, PM21, PM22 e PR01), Tolueno

(PM19), Etilbenzeno (PM19, PM20 e PM21), Xileno (PM19) e TPH (PM06, PM18, PM19, PM20, PM21, PM22 e PR01).

Quanto ao sistema de remediação, foi instalado o sistema de extração multifásico (MPE) para remover a fase livre, dissolvida e vapor. Nesse sistema, os vapores são tratados com carvão ativado granular enquanto os líquidos dissolvidos passam pelo Sistema Separador de Água e Óleo (SSAO). Quanto ao uso de surfactante, foi aplicado cerca de 8.100 L da Solução de Persulfato de Sódio (10%) e Solução Surfactante ESD004 pelo método *direct push* durante o mês de setembro de 2019. Foi recomendado a continuidade da aplicação do surfactante além da continuidade do monitoramento.

Após a instalação do Sistema de Extração Multifásico, foram realizadas 7 campanhas de monitoramento do processo de remediação ambiental, com objetivo de apresentar os resultados analíticos e evolução das SQIs. A primeira teve início no mês de novembro de 2019 com a amostragem de água subterrânea, enquanto a 7ª campanha se encerrou no mês de agosto de 2021.

Em todas as campanhas a água subterrânea foi analisada para os parâmetros BTEX e TPH, com inclusão de PAH a partir da 5ª a 7ª campanha. Na primeira campanha foram amostrados 23 poços, enquanto da 2ª campanha em diante foram amostrados 22 poços com pequenas alterações dos poços amostrados, mas com uma certa constância na relação dos poços.

Na primeira campanha da série, foram observados valores acima das CMAs calculadas ou acima do VI para 5 substâncias (Benzeno, Tolueno, Etilbenzeno, Xileno e TPH) em um total de 9 poços (PM06, PM18, PM19, PM20, PM21, PM22, PR01, PR02 e PR03). Já na 7ª campanha, foram observadas concentrações acima do VI apenas para substância Benzeno em 4 poços (PM19, PM20, PM21 e PR01). Analisando e comparando os resultados analíticos obtidos nas 7 campanhas, observou-se uma significativa redução das concentrações. O histórico das concentrações foi organizado e apresentado no sétimo relatório sendo confirmada a redução das concentrações desde a implantação dos sistemas de remediação.

Desta forma, o último relatório recomendou a continuidade do sistema de remediação com aplicação da solução Persulfato de Sódio (10%) apenas nos poços com concentrações acima do VI e nos poços imediatos. Adicionalmente, foi

recomendado a continuidade do monitoramento, com próxima campanha prevista para janeiro de 2022.

4.3.8 Investigação detalhada 2022

A Empresa Ipiranga S/A contratou a empresa Tecnohidro para realização de uma nova investigação detalhada. O escopo de trabalho foi definido conforme dados do relatório de monitoramento de águas subterrâneas de novembro de 2021. As atividades de campo foram realizadas em novembro de 2021 e março de 2022.

Com objetivo de coletar amostras de solo para análise química e mecânica e ainda, instalar poços de monitoramento, a empresa Tecnohidro realizou 16 sondagens. Foram instalados três (03) poços rasos e seis (06) poços multiníveis. Os parâmetros definidos pela empresa Tecnohidro foram: PAH e BTEX.

Entre os dias 13 e 16 de dezembro foram coletadas 31 amostras de água subterrânea e, ainda, 03 amostras adicionais em março de 2022. Em ambas as datas, as amostras foram analisadas para presença dos parâmetros definidos.

4.3.8.1 Resultados da Investigação

Em relação às amostras de solo, houve detecção de Tolueno, Etilbenzeno e Xileno Total acima dos valores de referência (CONAMA 420/2009) na sondagem nomeada como ST-05.

Entre as amostras de água, houve presença de Benzeno acima dos valores de intervenção (VI) estabelecidos na resolução CONAMA Nº 420 em 11 poços de monitoramento.

Os principais resultados analíticos obtidos nas amostras de solo e água, nesta etapa, são apresentados nas tabelas 3 e 4, respectivamente. As figuras 22 a 27 ilustram as delimitações verticais e horizontais da pluma de contaminação adsorvida no solo. As figuras 28 a 30 ilustram as plumas da fase dissolvida, nos planos verticais e horizontais para benzeno.

Tabela 3 – Amostra de solo com níveis superiores a VI CONAMA.

Sondagem	Tolueno (mg/Kg)	Etilbenzeno (mg/Kg)	Xileno (totais) (mg/Kg)
ST-05	119,789	91,625	388,773
VI CONAMA 420/2009	30	40	30

Legenda: ST - Sondagem; VI – Valores de Intervenção

Tabela 4 – Amostras de água subterrânea com níveis superiores a VI CONAMA.

Poço	Concentração Benzeno (µg/L)	VI CONAMA (nº 420/2009) - (µg/L)
PM-06	11	5
PM-19	77	
PM-20	176	
PM-21	20	
PM-22	69	
PR-01	588	
MN-19	42	
MN-20	10	
MNB-20	186	
MNB-06	18	
MNB-19	29	

Legenda: PM – Poço de monitoramento raso; MN – Poço de monitoramento multinível; MNB – Poço de monitoramento multinível profundo; VI – Valores de Intervenção

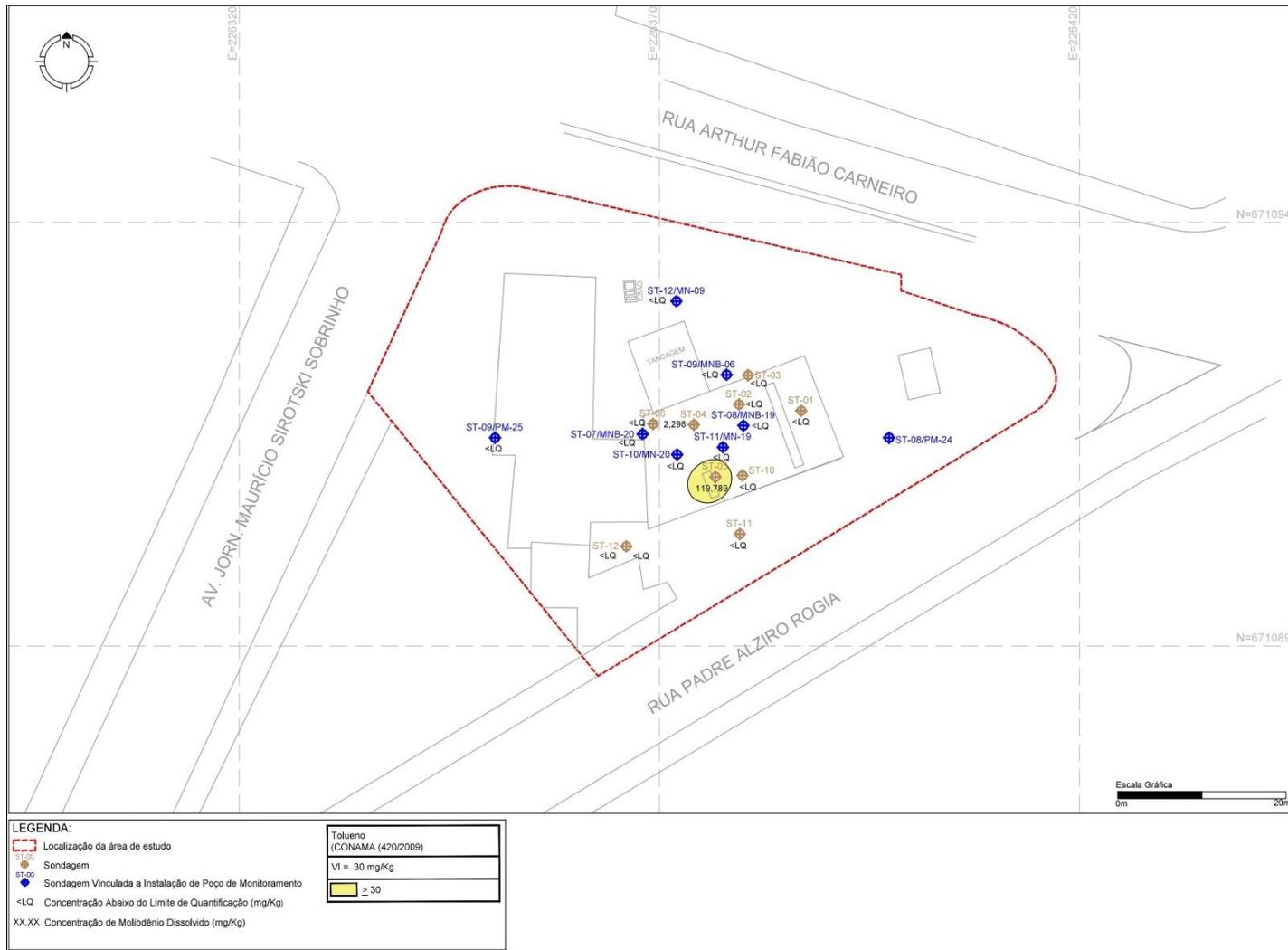


Figura 22 – Pluma horizontal de contaminação em fase adsorvida (Tolueno). Fonte: Relatório de investigação detalhada (TECNOHIDRO, 2022).

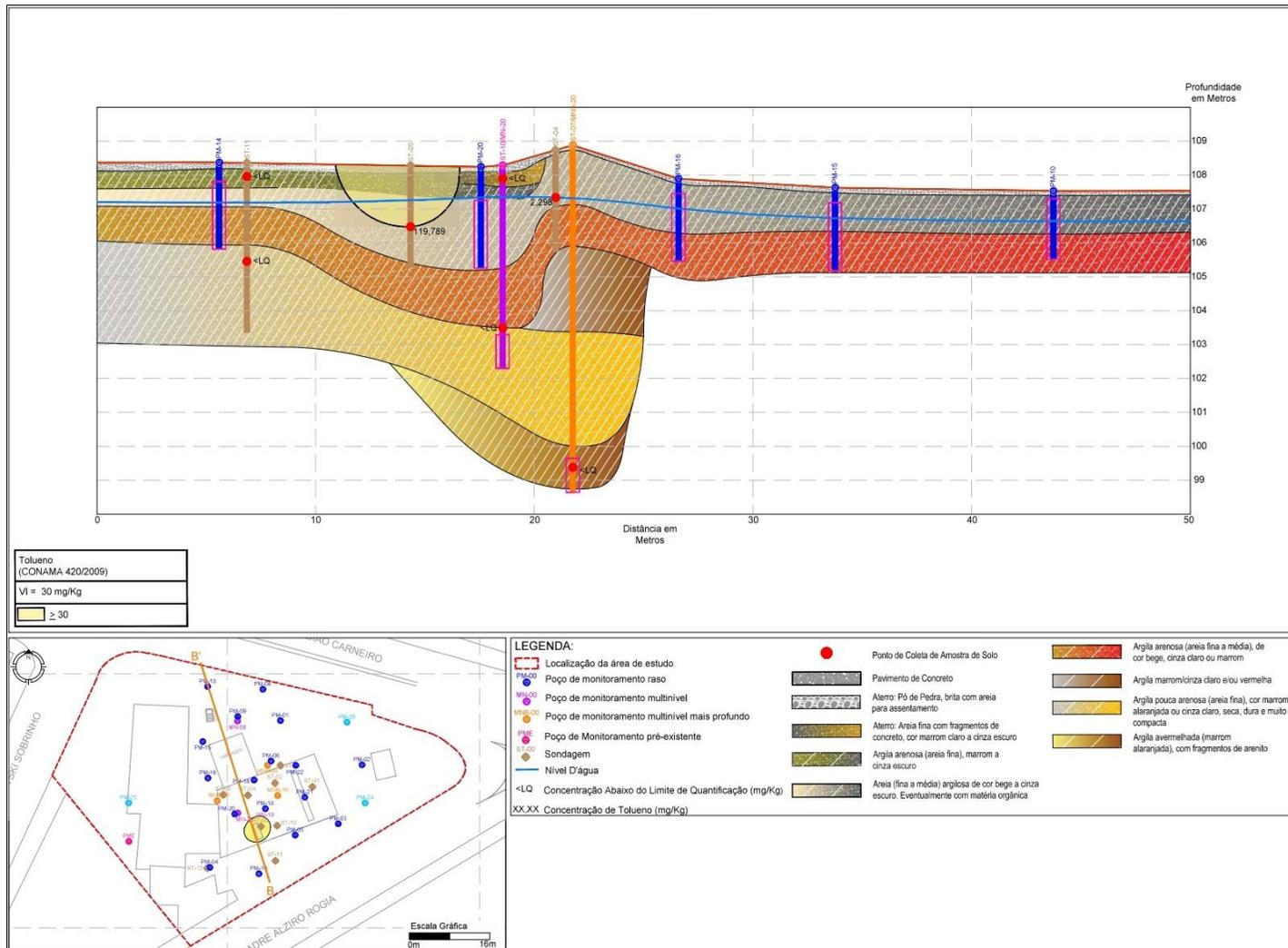


Figura 23 - Pluma Vertical de contaminação em fase adsorvida (Tolueno). Fonte: Relatório de investigação detalhada (TECNOHIDRO, 2022).

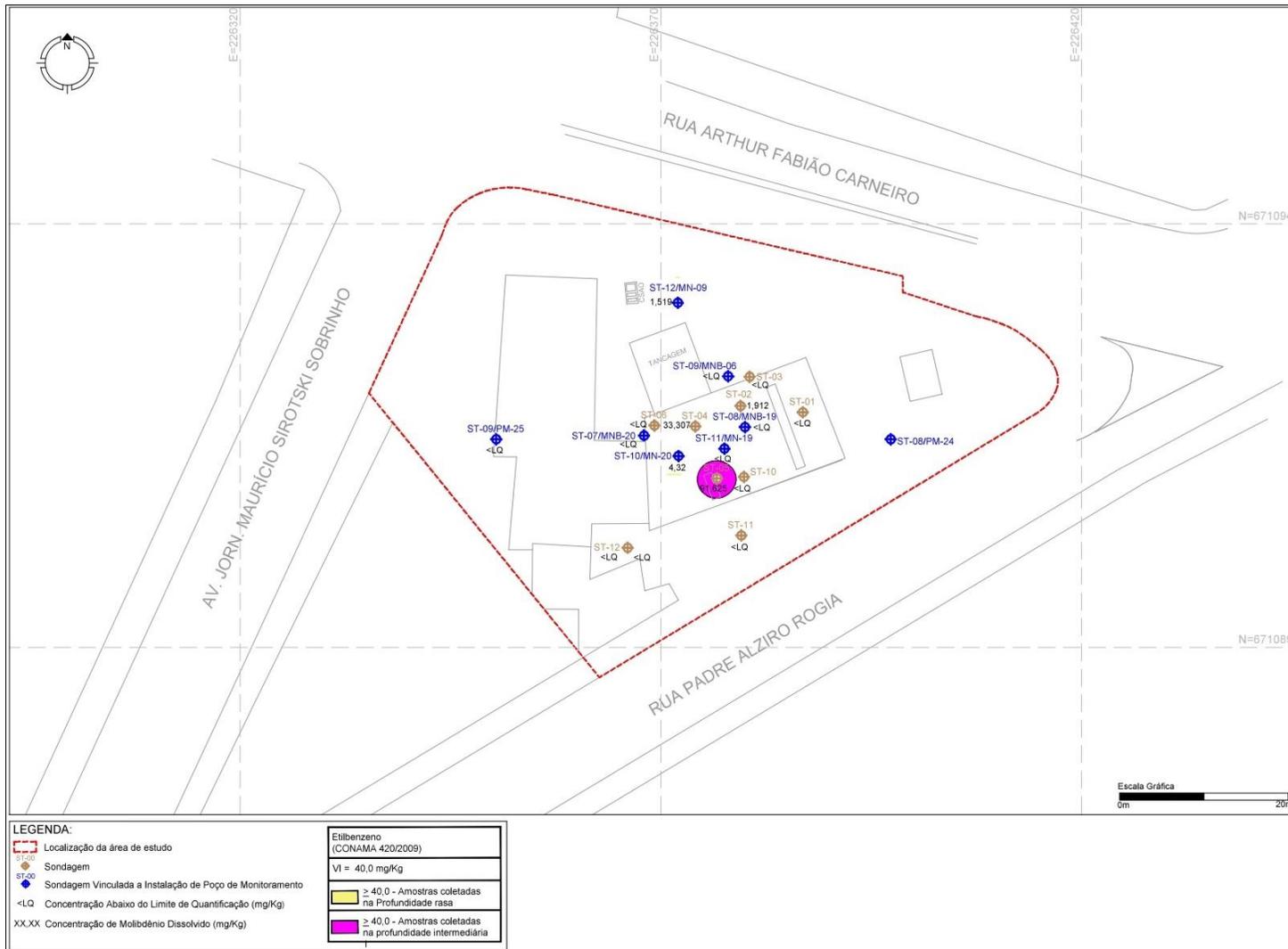


Figura 24 - Pluma horizontal de contaminação em fase adsorvida (Etilbenzeno). Fonte: Relatório de investigação detalhada (TECNOHIDRO, 2022).

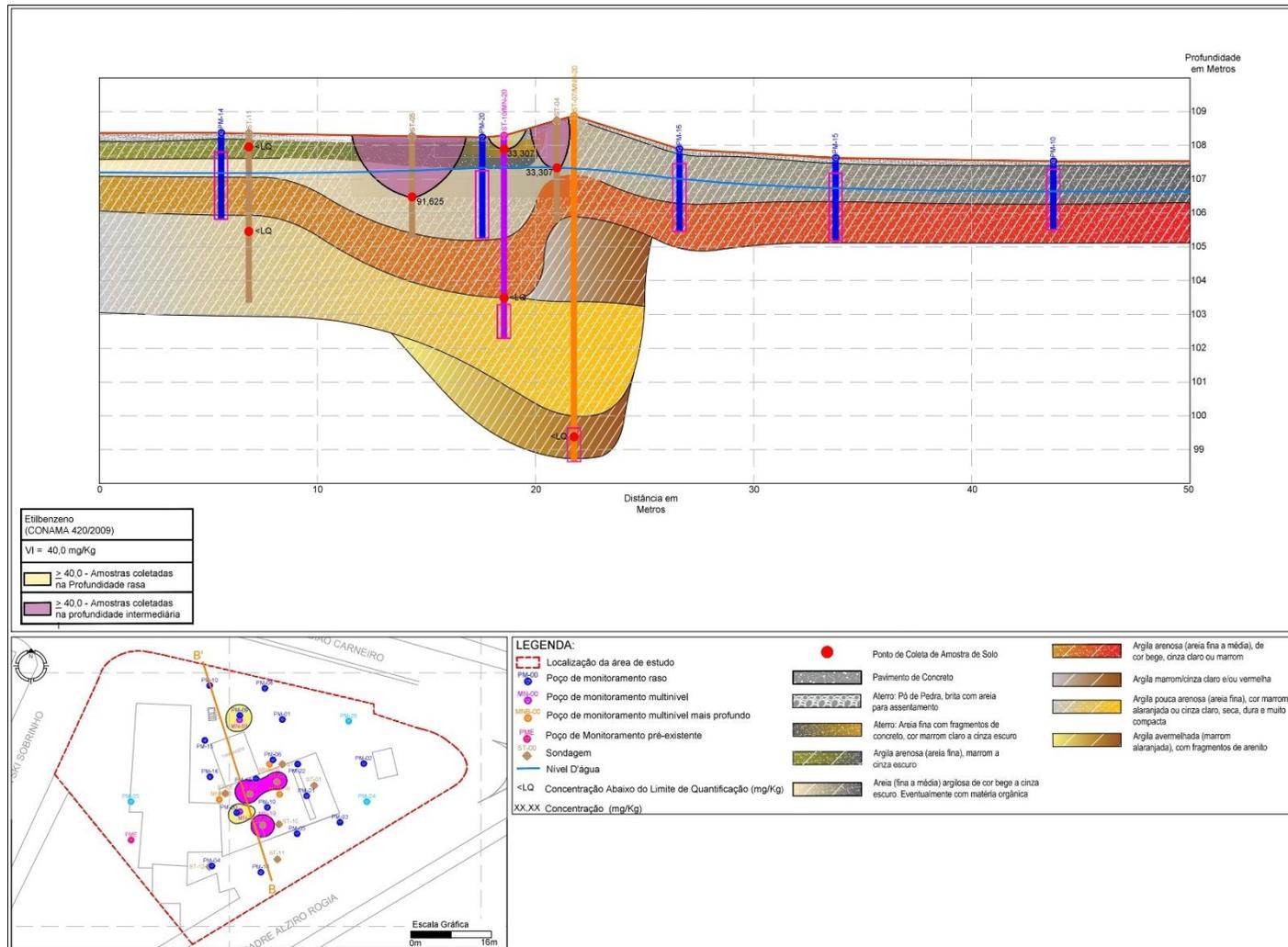


Figura 25 - Pluma vertical de contaminação em fase adsorvida (Etilbenzeno). Fonte: Relatório de investigação detalhada (TECNOHIDRO, 2022).

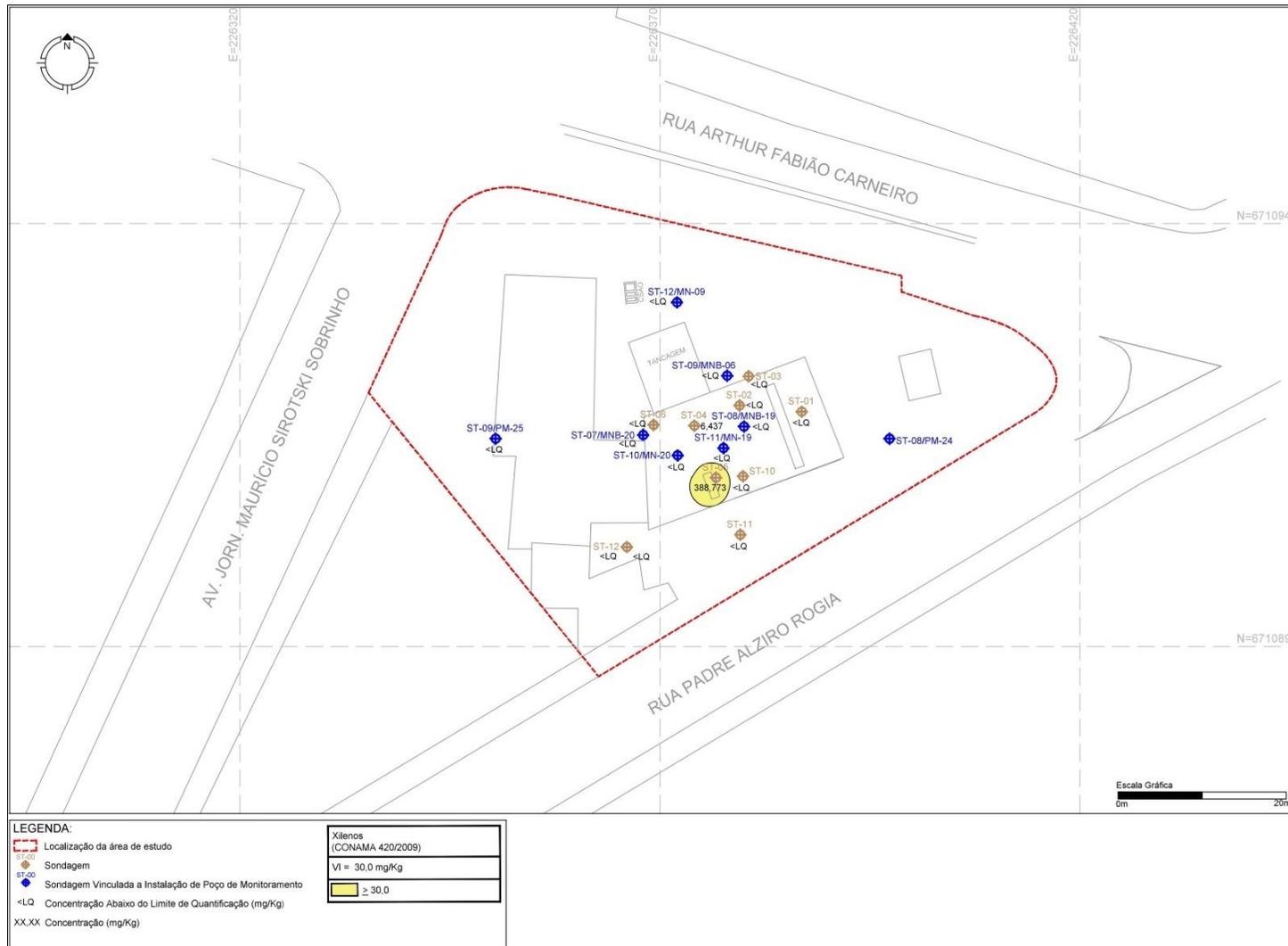


Figura 26 - Pluma horizontal de contaminação em fase adsorvida (Xilenos). Fonte: Relatório de investigação detalhada (TECNOHIDRO, 2022).

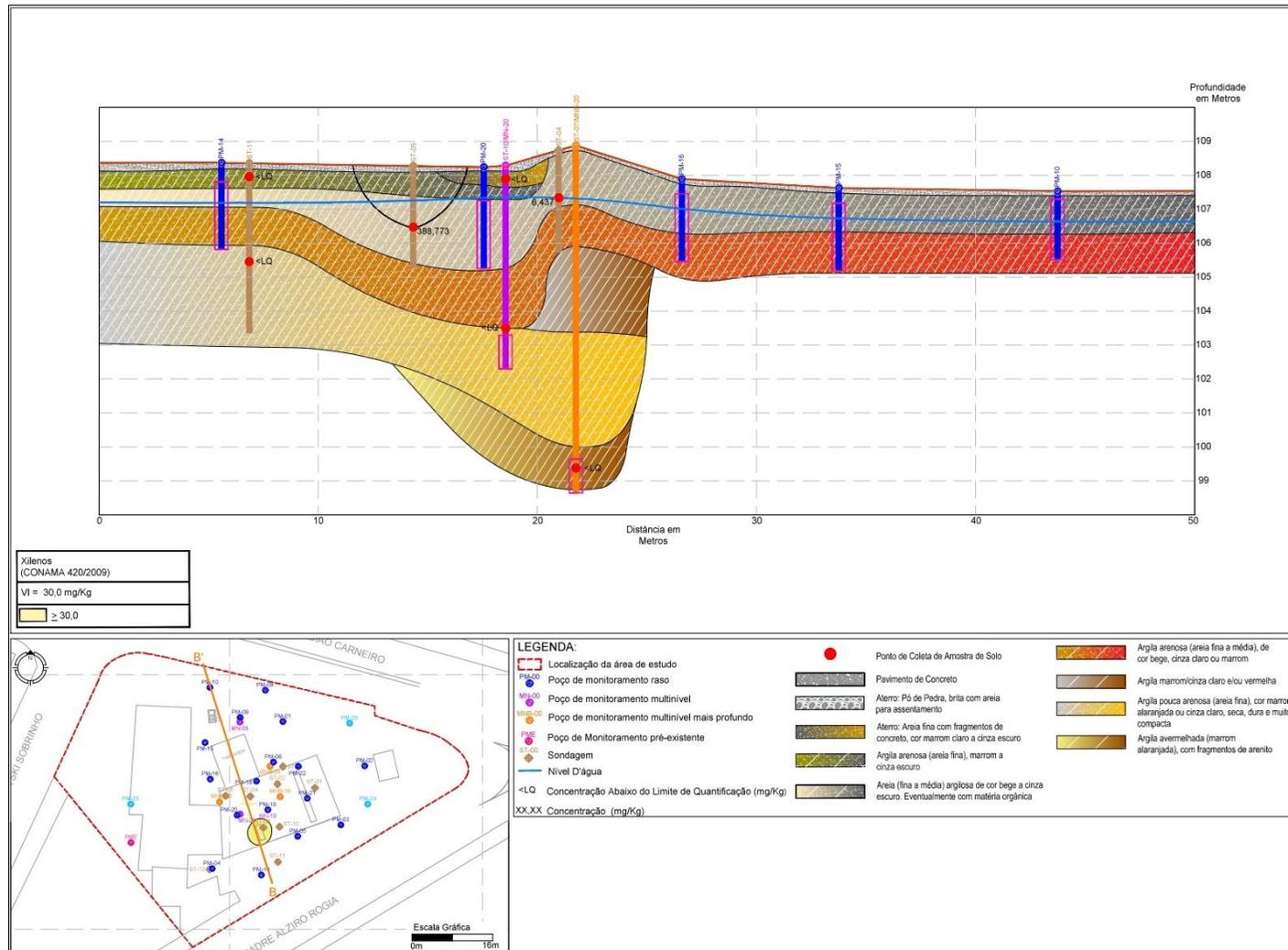


Figura 27 - Pluma vertical de contaminação em fase adsorvida (Xilenos). Fonte: Relatório de investigação detalhada (TECNOHIDRO, 2022).

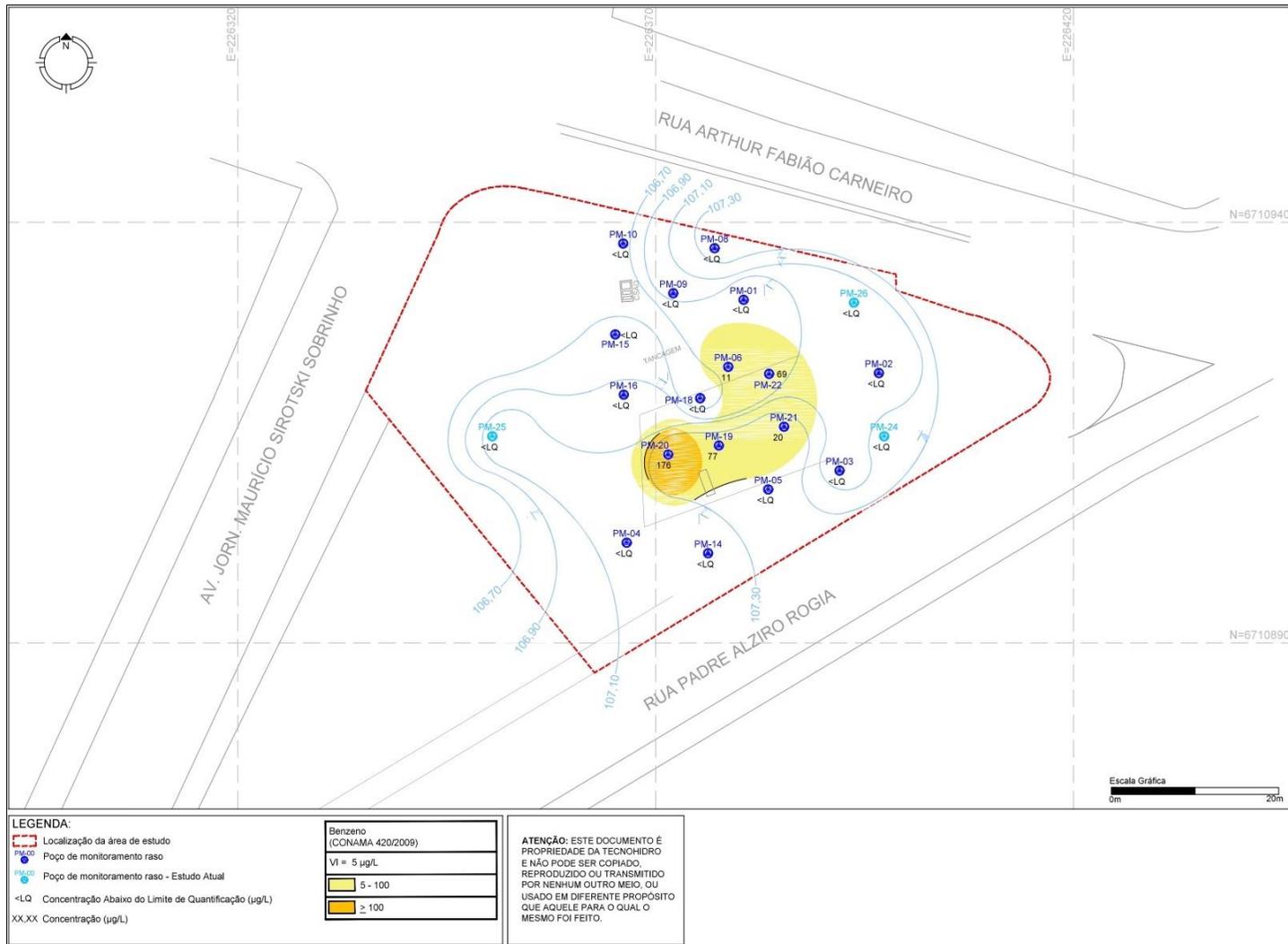


Figura 28 - Pluma horizontal da contaminação em fase dissolvida para os poços rasos (benzeno). Fonte: Relatório de investigação detalhada (TECNOHIDRO, 2022).

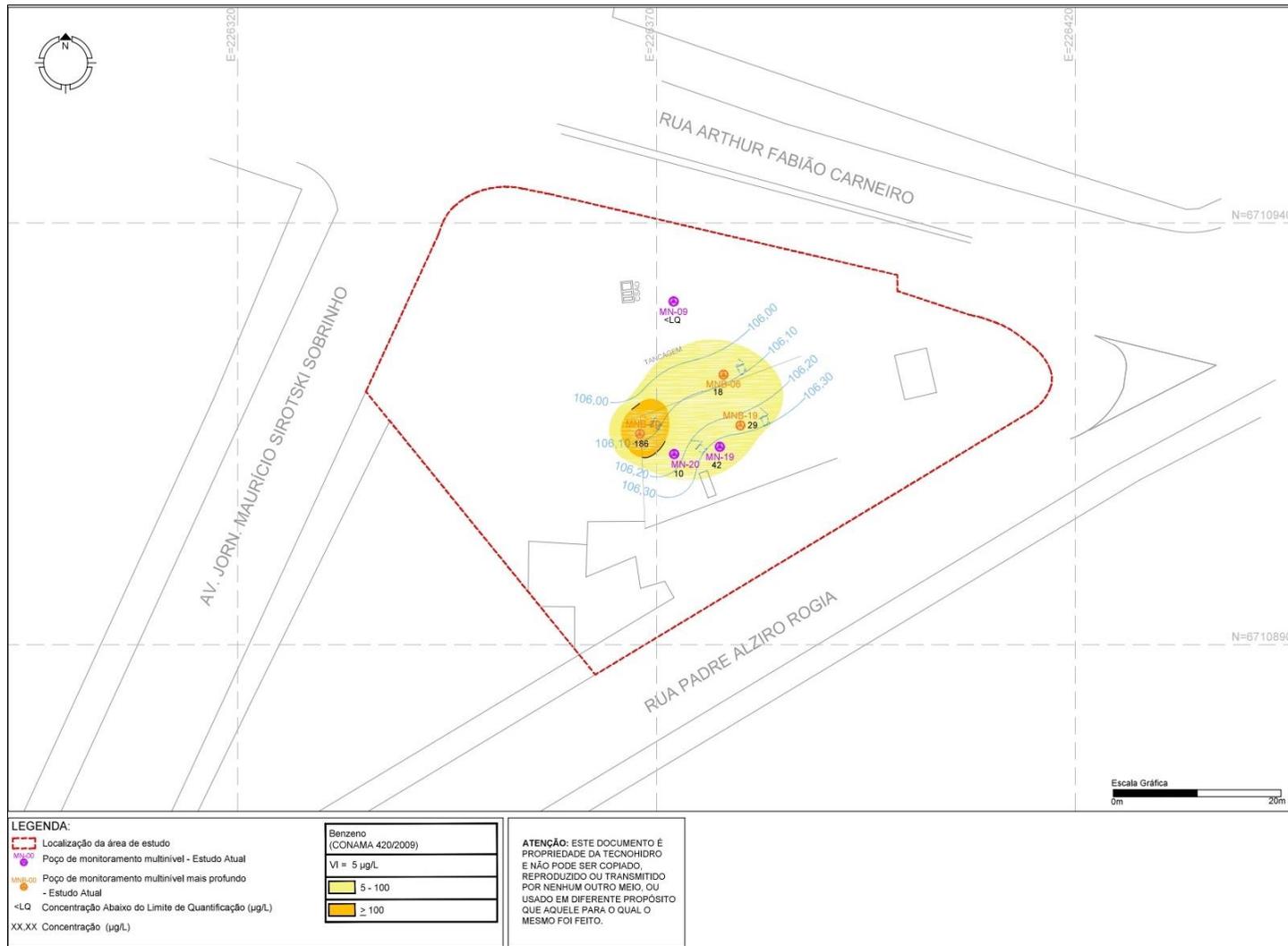


Figura 29 - Pluma horizontal da contaminação em fase dissolvida para os poços multiníveis (benzeno). Fonte: Relatório de investigação detalhada (TECNOHIDRO, 2022).

5 MATERIAIS E MÉTODOS

5.1 VALIDAÇÃO DOS DADOS

A ARSH parte dos resultados analíticos de amostras de água subterrânea e solo do local investigado na etapa de investigação detalhada. Os itens a seguir tem por objetivo descrever os procedimentos adotados pelo laboratório *Promatec Análises Ambiental Ltda* para a coleta de amostras e validação dos dados. O presente laboratório possui Certificado de Credenciamento junto ao INMETRO, portanto em acordo com os requisitos estabelecidos pela ABNT NBR ISSO/IEC 17.025.2005.

5.1.1 Análise de incertezas laboratoriais

A medida de controle de análise de incerteza adotado pelo laboratório *Promatec* consiste na emissão de dados de controle de qualidade assegurada (CQ/QA) em todos os laudos analíticos. Desta forma, a segurança que a análise foi realizada de forma aceitável e, ainda, com critérios de precisão e exatidão atingidos.

Nos laudos analíticos emitidos pelo laboratório são apresentadas as seguintes informações: branco do método, resultados de controle de laboratório e resultados *surrogates*.

Os equipamentos utilizados foram cromatógrafos gasosos acoplados a espectrômetro de massa com injeção automatizada *Agilent 5975C, 7890A (Combipal)*.

Análise de Branco de Método

Os brancos de método são utilizados de forma a verificar se há contaminação de amostras provenientes do laboratório e se existe a possibilidade de interferência desta na qualidade dos resultados analíticos. Os brancos de métodos consistem em água pura com todos os reagentes utilizados na preparação da amostra de análise.

Os resultados de branco não indicaram a detecção de nenhum dos compostos de interesse da investigação detalhada acima dos Limites de Quantitativos (LQ). O LQ de uma determinada amostra representa a concentração de um parâmetro que produz

sinal suficientemente maior que o branco e pode ser detectado com significância estatística do método.

Amostra de Controle de Laboratório

Os resultados encontrados no controle de laboratório foram satisfatórios, com valores de recuperação dos compostos dentro dos intervalos aceitáveis. As amostras de controle de laboratório são amostras de água pura fortificada com uma concentração conhecida dos analitos de interesse. No caso de uma substância não atingir os valores de *Spike*, a capacidade do método de análise em obter resultado reais se torna questionável.

Análise de Traçador (*Surrogate*)

O método *Surrogate* (ou análise de traçador) decorre na adição de uma quantidade conhecida de uma substância com comportamento cromatográfico semelhante aos compostos em análise, mas não presente nas amostras em processamento. Assim, sua determinação é feita juntamente com os demais parâmetros. Ao final, o resultado é expresso em porcentagem de recuperação da quantidade inicial.

Os compostos utilizados no projeto foram:

- 4-Bromofluorobenzeno e 1,2-Diclorobenzeno-d4 para análise BTEX;
- 2-Fluorobifenil e p-Terfenil-D14 para análise de PAH.

Os valores de recuperação dos compostos se mostraram dentro dos intervalos aceitáveis considerados pelo laboratório e, portanto, satisfatórios.

Coleta de Brancos

Com vistas ao atendimento do Guia Nacional de Coleta e Preservação de Amostras da Agência Nacional das Águas (ANA), foi feita a coleta de branco e duplicatas, conforme segue:

- Branco de equipamento - ABNT NBR 16.435: uma amostra do branco por dia para cada conjunto de 20 amostras (por matriz) para análise de todos os parâmetros das amostras convencionais; e, Guia Nacional (ANA, 2011): coleta de uma amostra toda vez que o equipamento foi utilizado;
- Branco de campo - ABNT NBR 16.435: no mínimo uma amostra por dia para análise de VOC; e, Guia Nacional (ANA, 2011): coleta de uma amostra por atividade ou a cada 10 amostras comuns;
- Branco de viagem - ABNT NBR 16.435: uma amostra por viagem (do laboratório para o campo e de volta para o laboratório) sem exposição para os procedimentos de amostragem para análise de VOC; e, Guia Nacional (ANA, 2011): recomenda-se um controle (3 frascos) para cada viagem realizada;
- Duplicata – Guia Nacional (ANA, 2011): coleta de uma amostra duplicata a cada 20 amostras comuns, para análise de todos os parâmetros das amostras convencionais.

5.1.2 Coleta de amostras

A coleta de amostras de solo foi realizada pela equipe da empresa Tecnohidro durante a execução de sondagens. Para o procedimento foi seguido a norma ABNT NBR 15.492:2007 – Sondagem de reconhecimento para fins de qualidade ambiental – procedimentos. As amostras foram coletadas em frascos *vials* e frascos de âmbar acondicionadas em recipientes térmicos, com temperatura inferior a 4º graus.

A amostragem de água subterrânea foi realizada pelo laboratório seguindo os procedimentos estabelecidos na ABNT NBR 15.847:2010 Amostragem de água subterrânea em poços de monitoramento – Métodos de baixa vazão (*Low Flow*) e a norma ASTM d 6.634-01

5.1.3 Metodologia de análises químicas

O laboratório responsável pelas análises de solo, água subterrânea e vapor utiliza as seguintes metodologias:

- BTEX: Método U.S.EPA 8260 D rev.04:2017 / U.S.EPA 5021 A rev.02:2014SVOC: Método U.S.EPA 8270 E rev.06:2018 / U.S.EPA 3510 C rev.03:1996;
- PAH: Método U.S.EPA 8270 E rev.06:2018 / U.S.EPA 3510 C rev.03:1996;
- Umidade Natural, Densidade de Partículas, Macroporosidade, porosidade total, densidade aparente (proveta): Método da EMBRAPA, 2017;
- Carbono orgânico, matéria orgânica e granulometria: Método IAC, 2009

Os limites de quantificação laboratorial obtidos para as amostras de água subterrânea, apresentaram valores inferiores ao padrão ambiental adotados na investigação ambiental (CETESB e US. EPA).

5.2 METODOLOGIA DE ANÁLISE DE RISCO

O presente estudo aplica a metodologia CETESB para avaliação de riscos à saúde, desenvolvida pela USEPA no documento *Risk Assessment Guidelines for Superfund (RAGS), Human Health Evaluation Manual*, em 1989.

Para a presente avaliação de risco, será seguido as seguintes etapas:

1. Modelo conceitual
 - a. Seleção das substâncias químicas de interesse (SQIs)
 - b. Definição das Unidades de Exposição
 - c. Receptores Potenciais
 - d. Ponto de Exposição e concentração no Ponto de Exposição
 - e. Incertezas relacionadas com a Avaliação da exposição
2. Análise de Toxicidade
3. Quantificação de riscos
4. Análise de incertezas

Desde 2009, a CETESB disponibiliza planilhas de avaliação de risco em formato *x/s*, que servem como auxílio na avaliação de riscos à saúde em áreas

contaminadas. A quantificação de exposição e do risco são baseados no procedimento descrito no RAGS – Volume I (USEPA, 1989).

Ainda que as planilhas tenham sido desenvolvidas com objetivo de padronizar os estudos de ARSH em áreas contaminadas no estado de São Paulo, órgãos de meio ambiente de outros estados tem utilizado e aceito a ferramenta. Desta maneira, todos os cálculos de exposição e risco serão efetuados com uso das planilhas da CETESB, atualizadas no ano de 2021.

A partir de 2017, as planilhas são utilizadas para estabelecer concentrações máximas aceitáveis (CMA). Para o estudo será apresentado valores de CMA como forma de fornecer informações para plano de intervenção.

5.3 MODELO CONCEITUAL DE EXPOSIÇÃO

A representação do conjunto dos cenários de exposição presente na área de interesse é denominada Modelo Conceitual de Exposição (MCE) e fornece estrutura para o desenvolvimento de estimativas do risco carcinogênico e da periculosidade não carcinogênica associados a cada SQI, caminhos de exposição e potencial receptor.

O MCE tem por objetivo determinar o tipo, magnitude e a frequência da exposição humanas às SQIs que estão presentes nos compartimentos do meio físico investigados na etapa de investigação detalhada, as quais devem estar associadas a um dado evento de exposição atual e futura.

O desenvolvimento da Avaliação de Exposição proporciona a definição dos cenários de exposição e a quantificação do Ingresso (In), possibilitando a atualização do modelo conceitual no que se refere à exposição. Os cenários de exposição estão sempre relacionados aos seguintes elementos:

- Área Fonte de Contaminação;
- Substâncias Químicas de Interesse (SQI);
- Definição das Unidades de Exposição (UE);
- Receptores;
- Caminho de Exposição e Via de Ingresso;
- Ponto de Exposição (PDE).

Deste modo, as contaminações por TEX no solo e Benzeno na água subterrânea estão associadas aos antigos vazamentos dos tanques desativados na pista de abastecimento, cujo mecanismo primário de liberação foi caracterizado pelo vazamento de combustíveis dos tanques no ano de 2003.

Considera-se fonte secundária de contaminação as contaminações adsorvidas no solo, com liberação para água subterrânea. Os mecanismos secundários de liberação estão associados ao transporte de contaminantes no meio saturado (água subterrânea).

5.3.1 Seleção das substâncias químicas de interesse (SQIs)

A seleção de uma SQI é feita com base na frequência de detecção e nas concentrações observadas nas amostras de solo e água subterrânea. Ainda, a presença de uma substância nas amostras de água ou solo, com concentrações iguais ou superiores aos valores de intervenção estabelecidos pela legislação adotada, confere a necessidade de avaliação na ARSH.

Deste modo, as substâncias químicas de interesse deste estudo são os compostos BTEX.

5.3.2 Definição das Unidades de Exposição

Entende-se como Unidade de Exposição (EU) uma determinada porção da área de estudo com informações das características de meio físico, concentrações e perfil exposicional que combinadas se diferenciam do seu redor.

As características de meio físico avaliadas são as diferenças geológicas e hidrogeológicas como tipo de solo e diferenças de nível de água, diferenças abruptas nas concentrações (distribuição horizontal ou em profundidade).

Para o estudo em questão considerou-se duas unidades de exposição, referente à diferença de receptores. A UE-01 é definida pelas plumas de contaminação em fase retida e dissolvida limitadas no posto revendedor. As residências vizinhas que ocupam a mesma quadra do posto definem a UE-02. A representação das unidades está apresentada na figura 31.

- Unidade de Exposição 01 (UE-01)

Na unidade de exposição 01 procurou-se representar o perímetro do posto de combustível que abrange as plumas de contaminação em fase retida e dissolvida e, portanto, área de abastecimento e tancagem. Na UE-01, estão situados os tanques desativados existentes no local e os tanques removidos (Tecnohidro, 2022).

Há uma dominância de empreendimentos comerciais a noroeste da UE-01. Estes empreendimentos estão a aproximadamente 50 metros da pluma estimada na etapa de investigação detalhada.

- Unidade de Exposição 02 (UE-02)

A Unidade de exposição 2 refere-se à área adjacente ao posto de abastecimento, personificada pelas casas da alameda Jornalista Maurício Sirotski Sobrinho, aproximadamente 20 metros a leste da área de abastecimento (UE-01).

Embora o fluxo subterrâneo indique o sentido predominante para noroeste. O fluxo de águas rasas indicou vertentes para esta área. Mas existem algumas incertezas devido às variações de carga hidráulica rasas. Devido à falta de dados sobre poços de captura e a pluma de contaminação que não atingiu esta UE, é considerada uma unidade hipotética conservadora

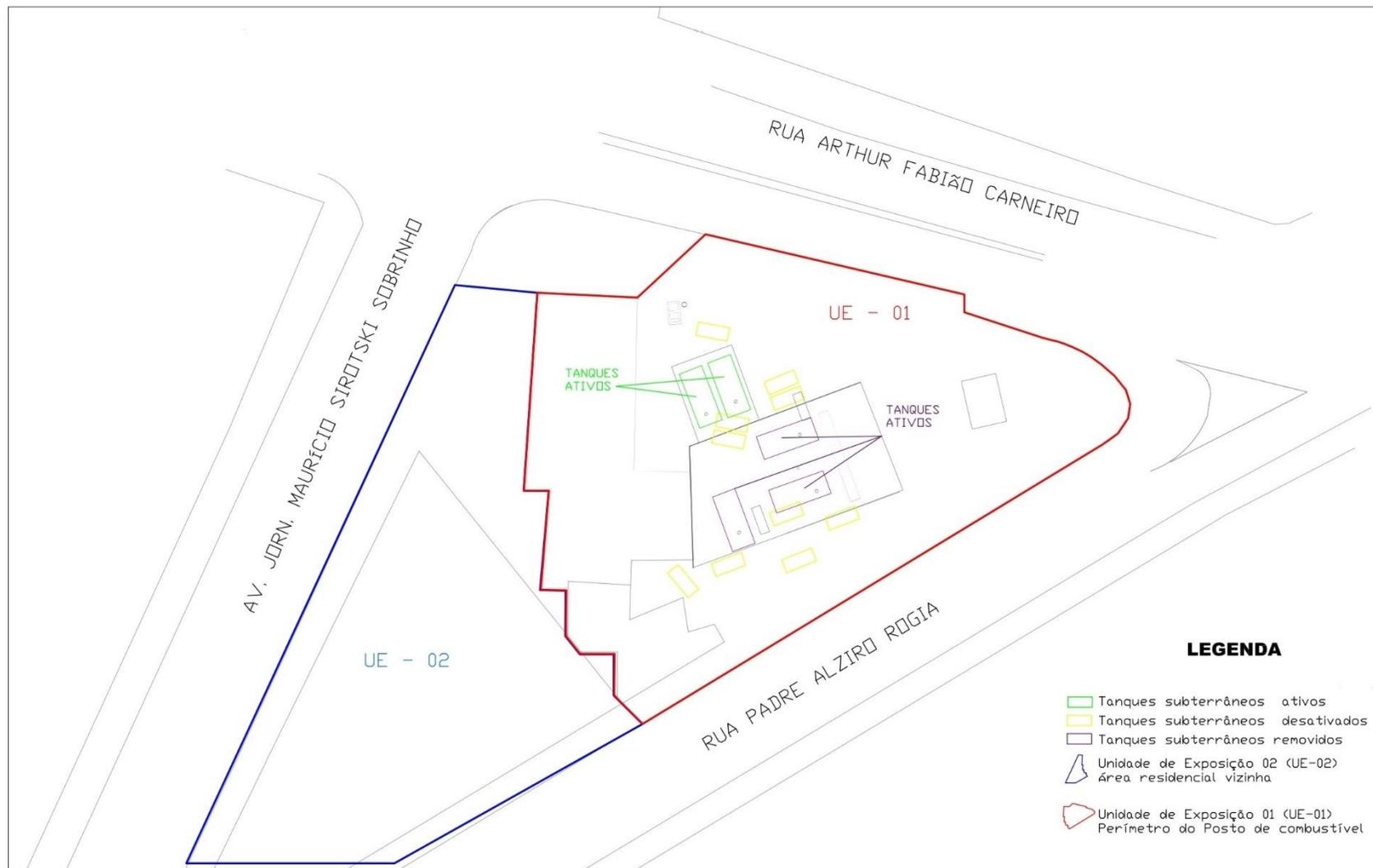


Figura 31 – Unidades de Exposições da ARSH. Elaborado pelo autor.

5.3.3 Receptores Potenciais

No presente estudo, foram considerados e identificados receptores potenciais atuais e futuros, de forma a representar indivíduos humanos potencialmente expostos, em um ponto de exposição, às máximas concentrações teóricas diárias de SQIs definidas.

O posto de combustível, passível da investigação detalhada, encontra-se em funcionamento atualmente com presença de residências e comércios à jusante do estabelecimento. Os receptores potenciais (atuais e futuros) para cada UE são:

- UE – 01:
 - Atuais: Comerciantes;
 - Futuros: Trabalhadores de Obras Civis;

Nesta UE são referidos todos os trabalhadores comerciais que executam suas tarefas diariamente no período comercial, e todos os futuros trabalhadores que possam vir a realizar ou executar serviços de escavação na área, que tenham contato à área impactada, estando potencialmente expostos, direta ou indiretamente às contaminações das SQIs identificadas no compartimento meio físico solo e água subterrânea.

- UE – 02:
 - Atuais: Residentes urbanos

Na UE-02 são considerados moradores urbanos próximos ao perímetro da área de interesse, com acesso a área impactada, estando potencialmente exposto, direta ou indiretamente, às contaminações das SQIs identificadas em água subterrânea.

Para determinação do risco destes receptores serão utilizadas as planilhas de risco para trabalhadores Comerciais e Industriais, trabalhadores de obras civis e residentes urbanos.

5.3.4 Caminhos de Exposição e Vias de ingresso

Inalação de Vapores gerados a partir do Solo ou Água Subterrânea

A partir da área da pluma delimitada na fase de investigação detalhada na qual há presença de fase retida no solo e dissolvida na água subterrânea, considera-se o potencial risco à saúde humana pela inalação de vapores em ambientes abertos e fechados.

Considerou-se o presente cenário na UE-01, em razão da limitação da pluma e, de forma hipotética, visto a existência de piso impermeável no local. No contexto da limitação da pluma, o caminho de exposição somente seria válido na UE-02 no caso da existência da pluma de contaminação em fase dissolvida na região.

Ingestão e Contato Dérmico da Água Subterrânea Contaminada

Conforme dados anteriores há impacto no aquífero raso, assim foi levantado informações sobre a existência de poços de captação de água subterrânea. De acordo com dados obtidos do SIOUT próximo ao local do estudo existe apenas um poço de captação localizados a 50,0 metros ao norte do posto, contudo com captação em um aquífero profundo.

Devido aos dados de captação de água do local, optou-se pela abordagem hipotética de exposição por ingestão e contato dérmico dos residentes locais da UE-02. Na UE-02 foi considerado contato dérmico de futuros trabalhadores em obras civis com água subterrânea ou solo contaminado.

5.3.5 Ponto de Exposição e concentração no Ponto de Exposição

Os locais mais prováveis de ocorrer a exposição dos receptores identificados às SQIs são nomeados pontos de exposição (PDE). Nestes pontos de exposição faz-se necessário medir ou estimar a quantidade de uma SQI, presente no meio físico, exatamente no ponto de contato com o receptor. Para este estudo serão consideradas as máximas concentrações das SQIs observadas na água subterrânea, na fase de investigação detalhada. Na tabela 5 estão destacados os resultados de máxima concentração.

Tabela 5 – Máximas concentrações observadas. Fonte: Relatório de investigação detalhada (TECNOHIDRO, 2022).

Substância	Meio Físico	Ponto de Monitoramento	Concentração Observada	M.C.L.	Unidade
Benzeno	Água Subterrânea	MNB-20	186,00	5,00	µg/L
Etilbenzeno	Solo	ST-05 (1,8m)	91,625	600,00	mg/Kg
Tolueno	Solo	ST-05 (1,8m)	119,789	14000,00	mg/Kg
Xileno	Solo	ST-05 (1,8m)	388,773	3200,00	mg/Kg

Os quadros abaixo (quadros 1 a 3) apresentam um resumo dos cenários de exposição avaliados, considerando as características físico-químicas e toxicológicas das SQIs para água subterrânea, respectivamente, onde “N” significa não avaliado; “S” significa avaliado, e “P” significa avaliado segundo o Padrão Potabilidade (Portaria GM/MS nº 888 de 2021).

Quadro 1 - Cenários de Exposição Avaliados para as SQIs (Trabalhador comercial)

Substância	Efeito	Trabalhador comercial e Industrial			
		Inalação		Contato direto	
		Ambientes Abertos	Ambientes Fechados	Ingestão	Contato dérmico
Benzeno	C	S	N	N	N
	NC	S	N	N	N
Etilbenzeno	C	S	N	N	N
	NC	S	N	N	N
Tolueno	C	N	N	N	N
	NC	S	N	N	N
Xileno	C	N	N	N	N
	NC	S	N	N	N

Legenda: C - Carcinogênico; NC - Não Carcinogênico; S - Avaliado; N - Não Avaliado

Quadro 2 – Cenários de Exposição Avaliados para as SQIs (Trabalhador em Obra Civil)

Substância	Efeito	Trabalhador em Obra Civil			
		Inalação		Contato direto	
		Ambientes Abertos	Ambientes Fechados	Ingestão	Contato dérmico
Benzeno	C	S	N	N	S
	NC	S	N	N	S
Etilbenzeno	C	S	N	N	S
	NC	S	N	N	S
Tolueno	C	N	N	N	N
	NC	S	N	N	S
Xileno	C	N	N	N	N
	NC	S	N	N	S

Legenda: C - Carcinogênico; NC - Não Carcinogênico; S - Avaliado; N - Não Avaliado

Quadro 3 - Cenários de Exposição Avaliados para as SQIs (Residente Urbano)

Substância	Efeito	Residente Urbano			
		Inalação		Contato direto	
		Ambientes Abertos	Ambientes Fechados	Ingestão	Contato dérmico
Benzeno	C	N	S	P	N
	NC	N	S	P	N

Legenda: C - Carcinogênico; NC - Não Carcinogênico; S - Avaliado; N - Não Avaliado; P - Avaliado quanto à potabilidade

5.3.6 Incertezas relacionadas com a avaliação da exposição

A escolha por determinados cenários possui incertezas e variabilidade de forma que se optou por hipóteses e valores que superestimam a exposição potencial. Desta maneira, os caminhos de exposição avaliados são aqueles com maior potencial em risco e periculosidade. Além disso, as concentrações representativas foram estimadas como o valor máximo detectados para as SQIs.

A presente abordagem tem um caráter conservador possibilitando uma avaliação superestimada dos receptores, mas minimizando a ausência de avaliação de cenários de riscos reais.

5.4 ANÁLISE DE TOXICIDADE

A análise de toxicidade tem por objetivo apresentar a relação existente entre a magnitude da exposição e natureza e magnitude de efeitos adversos à saúde relacionados a uma determinada SQI. São utilizados dados epidemiológicos, estudos de exposição humana curta ou estudos de toxicidade crônica em animais como base para adoção de critérios (GRUPO EPA, 2022).

A toxicidade química é analisada com base nos efeitos causados sobre a saúde. Neste contexto, a toxicidade química é ser abordada em duas categorias: carcinogênica e não carcinogênica. Assim, os valores calculados de riscos à saúde são apresentados de forma distinta para cada efeito, uma vez que cada efeitos é baseado em suposições diferentes (GRUPO EPA, 2022).

5.4.1 Indicadores de toxicidade

5.4.1.1 Indicadores de toxicidade para efeitos não carcinogênicos

A resposta adversa a um determinado composto químico que não seja um câncer é denominada efeito não carcinogênico. Um fator importante na casualidade de efeitos adversos está diretamente ligado à dose em que o receptor é exposto. Desta maneira, doses baixas tendem a não apresentar efeitos adversos. Neste sentido, o parâmetro determinante para caracterização dos efeitos não carcinogênicos de um determinado compostos químico é a dose limite em que o ocorre o primeiro efeito adverso de forma evidente (Grupo EPA, 2022; Veiga e Fernandes, 1999).

A estimativa da dose limite parte de dados toxicológicos (baseados de estudos em seres humanos ou animais) e pela determinação da dose mais elevada que não produz um efeito adverso à saúde ((o “Nível Sem Efeito Adverso Observado” - “No-Observed-Adverse-Effect-Level” [NOAEL]). Nos casos em que não existir um NOAEL, a dose mais baixa na qual um efeito adverso é observado (o “Nível Mais Baixo de

Efeito Adverso Observado” - “Lowest-Observed-Adverse-Effect Level” [LOAEL]) é utilizada. Para garantir a proteção de potenciais receptores particularmente sensíveis, as avaliações de risco não cancerígeno não se baseiam diretamente em níveis de limiar de exposição, mas em um valor mais baixo (mais restritivo) chamado de dose de referência (RfD) (Grupo EPA, 2022; Veiga e Fernandes, 1999).

A RfD refere-se como uma estimativa do nível diário de exposição durante toda a vida, expressa em mg de composto químico/kg de massa corpórea/dia e, ainda, incluir subgrupos sensíveis que possuem potencial isenção de riscos com efeitos deletérios (USEPA, 1989). Da mesma forma, as concentrações de referência (RfCs) são concentrações no ar (em mg/m³) às quais um indivíduo pode ser exposto diariamente por toda a vida sem causar danos. RfDs e RfCs são geralmente derivados de NOAELs (ou LOAELs, se não houver NOAEL confiável) de estudos da espécie, linhagem e sexo que são mais sensíveis aos animais de laboratório, com base na suposição de que os humanos não são mais sensíveis do que os mais sensíveis. espécies animais sensíveis testadas. Esses critérios incorporam uma série de incertezas que representam a variabilidade interespecies e a qualidade e integridade dos bancos de dados de toxicologia:

- Animais a humanos;
- Altos níveis experimentais até níveis de efeitos nulos em humanos;
- Durações de exposição de curto até longo prazo;
- Diferenças entre indivíduos (subpopulações sensíveis);
- Suficiência do banco de dados;
- Fator modificante (incertezas adicionais).

A cada um desses fatores de incerteza é atribuído um valor de 1 a 10. Se estudos em humanos estiverem disponíveis e as observações forem consideradas confiáveis, o fator de incerteza pode ser tão pequeno quanto 1. O valor do fator de incerteza nunca é inferior a 1, mesmo que os humanos sejam menos sensíveis do que as espécies animais que estão sendo testadas (Veiga e Fernandes, 1999).

A divisão do NOAEL ou LOAEL pelo produto de todas as incertezas garante que o RfD ou RfC não seja superior ao limite ou NOAEL para as espécies animais mais sensíveis testadas. Portanto, há uma margem de segurança embutida no RfD

ou RfC, e uma dose igual ou menor que o RfD ou RfC quase certamente não terá efeitos adversos em humanos. A chance de efeitos adversos aumenta em doses maiores do que a RfD ou a RfC (Veiga e Fernandes, 1999). Contudo, segundo Grupo EPA (2022) não há representação de aumento de probabilidade estar representando a probabilidade estatística do efeito adverso

De acordo com a própria Decisão de diretoria DD nº 038/2017/C da CETESB no item 4.1.6.1, **foi considerado como risco aceitável não carcinogênico (RANC) o valor de “1”**.

5.4.1.2 Indicadores de toxicidade para efeitos carcinogênicos

O câncer é geralmente definido como uma doença mutacional que afeta o crescimento e a diferenciação das células (INCA, 2022). A evidência da carcinogenicidade de um produto químico em humanos vem de duas fontes: estudos crônicos em animais de laboratório e estudos epidemiológicos em humanos nos quais o aumento do câncer está associado à exposição (geralmente ocupacional) ao produto químico (VEIGA E FERNANDES, 1999).

A abordagem da USEPA para avaliação de riscos humana associados a carcinógenos, se moldou em virtude dos grandes avanços científicos no que se refere ao entendimento da carcinogênese. (USEPA, 2005a). De forma contrária aos efeitos não carcinogênicos, a política tradicional da agência, apontava não existir limites para respostas carcinogênicas, ou seja, qualquer dose de uma substância carcinogênica possibilita algum risco de câncer. Além disso, era assumido tipicamente que dados epidemiológicos negativos, quando há dados positivos em animais, não constituem evidência de não carcinogenicidade em humanos. A dificuldade em quantificar diretamente riscos a baixos níveis de exposição, normalmente encontrados por humano, leva a necessidade do uso de modelos matemáticos, de maneira a extrapolar altas doses experimentais até baixas doses no meio ambiente. O fator de inclinação do câncer oral (SF0), que define o risco incremental de câncer durante a vida por unidade de carcinógeno (em unidade de risco por mg/kgdia), é calculado por meio da inclinação da curva extrapolada de dose oral. No que se refere a exposição de inalação, utiliza-se a inclinação da curva extrapolada de dose repostada no cálculo do fator Unidade de risco (URF), em $\mu\text{g}/\text{m}^3$. O modelo linearizado de múltiplos estágios (USEPA, 1986) usado com mais frequência pela USEPA no passado para

extrapolação de baixas doses é um dos modelos mais conservadores disponíveis e resulta em uma alta faixa de estimativas de risco (UCL 95% de inclinação dose-resposta em animais modelo). Sob a suposição de linearidade infinita dose-resposta, a probabilidade de que o verdadeiro potencial seja maior do que o valor estimado é, portanto, de apenas 5%. O potencial efetivo (e o risco resultante) pode ser menor e pode acabar sendo zero (USEPA, 2005a).

As diretrizes atuais para avaliação de risco carcinogênico permitem que as relações dose-resposta sejam derivadas usando procedimentos de extrapolação de resposta a baixas doses mais biologicamente relevantes, conforme indicado pela natureza e qualidade do banco de dados (USEPA 2005a). De maneira geral, atualmente tem-se aceito as seguintes premissas: (I) ocorrência de câncer por modos de ação não linear, tipo limite, por alguns compostos químicos; (II) o modo de ação de alguns tipos de câncer e ocorre em roedores não funcionam em seres humanos; e (III) susceptibilidade e farmacocinética devem ser levadas em consideração devido a importantes diferenças das espécies. Outrossim, na ausência dos dados abordados, a extrapolação entre espécies utiliza como base o peso corpóreo (USEPA 2005a).

Destaca-se que poucos compostos químicos sofreram processos de reavaliação, de maneira a estimar o potencial de carcinogenicidade humana. Desta forma, os SFs e URFs existentes para todas as SQIs estimados para a avaliação de risco foram desenvolvidos usando a metodologia superada.

De acordo com a própria Decisão de diretoria DD nº 038/2017/C da CETESB no item 4.1.6.1, foi considerado como **risco aceitável carcinogênico (RAC) o valor de 10^{-5}** .

5.4.2 Perfil Toxicológico das SQIs

Para caracterizar o(s) composto(s) de interesse na avaliação de risco, foi feito um levantamento bibliográfico para cada SQI identificada. Cujas informações são utilizadas implicitamente nas planilhas de cálculo de riscos a partir das planilhas de risco da CETESB. Os perfis toxicológicos foram obtidos a partir de documentos oficiais dos órgãos ambientais dos Estados Unidos - US. EPA, ATSDR, CETESB e ITRC. A tabela 6 apresenta os parâmetros toxicológicos das SQI a partir das planilhas de risco da CETESB (2021).

5.4.2.1 Benzeno

O Benzeno é um líquido incolor, volátil e inflamável largamente empregado na indústria química na síntese do Etilbenzeno, Fenol, Ciclohexano e outros Hidrocarbonetos Aromáticos. É adicionado na gasolina como aditivo para aumentar a octanagem. É emitido ao ar por fornos a carvão, combustão de madeira, motores automotivos, fumaça de cigarro e durante sua produção. O tempo de permanência da substância no ar atmosférico varia de poucas horas a dias dependendo do ambiente, clima e concentração de outros poluentes. A principal fonte do composto na água é por deposição atmosférica, derramamento de petróleo e efluentes industriais (CETESB, 2017).

Quanto ao contato entre o ser humano e a substância, a inalação é a rota mais comum. A inalação de altas concentrações do composto por curto tempo pode causar sonolência, enjoo, aceleração do ritmo cardíaco, cefaleia, tremor, confusão mental e inconsciência. A ingestão de alimentos e bebidas contaminados com altos teores de benzeno pode produzir vômito, irritação no estômago, enjoo, sonolência, convulsão, aceleração do batimento cardíaco e morte. A exposição por longo prazo pode resultar em depressão da medula óssea. Estudos com animais de experimentação demonstraram que o benzeno é cancerígeno para roedores na exposição inalatória e oral, produzindo tumores malignos. Estudos epidemiológicos evidenciaram a associação entre exposição ao benzeno e desenvolvimento de leucemia mieloide aguda em trabalhadores expostos ao composto. A Agência Internacional de Pesquisa em Câncer (IARC) classifica o benzeno como cancerígeno humano (Grupo 1; CETESB, 2017).

5.4.2.2 Etilbenzeno

Etilbenzeno é um hidrocarboneto componente do Grupo BTEX, líquido, incolor e odor semelhante ao da gasolina. No ambiente é encontrada na fase vapor em baixas concentrações (de 2 a 100 ug/m³), provenientes de emissões veiculares, cigarros e produtos diversos. Na água pode ser encontrada em concentrações inferiores a 0,1 a 15,0 ug/L (CETESB, 2012).

A principal via de exposição humana ao etilbenzeno é a inalação de vapor, embora a exposição possa ocorrer por contato dérmico e ingestão. A exposição de curto prazo pode irritar os olhos, nariz e via aérea superior, e causar vermelhidão e bolhas na pele, fadiga, tontura e falta de coordenação. Na exposição prolongada pode produzir fadiga, cefaleia, irritação dos olhos e da via aérea superior. O contato dérmico repetido pode causar ressecamento e dermatite. A Agência Internacional de Pesquisa em Câncer (IARC) classifica o etilbenzeno como possível cancerígeno humano (Grupo 2B) com base em estudos que evidenciaram aumento na incidência de adenomas em animais expostos por via inalatória (CETESB, 2012).

5.4.2.3 Tolueno

O Tolueno é um líquido incolor com odor aromático. O principal uso do composto é como mistura na gasolina. Também é empregado como solvente em tintas, revestimentos, óleos e resinas, matéria-prima na produção de benzeno, fenol e outros solventes orgânicos, e na fabricação de polímeros e borracha. A substância é liberada para o ar principalmente por volatilização de solventes à base de tolueno e emissão veicular (CETESB, 2017).

A principal via de exposição ao Tolueno é por inalação e sua ação tóxica ocorre no sistema nervoso central (SNC). Os efeitos da exposição ao composto, em estado de vapor, a baixas concentrações do composto são: fadiga, sonolência, debilidade e náusea. Esses sinais e sintomas geralmente desaparecem quando cessa a exposição. A inalação por longo prazo pode irritar as vias aéreas superiores e olhos e causar dor de garganta, tontura e cefaleia. Nos casos mais graves pode ocorrer diminuição auditiva e até surdez. Em contato com o composto no estado líquido pode causar irritação na pele e olhos. Havendo ingestão, pode causar náusea, vômito e perda de consciência. Animais expostos ao composto apresentaram atraso no desenvolvimento do feto, anomalias no esqueleto, perda de peso e neurotoxicidade no desenvolvimento. A Agência Internacional de Pesquisa em Câncer (IARC) classifica o tolueno no grupo 3 - não classificável quanto a carcinogenicidade. Esta categoria comumente é usada para agentes para os quais a evidência de carcinogenicidade é inadequada para o ser humano e inadequada ou limitada para animais de experimentação (CETESB, 2017).

5.4.2.4 Xilenos

O Xileno é um hidrocarboneto aromático constituído por uma mistura de 3 isômeros: orto-Xileno (o-Xileno), meta-Xileno (m-Xileno) e para-Xileno (p- Xileno). O Xileno comercial geralmente contém 20% do isômero orto, 40% do meta-Xileno e 20% do para-Xileno, com 15% de Etilbenzeno e pequenas quantidades de outros Hidrocarbonetos Aromáticos. Os 3 Xilenos são usados individualmente como matéria-prima em vários processos industriais, como na indústria química, de plásticos, de couro, de tecidos e de papéis, além de serem empregados como componentes de detergentes, solventes para tintas e lacas, revestimentos e adesivos, em mistura da gasolina, entre outros. Os xilenos são liberados para o ar atmosférico como emissão fugitiva de fontes industriais, por exaustão veicular e volatilização por seu uso como solvente (CETESB, 2017).

A principal via de exposição humana ao xileno é a inalatória. Em contato com o vapor, o composto é irritante dos olhos, pele e mucosas. A inalação por curto prazo pode causar dispneia, irritação dos olhos e garganta, vômito, desconforto gástrico, entre outros sintomas. Trabalhadores que inalaram misturas de xilenos por longos períodos apresentaram narcose, irritação do trato respiratório e edema pulmonar. Em contato com o composto no estado líquido pode causar irritação na pele e olhos. Havendo ingestão, pode causar náusea, vômito e perda de consciência. A Agência Internacional de Pesquisa em Câncer (IARC) classifica os xilenos no grupo 3 - não classificável quanto à carcinogenicidade. Esta categoria comumente é usada para agentes para os quais a evidência de carcinogenicidade é inadequada para o ser humano e inadequada ou limitada para animais de experimentação (CETESB, 2017).

Tabela 6 - Parâmetros toxicológicos das SQI

SQI	Evidências de câncer	Dose de Referência						Fator de carcinogenicidade			ABDgi	ABSd	Tipo
		Ingestão		Inalação		Dérmico		Sfo	Sfi	SFd			
		RfDo (mg/Kg - Dia)	Referência	RfDi (mg/Kg - Dia)	Referência	RfDd (mg/Kg - Dia)	Referência	(mg/Kg - Dia) -1					
Benzeno	C	4,00E-03	I	8,57E-03	I	4,00E-03	I	0,055	0,0273	0,055	100,00%	-	-
Etilbenzeno	C	1,00E-01	I	2,86E-01	I	1,00E-01	I	1,10E-02	8,75E-03	1,10E-02	100,00%	-	-
Tolueno	NC	8,00E-02	I	1,43E+00	I	8,00E-02	I	-	-	-	100,00%	-	-
Xileno	NC	2,00E-01	I	2,86E-02	I	2,00E-01	I	-	-	-	100,00%	-	-

Legenda: NC - Não Carcinogênico; C - Carcinogênico RfD - Dose de referência; Sfo - Fator de carcinogenicidade (o -oral, i - inalação, d - dérmico); ABDgi - Fator de absorção gastrointestinal; NA - Não Avaliada;

6 RESULTADOS

6.1 QUANTIFICAÇÃO DO RISCO

A quantificação do risco para um dado receptor é realizada com objetivo de estabelecer uma probabilidade adicional de desenvolvimento de câncer, ou de efeitos não cancerígenos agudos, subcrônico ou crônico, como resultado da exposição a uma determinada substância química.

A caracterização do risco envolve todas as informações obtidas no levantamento de dados, avaliação de exposição e análise de toxicidade e dose-resposta, de forma integrada, de maneira a estabelecer uma estimativa numérica dos riscos carcinogênicos e não carcinogênicos.

O risco à saúde humana, associado às SQIs identificadas nas amostras de água subterrânea da área em questão, é avaliado para cada cenário de exposição válido e hipotético, considerando-se as condições da “exposição máxima considerada razoável” (*reasonable maximum exposure* – RME).

A quantificação do risco está relacionada ao caminho de exposição de acordo com os receptores identificados para a área de interesse. Segundo as metodologias adotadas para o estudo de Avaliação de Risco à Saúde Humana, para o cenário de “ingestão a partir da água subterrânea” para todos os receptores identificados na área fonte, utiliza-se o Padrão Legal Aplicável (PLAs), neste caso, os valores limites adaptados da US.EPA *Regional Screening Levels* (2021), uma vez que não existem valores definidos pelos órgãos brasileiros. As tabelas da USEPA definem concentrações de referência para águas de encanamento ou “água da torneira” do inglês “*tapwater*”, para faixas aromáticas e alifáticas. Esses valores também foram utilizados nas planilhas de cálculo do risco da CETESB (2021).

Neste contexto todos os cálculos para Quantificação do Risco desenvolvidos para a área de interesse foram realizados com a utilização da Planilha CETESB, disponível no site do órgão, com base no Banco de Dados toxicológicos e físico-químicos para as Substâncias Químicas de Interesse (SQIs), presentes na mesma.

Assim, em acordo com o item 5.4.1, considera-se risco aceitável carcinogênico (RAC) o valor de 10^{-5} e risco aceitável não carcinogênico (RANC) o valor de 1. A situação de risco foi estabelecida em casos da obtenção de valores superiores ao

RAC e RANC em um cenário único como para um cenário de somatório por unidade de exposição ou somatório por compostos em cada unidade de exposição.

Na tabela 7 é apresentado a compilação de dados do meio físico, obtidos na fase de investigação detalhada e as máximas concentrações obtidas na área por cada SQI. Algumas informações são reapresentadas, contudo fundamentais para os cálculos de risco. A quantificação dos riscos para cada UE é apresentada nos itens 6.1.1 e 6.1.2. O cálculo de riscos a partir das planilhas da CETESB são apresentados no apêndice A.

Tabela 7 - Parâmetros do Meio Físico Local

Descrição	Símbolo	Unidade	1º Nível	2º Nível (MN)	2º Nível (MNB)
Descrição do Solo	-	-	Intercalação de níveis areno-argilosos com argilas arenosas, até os 3,0 m, aproximadamente, com cor variando entre cinza, marrom e bege.	Níveis argilo arenosos com areia fina a média e cor variando entre bege, cinza, marrom e marrom alaranjada, com aspecto seco e compactado até, aproximadamente, 6,5 m.	Argila avermelhada com fragmentos de arenito, até os 10 m.
Profundidade média do Nível d'água	Lgw	M	1	1,83	1,65
Temperatura média da Água Subterrânea	T	K	298,64	296,42	297,34
Porosidade Total	ϕ_T	%	37,1	39,5	45,27
Densidade de Partículas	-	g/cm ³	2,54	2,665	2,65
Densidade do solo	ρ_S	g/cm ³	1,77	1,575	1,73
Carbono orgânico total	COT	%	1,03	0,1	0,27
Fração de Carbono orgânico no Solo (Matéria orgânica)	Foc	%	1,78	0,17	0,47
Gradiente Hidráulico Médio	I	%	3,35	2,96	22,43
Condutividade Hidráulica Média	K	m/s	1,42E-06	2,40E-08	4,58E-09
Porosidade Efetiva	ϕ_{ef}	%	1,5	1,15	2,37
Velocidade de Escoamento	Ve	m/ano	26,6	1,95	1,37
Direção do Fluxo Subterrâneo	-	-	sul e sudeste para norte e noroeste	sudeste para noroeste	sul para norte

6.1.1 Unidade de Exposição 1

Considerando cenários hipotéticos de exposição associados à UE-01 (área da atividade de posto de gasolina) para Benzeno, Etilbenzeno, Tolueno e Xilenos, as tabelas 08 a 15 apresentam a consolidação dos resultados de cálculo de risco não carcinogênicos. Os receptores considerados foram:

- Trabalhadores comerciais e industriais sob a fonte (inalação de vapores a partir da água subterrânea em ambientes abertos);
- Futuros trabalhadores em obra civil sob a fonte (contato dérmico e inalação de vapores a partir da água subterrânea em ambientes abertos).

A somatória dos riscos por cenários de exposição (HQ), bem como o Índice de periculosidade (HI) total da área para os contaminantes dissolvidos na água subterrânea não excederam o RANC de 1,0 e RAC de 10^{-5} , em nenhum dos cenários avaliados. Desta maneira, exclui-se a possibilidade de riscos carcinogênicos e não carcinogênicos em um cenário de concentrações atuais ou em um cenário futuro de diminuição das concentrações.

Os cenários de trabalhadores em obras civis são hipotéticos, uma vez que não há intenções de execução de obras de escavações no posto. Além disso, qualquer escavação próxima a pista de abastecimento é proibida em razão dos pilares de sustentação do posto.

Tabela 8 - Risco Carcinogênico para solo contaminado (Trabalhadores Comerciais) UE-01

SQI	Concentração Máxima no ponto de Exposição (mg/Kg)	CMA (mg/Kg)	HQ	HI	HI (total)
1. Inalação de Compostos no Solo Contaminado em Ambientes Abertos					4,10E-07
Etilbenzeno	91,625	2233,63	4,10E-07	4,10E-07	

Legenda: SQI - Substância Química de Interesse; Cmax - Concentração Máxima obtida no monitoramento; CMA - Concentração Máxima Aceitável; HQ - Quociente de Periculosidade; HI - Índice de Periculosidade (risco cumulativo por cenário); HI Total - Soma dos HI para todos os cenários avaliados.

Tabela 9 - Risco Não Carcinogênico para solo contaminado (Trabalhadores Comerciais) UE-01

SQI	Concentração Máxima no ponto de Exposição (mg/Kg)	CMA (mg/Kg)	HQ	HI	HI (total)
1. Inalação de Compostos no Solo Contaminado em Ambientes Abertos					0,02197
Etilbenzeno	91,625	178063,44		0,02197	
Tolueno	119,79	890317,19	0,0001345476		
Xilenos	388,77	17806,34	0,0218332300		

Tabela 10 - Risco Carcinogênico para Água Subterrânea Contaminada (Trabalhadores industriais) UE-01

SQI	Concentração Máxima no ponto de Exposição (mg/L)	CMA (mg/L)	HQ	HI	HI (total)
1. Inalação de Compostos na Água Subterrânea Contaminada em Ambientes Abertos					5,57E-09
Benzeno	0,186	715,91	5,57E-09	5,57E-09	

Tabela 11 - Risco Não Carcinogênico para Água Subterrânea Contaminada (Trabalhadores industriais) UE-01

SQI	Concentração Máxima no ponto de Exposição (mg/L)	CMA (mg/L)	HQ	HI	HI (total)
1. Inalação de Compostos na Água Subterrânea Contaminada em Ambientes Abertos					0,00007
Benzeno	0,186	2491,36	0,00007	0,00007	

Tabela 12 - Risco Carcinogênico para Solo Contaminado (Trabalhadores em Obras Civis) UE-01

SQI	Concentração Máxima no ponto de Exposição (mg/Kg)	CMA (mg/Kg)	HQ	HI	HI (total)
1. Inalação de Compostos no Solo Contaminado em Ambientes Abertos					1,34E-07
Etilbenzeno	91,625	6823,76	1,34E-07	1,34E-07	

Tabela 13 - Risco Não Carcinogênico para Solo Contaminado (Trabalhadores em Obras Civas) UE-01

SQI	Concentração Máxima no ponto de Exposição (mg/Kg)	CMA (mg/Kg)	HQ	HI	HI (total)
1. Inalação de Compostos no Solo Contaminado em Ambientes Abertos					0,26402
Etilbenzeno	91,625	14903,72	0,0061477920	0,26402	
Tolueno	119,79	41895,49	0,0028592578		
Xilenos	388,77	1524,49	0,2550166140		

Tabela 14 - Risco Carcinogênico para Água Subterrânea Contaminada (Trabalhadores em Obras Civas) UE-01

SQI	Concentração Máxima no ponto de Exposição (mg/L)	CMA (mg/L)	HQ	HI	HI (total)
1. Inalação de Compostos na Água Subterrânea Contaminada em Ambientes Abertos					2,60E-10
Benzeno	0,186	7154,67	2,60E-10	2,60E-10	
2. Contato Dérmico com a Água Subterrânea Contaminada					
Benzeno	0,186	3,42	5,45E-07	5,45E-07	

Tabela 15 - Risco Não Carcinogênico para Água Subterrânea Contaminada (Trabalhadores em Obras Civas) UE-01

SQI	Concentração Máxima no ponto de Exposição (mg/L)	CMA (mg/L)	HQ	HI	HI (total)
1. Inalação de Compostos na Água Subterrânea Contaminada em Ambientes Abertos					0,28345
Benzeno	0,186	1462,64	0,0001272	0,00013	
2. Contato Dérmico com a Água Subterrânea Contaminada					
Benzeno	0,186	0,66	0,28333	0,28333	

6.1.2 Unidade de Exposição 2

Nas tabelas 16 a 19 são apresentados os resultados consolidados de cálculo do risco carcinogênico e não carcinogênico para os cenários hipotéticos de exposição na Unidade de Exposição 02, para o benzeno.

Para UE-02 foram considerados receptores residenciais com os seguintes cenários:

- inalação de vapores em ambientes fechados, a partir de vapores originados da água subterrânea impactada, caso seja verificada a migração da pluma em fase dissolvida em poços instalados nesta região;
- ingestão da água subterrânea caso seja verificada a migração da pluma em fase dissolvida em poços instalados nesta região.

A avaliação individual e o somatório dos riscos por cenários de exposição da área para água subterrânea, não apresentou resultados maiores que 1,0 para RANC e 10^{-5} para RAC para todos cenários de exposição considerados, para crianças e adultos. Neste caso, exclui-se a possibilidade de riscos carcinogênicos e não carcinogênicos com as concentrações observadas

Os cenários previstos para UE-02 são hipotéticos, uma vez que as plumas de contaminação estão localizadas na área interna do posto de combustível. Além disso, modelagem de migração e transporte feita na investigação detalhada apontam que a fase dissolvida não iria alcançar a UE-02 em concentrações superiores ao VI.

Tabela 16 - Risco Carcinogênico para Água subterrânea Contaminada (Residente Urbano) UE-02 - Crianças

SQI	Concentração Máxima no ponto de Exposição (mg/L)	CMA (mg/L)	HQ	HI	HI (total)
1. Ingestão de Água Subterrânea Contaminada					1,35E-11
Benzeno	0,186	149385,81	1,25E-11	1,25E-11	
2. Inalação de Vapores em Ambientes Fechados a partir da Água Subterrânea Contaminada					
Benzeno	0,186	1695417,41	1,10E-12	1,10E-12	

Tabela 17 - Risco Carcinogênico para Água subterrânea Contaminada (Residente Urbano) UE-02 - **Adultos**

SQI	Concentração Máxima no ponto de Exposição (mg/L)	CMA (mg/L)	HQ	HI	HI (total)	
1. Ingestão de Água Subterrânea Contaminada						
Benzeno	0,186	39950,03	4,66E-11	4,66E-11	4,85E-11	
2. Inalação de Vapores em Ambientes Fechados a partir da Água Subterrânea contaminada						
Benzeno	0,186	948413,95	1,96E-12	1,96E-12		

Tabela 18 - Risco Não Carcinogênico para Água subterrânea Contaminada (Residente Urbano) UE-02 - **Crianças**

SQI	Concentração Máxima no ponto de Exposição (mg/L)	CMA (mg/L)	HQ	HI	HI (total)	
1. Ingestão de Água Subterrânea Contaminada						
Benzeno	0,186	251516,93	0,00000	0,00000	<0,00001	
2. Inalação de Vapores em Ambientes Fechados a partir da Água Subterrânea contaminada						
Benzeno	0,186	3036181,18	0,00	0,0000		

Tabela 19 - Risco Não Carcinogênico para Água subterrânea Contaminada (Residente Urbano) UE-02 - **Adultos**

SQI	Concentração Máxima no ponto de Exposição (mg/L)	CMA (mg/L)	HQ	HI	HI (total)	
1. Ingestão de Água Subterrânea Contaminada						
Benzeno	0,186	336314,06	0,000001	0,00000	<0,00001	
2. Inalação de Vapores em Ambientes Fechados a partir da Água Subterrânea contaminada						
Benzeno	0,186	8492175,94	2,19E-08	0,0000		

6.2 CONCENTRAÇÕES MÁXIMAS ACEITÁVEIS

A partir de todos os fatores exposicionais e propriedades químicas de cada substância podem ser obtidas as concentrações máximas aceitáveis (CMA). Para

cada SQI é obtido uma única CMA, de forma a indicar a máxima concentração no meio físico que determinada substância pode atingir os receptores sem causar riscos à saúde humana.

O cálculo das CMAS é feito diretamente com as planilhas de riscos da CETESB juntamente com os cálculos de risco, ambas apresentadas no apêndice A. No estado de São Paulo, as CMAs calculadas servem como valores orientadores para monitoramento futuro da água subterrânea na área.

Os valores mais elevados de cada substância, detectados na fase de investigação detalhada foram 119,789 mg/Kg para tolueno, 91,625 mg/Kg para etilbenzeno e 388,733 mg/kg para xilenos nas amostras de solo e 186 µg/L para benzeno nas amostras de água subterrânea. Os valores destacados apresentam concentrações abaixo das Concentrações Máximas Aceitáveis calculadas.

Os valores de CMAs obtidas são comparados com valores orientadores da resolução CONAMA Nº 420 de 2009 (tabela 21). Na tabela 20 são apresentados os valores das CMAs calculadas, indicando valores mais restritivos para cada cenários e SQI.

Tabela 20 - CMA calculadas

Meio	Vias de Ingresso	SQI	CMA – mais restritivas				Unidade
			UE-01		UE-02		
			Trabalhadores Comerciais	Trabalhadores em Obras Civis	Residentes Urbanos (Crianças)	Residentes Urbanos (Adultos)	
Solo	Inalação de Vapores em Ambientes Abertos a partir do Solo contaminado	Etilbenzeno	2233,62 (C)	6823,75 (C)	-	-	mg/kg
		Tolueno	890317,19 (NC)	41895,48 (NC)	-	-	mg/kg
		Xilenos	17806,34 (NC)	1524,48 (NC)	-	-	mg/kg
Água subterrânea	Inalação de Vapores em Ambientes Abertos / Fechados a partir da Água Subterrânea Contaminada	Benzeno	715,90 (C)	1462,63 (NC)	1695417,41 (C)	948413,95 (C)	mg/L
	Ingestão da Água subterrânea	Benzeno	-	-	149385,81 (C)	39950,03 (C)	mg/L
	Contato Dérmico com a Água subterrânea	Benzeno	-	0,656 (NC)	-	-	mg/L

Tabela 21 - Valores de Referência

Meio	SQI	Valores de Referência – CONAMA 420			Unidade
		UE-01	UE-01	RES. CONAMA 420	
Solo	Etilbenzeno	2233,62 (C)	-	0,08	mg/kg
	Tolueno	41895,48 (NC)	-	30	mg/kg
	Xilenos	1524,48 (NC)	-	30	mg/kg
Água subterrânea	Benzeno	0,656 (NC)	39950,03 (C)	0,005	mg/L

Tabela 22 - Riscos Calculados

Meio	Classificação	Vias de Ingresso	Riscos Total (HI)			
			UE-01		UE-02	
			Trabalhadores Comerciais	Trabalhadores em Obras Civis	Residentes Urbanos (Crianças)	Residentes Urbanos (Adultos)
Solo	Risco Carcinogênico	Ingestão, Contato Dérmico e Inalação de Vapores a Partir do Solo ou da Água subterrânea	4,10E-07	1,34E-07	-	-
	Risco Não Carcinogênio	Ingestão, Contato Dérmico e Inalação de Vapores a Partir do Solo ou da Água subterrânea	0,02197	0,26402	-	-
Água subterrânea	Risco Carcinogênico	Ingestão, Contato Dérmico e Inalação de Vapores a Partir do Solo ou da Água subterrânea	5,57E-09	2,6E-10	1,35E-11	4,85E-11
	Risco Não Carcinogênio	Ingestão, Contato Dérmico e Inalação de Vapores a Partir do Solo ou da Água subterrânea	0,00007	0,28345	<0,00001	<0,00001

6.3 INCERTEZAS

Existem incertezas associadas a cada suposição e a cada valor preditivo feito para avaliar a exposição de receptores humanos ao produto químico de interesse. Para garantir que os riscos potenciais para a saúde humana não sejam subestimados ou superestimados, muitas dessas suposições e valores são baseados em suposições destinadas a afinar e modelar consistentemente a exposição potencial.

Presume-se também que as concentrações representativas permaneçam constantes ao longo dos tempos de exposição assumidos em cada cenário de exposição. Quando tomados juntos essas suposições conservadoras tendem a superestimar o impacto nas populações receptoras consideradas nas avaliações de risco.

O Modelo Conceitual é desenvolvido e classificado de acordo com uma interpretação lógica e consistente com as informações obtidas de diferentes fontes durante as etapas da investigação ambiental, porém essas informações podem ser subjetivas e limitadas às dificuldades encontradas e às incertezas nas quantificações.

Quanto a um ponto de incerteza deste estudo destaca-se a presença de benzeno em níveis mais profundos, nos poços multiníveis, contudo não presença de benzeno nas amostras de solo e verificou-se que a condutividade hidráulica efetiva é muito baixa, na ordem de 10^{-09} m/s.

6.4 MODELO CONCEITUAL DE EXPOSIÇÃO

A Figura 32 apresenta o mapa de risco das duas unidades de exposição avaliadas, resumindo os riscos e CMA calculadas. As figuras 33 a 35 apresentam modelo conceitual de exposição a partir das planilhas CETESB, apresentados de forma completa no apêndice B. De forma geral, não foram quantificados riscos carcinogênicos e não carcinogênicos para as duas unidades de exposição. Na UE-02 foi considerado cenários de ingestão de água contaminada ou inalação de vapor e na UE-01, o cenário de contato dérmico com água contaminada e de inalação de vapor.

MODELO CONCEITUAL DE EXPOSIÇÃO

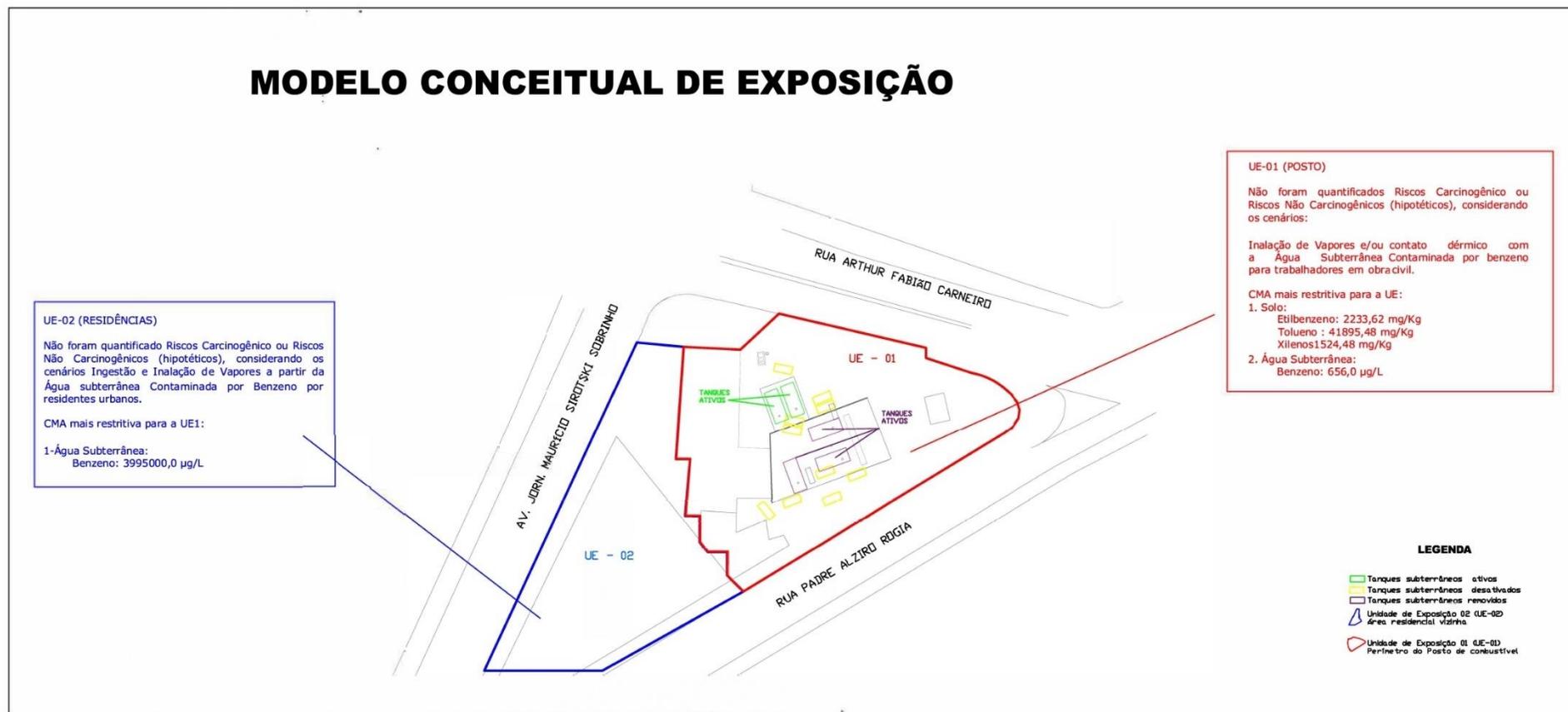


Figura 32 - Modelo Conceitual de exposição

Data:		05/09/2022	Projeto/Identificação da área:		UE-01		
	MODELO CONCEITUAL DE EXPOSIÇÃO						
	MEIO FÍSICO	VIAS DE INGRESSO			TRABALHADOR COMERCIAL E INDUSTRIAL		
				RECEPTOR NA FONTE	RECEPTOR FORA DA FONTE		
CAMINHOS DE EXPOSIÇÃO	SOLO	SUPERFICIAL	CONTATO DIRETO	INALAÇÃO	VAPORES	<input type="checkbox"/>	NÃO APLICÁVEL
					PARTÍCULAS	<input type="checkbox"/>	
					CONTATO DÉRMICO	<input type="checkbox"/>	
					INGESTÃO	<input type="checkbox"/>	
		INGESTÃO DE VEGETAIS	NÃO APLICÁVEL				
	SUBSUPERFICIAL	INALAÇÃO	AMBIENTES ABERTOS	<input checked="" type="checkbox"/>	NÃO APLICÁVEL		
			AMBIENTES FECHADOS	<input type="checkbox"/>			
			INGESTÃO DE ÁGUA SUBTERRÂNEA A PARTIR DA LIXIVIAÇÃO	<input type="checkbox"/>			
				<input type="checkbox"/>			
	ÁGUA	SUBTERRÂNEA	INALAÇÃO	AMBIENTES ABERTOS	<input checked="" type="checkbox"/>	NÃO APLICÁVEL	
				AMBIENTES FECHADOS	<input type="checkbox"/>		
				CONTATO DIRETO	CONTATO DÉRMICO		<input type="checkbox"/>
				INGESTÃO	<input type="checkbox"/>		
SUPERFICIAL	RECREAÇÃO	INALAÇÃO	<input type="checkbox"/>	NÃO APLICÁVEL			
		INGESTÃO	<input type="checkbox"/>				
		CONTATO DÉRMICO	<input type="checkbox"/>				
AR		INALAÇÃO	<input type="checkbox"/>	NÃO APLICÁVEL			
SEDIMENTO		INGESTÃO	<input type="checkbox"/>	NÃO APLICÁVEL			
		CONTATO DÉRMICO	<input type="checkbox"/>				

Figura 33 – Modelo conceitual de exposição a partir das planilhas CETESB – Trabalhadores comerciais

Data:		05/09/2022	Projeto/Identificação da área:		UE-01		
	MODELO CONCEITUAL DE EXPOSIÇÃO						
	MEIO FÍSICO	VIAS DE INGRESSO			TRABALHADOR EM OBRAS CIVIS E DE ESCAVAÇÃO		
				RECEPTOR NA FONTE	RECEPTOR FORA DA FONTE		
CAMINHOS DE EXPOSIÇÃO	SOLO	SUPERFICIAL	CONTATO DIRETO	INALAÇÃO	VAPORES	<input type="checkbox"/>	NÃO APLICÁVEL
					PARTÍCULAS	<input type="checkbox"/>	
					CONTATO DÉRMICO	<input type="checkbox"/>	
					INGESTÃO	<input type="checkbox"/>	
		INGESTÃO DE VEGETAIS	NÃO APLICÁVEL				
	SUBSUPERFICIAL	INALAÇÃO	AMBIENTES ABERTOS	<input checked="" type="checkbox"/>	NÃO APLICÁVEL		
			AMBIENTES FECHADOS	<input type="checkbox"/>			
			INGESTÃO DE ÁGUA SUBTERRÂNEA A PARTIR DA LIXIVIAÇÃO	<input type="checkbox"/>			
				<input type="checkbox"/>			
	ÁGUA	SUBTERRÂNEA	INALAÇÃO	AMBIENTES ABERTOS	<input checked="" type="checkbox"/>	NÃO APLICÁVEL	
				AMBIENTES FECHADOS	<input type="checkbox"/>		
				CONTATO DIRETO	CONTATO DÉRMICO		<input checked="" type="checkbox"/>
				INGESTÃO	<input type="checkbox"/>		
SUPERFICIAL	RECREAÇÃO	INALAÇÃO	<input type="checkbox"/>	NÃO APLICÁVEL			
		INGESTÃO	<input type="checkbox"/>				
		CONTATO DÉRMICO	<input type="checkbox"/>				
AR		INALAÇÃO	<input type="checkbox"/>	NÃO APLICÁVEL			
SEDIMENTO		INGESTÃO	<input type="checkbox"/>	NÃO APLICÁVEL			
		CONTATO DÉRMICO	<input type="checkbox"/>				

Figura 34 - Modelo conceitual de exposição a partir das planilhas CETESB – Obras Civis

Data:		05/09/2022		Projeto/Identificação da área:		UE-02			
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 type="checkbox"/>	NÃO APLICÁVEL	<input type="checkbox"/>	NÃO APLICÁVEL
				PARTICULAS	<input type="checkbox"/>				
			CONTATO DERMICO	<input type="checkbox"/>					
		INGESTÃO	<input type="checkbox"/>						
		INGESTÃO DE VEGETAIS	<input type="checkbox"/>						
		INGESTÃO DE ÁGUA SUBTERRÂNEA A PARTIR DA LIXIVIAÇÃO	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
	SUBTERRÂNEA	INALAÇÃO	AMBIENTES ABERTOS	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
			AMBIENTES FECHADOS	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
		CONTATO DIRETO	CONTATO DERMICO	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
	ÁGUA	SUPERFICIAL	RECREAÇÃO	INALAÇÃO	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
				INGESTÃO	NÃO APLICÁVEL	<input type="checkbox"/>	NÃO APLICÁVEL	<input type="checkbox"/>	
			CONTATO DERMICO	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
AR		INALAÇÃO	<input type="checkbox"/>	NÃO APLICÁVEL	<input type="checkbox"/>	NÃO APLICÁVEL			
SEDIMENTO		INGESTÃO	<input type="checkbox"/>	NÃO APLICÁVEL	<input type="checkbox"/>	NÃO APLICÁVEL			
		CONTATO DERMICO	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			

Figura 35 - Modelo conceitual de exposição a partir das planilhas CETESB - Residencial

7 CONCLUSÕES

De acordo com os resultados obtidos no presente trabalho, a área de interesse é passível de ser classificada como Área em Processo de Monitoramento para Reabilitação (AMR), conforme Artigo nº 27 do Capítulo IV da Resolução CONAMA nº 420/2009 que diz:

“Será declarada Área em Processo de Monitoramento para Reabilitação- AMR, pelo órgão ambiental competente, aquela em que o risco for considerado tolerável, após a execução de avaliação de risco”.

A tabela 22 apresenta de forma resumida os resultados da avaliação de risco. Desta maneira, é possível concluir que não houve quantificação de riscos à saúde humana acima de valores aceitáveis de riscos carcinogênicos e não carcinogênicos para nenhum dos cenários avaliados.

Contudo, as planilhas CETESB são modelos matemáticos, que embora tenham sido aprovadas por diversos profissionais da área de gerenciamento de áreas contaminadas, servem de apoio na tomada de decisões. Neste caso, o conhecimento do meio físico local e o acompanhamento contínuo da área se tornam importante no controle e proteção do meio ambiente e da saúde humana local.

As concentrações de contaminantes detectados na fase de investigação detalhada apresentaram valores de concentração menores que os valores de concentração máxima aceitável calculado através das planilhas.

Os resultados obtidos estão limitados às observações de campo e resultados de análises químicas de amostras coletadas em uma campanha pontual, realizada entre novembro de 2021 e março de 2022.

Por fim, conforme é tratado no item 4.3, o local possui um histórico de gerenciamento de contaminação desde 2002, com campanhas de monitoramento, outras investigações ambientais e análises de riscos à saúde. Neste contexto, destaca-se a importância do monitoramento ambiental de áreas utilizadas por postos de combustíveis, inclusive áreas desativadas que possam conter passivos ambientais como tanques subterrâneos desativados e mantidos no local.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFIAS

- AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO (ANP). **Anuário estatístico brasileiro do petróleo, gás natural e biocombustíveis.** Disponível em: <<https://www.gov.br/anp/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/anuario-estatistico/anuario-estatistico-2021>>. Acesso em: 05 de julho de 2022.
- AQUINO, C. A. B. **Identificação de compostos orgânicos voláteis (covs) emitidos por florestas na região amazônica.** Dissertação (Mestrado em física e meio ambiente) – Universidade Federal do Mato Grosso. Cuiabá, 2006.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS (ABAS). **Águas subterrâneas – O que são?** Disponível em: <<https://www.abas.org/aguas-subterraneas-o-que-sao/>>. Acesso em: 07 de julho de 2022.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **Norma para Avaliação de risco a saúde humana para fins de gerenciamento de áreas contaminadas – NBR 16209-2013.** Brasil, 2013.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **Norma para construção de Poços de Monitoramento em Aquíferos Granulares – NBR 15.495-1-2-2007.** Brasil, 2007.
- CAMARGO, A.P. **A água no solo para agricultura. O Agrônomo.** Campinas, 2005.
- CARMO, J. A. R. **Recarga subterrânea direta e sua influência sobre a temperatura e a condutividade elétrica em microbacias do rio Vacacaí-mirim, RS.** Dissertação (mestrado em engenharia ambiental) – Universidade Federal de Santa Maria, Rio Grande do Sul, 2014
- CETESB. **DECISÃO DE DIRETORIA Nº 103/2007/C/E:** Dispõe sobre o procedimento para gerenciamento de áreas contaminadas. Disponível em: <<https://cetesb.sp.gov.br/areascontaminadas/>>. Acesso em: 06 de julho de 2022.
- CETESB. **Ficha de Informação Toxicológica – Benzeno.** Disponível em: <<https://www.cetesb.sp.gov.br/laboratorios/wpcontent/uploads/sites/24/2013/11/Benzeno.pdf>>. Acesso em: 30 de julho de 2022.
- CETESB. **Ficha de Informação Toxicológica – Etilbenzeno.** Disponível em: <<https://cetesb.sp.gov.br/laboratorios/wpcontent/uploads/sites/24/2022/02/Etilbenzeno.pdf>>. Acesso em: 30 de julho de 2022.
- CETESB. **Ficha de Informação Toxicológica – Tolueno.** Disponível em: <<https://cetesb.sp.gov.br/laboratorios/wpcontent/uploads/sites/24/2021/05/Tolueno.pdf>>. Acesso em: 30 de julho de 2022.
- CETESB. **Ficha de Informação Toxicológica – Xileno.** Disponível em: <<https://cetesb.sp.gov.br/laboratorios/wpcontent/uploads/sites/24/2021/05/Xileno.pdf>>. Acesso em: 30 de julho de 2022.
- CETESB. **Manual de gerenciamento de áreas contaminadas.** Disponível em: <https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/5584477/mod_resource/content/1/Manual%20Cetesb%20Completo_%C3%A1reas%20contaminadas.pdf>. Acesso em: 10 de julho de 2022.

CETESB. **Planilhas para Avaliação de Risco**. Disponível em: <<https://cetesb.sp.gov.br/areas-contaminadas/documentacao/planilhas-para-avaliacao/>>. Acesso em: 05 de setembro de 2005

CETESB. **Relatório de áreas contaminadas e reabilitadas no estado de São Paulo-2020**. Disponível em: <<https://cetesb.sp.gov.br/areas-contaminadas/>>. Acesso em: 05 de julho de 2022.

CETESB. **Vias e fontes da exposição humana a contaminantes**. Disponível em: <<https://cetesb.sp.gov.br/centroregional/a-convencao/poluentes-organicospersistentes-pops/>>. Acesso em: 20 de julho de 2022.

CONAMA. **Resolução CONAMA nº 273, de 29 de novembro de 2000**. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 08 jan. 2001. Disponível em: <<http://conama.mma.gov.br/atos-normativos-sistema#>>>. Acesso em: 21 de julho de 2022.

CONAMA. **Resolução CONAMA nº 396, de 3 de abril de 2008**. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 7 abr. 2008. Disponível em: <<http://conama.mma.gov.br/atos-normativos-sistema#>>>. Acesso em: 06 de julho de 2022

CONAMA. **Resolução CONAMA no 420, de 28 de dezembro de 2009**. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 30 dez. 2019. Disponível em: <<http://conama.mma.gov.br/atos-normativos-sistema#>>>. Acesso em: 06 de julho de 2022.

DE PAULA, F. R. A. **Determinação do coeficiente de difusão através de um fluxo unidimensional em um solo não saturado**. Tese (mestrado em engenharia civil) – Universidade Estadual do Norte Fluminense, Rio de Janeiro, 2006.

FAERMANN, M. **Avaliação de risco à saúde humana por compostos orgânicos voláteis com base na metodologia de cálculo das planilhas da companhia de tecnologia de saneamento ambiental (CETESB)**. Trabalho de conclusão de graduação em engenharia ambiental – Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2013.

FEPAM. **Diretriz técnica nº 003/2021**. Disponível em: <<http://www.fepam.rs.gov.br/licenciamento/area4/17.asp>>. Acesso em: 06 de julho de 2022

FEPAM. **Diretriz técnica nº 004/2021**. Disponível em: <<http://www.fepam.rs.gov.br/licenciamento/area4/17.asp>>. Acesso em: 06 de julho de 2022

FEPAM. **Portaria nº 82 de 13 de novembro de 2020**. Disponível em: <<http://www.fepam.rs.gov.br/licenciamento/area4/17.asp>>. Acesso em: 09 de julho de 2022.

FETTER, C. W. **Applied Hydrogeology**. 4ª Ed. New Jersey: Prentice Hall, 2000. p. 400-440.

FETTER, C. W. **Contaminant hydrogeology**. New York: Macmillan Publish Company, 1993.

FREEZE, R. A.; CHERRY, J. A. **Groundwater**. Englewood Cliffs, New Jersey: Prentice Hall, 1979.

GEOAMBIENTAL CONSULTORIA E LICENCIAMENTO LTDA. **Relatório de Investigação Ambiental Detalhada**. Santa Maria, 2019.

GRUPO EPA. **Projeto detalhado estudos de avaliação de risco à saúde humana**. Minas Gerais, 2022.

GUERRA, A. T.; GUERRA, A. T. J. **Novo Dicionário Geológico – Geomorfológico**, Ed. Bertrand Brasil, 20 nov. 1997.

IBGE. **Projeção da população do Brasil e das Unidades da Federação**. Disponível em: < <https://www.ibge.gov.br/apps/populacao/projecao/index.html>>. Acesso em: 08 de julho de 2022.

JÚNIOR, J. J.; PASQUALETTO, A. **Contaminação ambiental movida por postos retalhistas de combustíveis**. Serviço Online PUC Goiás. Goiânia, 2008.

Kolesnikovas, C.; OLIVEIRA, C.; Uriel, D. **Avaliação de risco toxicológico para hidrocarbonetos totais de petróleo em forma fracionada aplicada à gestão e monitoramento de água subterrânea em um complexo industrial**. Águas Subterrâneas, 23(1). Disponível em: <<https://doi.org/10.14295/ras.v23i1.12128>>. Acesso em: 20 de julho de 2022.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. **Diretrizes para elaboração de estudo de avaliação de risco à saúde humana por exposição a contaminantes químicos**. Dpto. de vigilância em saúde ambiental e saúde do trabalhador. Brasília, 2010.

MOLAK, V. **Fundamentals of risk analysis and risk management 1st edition**. CRC Press; 1st edition. 1997

MUNICÍPIO DE SANTA MARIA. **Lei complementar nº 117, de 26 de julho de 2018**. Disponível em: <<https://iplan.santamaria.rs.gov.br/>>. Acesso em: 10 de agosto de 2022.

NOBRE, M. M. M. **Estudo Experimental do Transporte de Poluentes em Solos Argilosos Compactados**. Dissertação (Mestrado em engenharia civil) – Pontifícia Universidade Católica – Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 1987.

OGA, S.; CAMARGO, M. M. A.; BATISTUZZO, J. A. O. **Fundamentos da toxicologia**. Ed. Atheneu, 4ª ed, p. 37-46. São Paulo, 2014.

PASSANT, N. R. **Source Inventories and Control Strategies for VOCs: Volatile Organic Compounds in the Atmosphere**. Issues in Environmental Science and Technology, p. 51-64, no. 4. Royal Society of Chemistry, Cambridge, 1995.

PEREIRA, A. R et. al. **Evapo(transpi)ração**. Piracicaba: FEALQ. Disponível em: <<https://repositorio.usp.br/>>. Acesso em: 08 de julho de 2022.

ROWE, R. K.; QUIGLEY, R. M.; BOOKER, J. R. **Clayey barrier systems for waste disposal facilities**. London: E & FN SPON, 1995.

SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE E DA SUSTENTABILIDADE DE PORTO ALEGRE (SMAMS). **Instrução técnica nº 01/2018: gerenciamento de áreas contaminadas**. Porto Alegre, 2018.

SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL (CPRM). **Mapa geológico do Estado do Rio Grande do Sul**: escala 1:750,000. Secretaria de Geologia, Mineração e Transformação Mineral; Ministério das Minas e Energia, 2016.

SERVMAR. **Diagnóstico Ambiental Preliminar**. Texaco Brasil Ltda. Abril, 2002.

SERVMAR. **Relatório de Análise de Risco**. Texaco Brasil Ltda. Junho, 2003.

SILVEIRA, L. R. **Considerações sobre o fluxo de água e contaminantes em solos**. Engenharia Ambiental: Pesquisa e Tecnologia, v. 13, n. 2, 2016.

SOARES, F. M. **Estudo preliminar da concentração de cov selecionados na atmosfera próxima a postos de abastecimento de combustíveis**. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/301753238_ESTUDO_PRELIMINAR_DA_CONCENTRACAO_DE_COV_SELECIONADOS_NA_ATMOSFERA_PROXIMA_A_POSTOS_DE_ABASTECIMENTO_DE_COMBUSTIVEIS>. Acesso em: 10 de julho de 2022.

TECHNICAL AND REGULATORY GUIDANCE (ITRC). **Vapor Intrusion Pathway: A Practical Guideline**. The Interstate Technology & Regulatory Council, 2007.

TECNOHIDRO. **Investigação detalhada**. Maio, 2022.

TRIAL. **Relatório Diagnóstico Ambiental**. Setembro, 2011.

TUCCI, C. **Hidrologia: Ciência e Aplicação**. Ed. da Universidade. ABRH: EDUSP, 943 p. Porto Alegre, 1993.

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (USEPA). **Guidelines for Carcinogen Risk Assessment**. Washington, 2005.

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (USEPA). **Oswer draft guidance for evaluating the vapor intrusion to indoor air pathway from groundwater and soils**. (Subsurface Vapor Intrusion Guidance). 2002.

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (USEPA). **Risk assessment guidance for superfund: human health evaluation manual, v. 1**. Washington DC, USA: Office of Emergency and Remedial Response, 1989. (Part A).

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (USEPA). **Risk Assessment Guidance for Superfund Volume I: Human Health Evaluation Manual (Part E, Supplemental Guidance for Dermal Risk Assessment) final**. Washington, 2004.

UNITED STATES GEOLOGICAL SURVEY (USGS). **Description, Properties, and Degradation of Selected Volatile Organic Compounds Detected in Ground Water— A Review of Selected Literature**. Estados Unidos, 2006.

VEIGA, L. H. S.; FERNANDES, H. M. **Avaliação de riscos para a saúde humana e ecossistemas**. Disponível em: <<https://books.scielo.org/id/ffk9n>>. Acesso em: 22 de setembro de 2022.

VIEIRA, V. P. P. B. **Análise de risco em recursos hídricos**. Coleção ABRH de recursos hídricos, V. 10, 1ª ed. Porto Alegre, 2005.

VON SPERLING, E. **Afinal, quanta água temos no planeta?** Revista Brasileira de Recursos Hídricos, Vol. 11, n.4, p. 189-199, out/dez 2003.

APÊNDICE A

DATA: 05/09/2022		IDENTIFICAÇÃO DA ÁREA UE-01										RISCO CUMULATIVO POR SQI PARA RECEPTOR NA FONTE DE CONTAMINAÇÃO	RISCO CUMULATIVO POR SQI PARA RECEPTOR FORA DA FONTE DE CONTAMINAÇÃO	
 CAS N°	CONTAMINANTE	EFEITO	RISCO CARCINOGENICO E NÃO CARCINOGENICO PARA ÁGUA SUBTERRÂNEA TRABALHADOR COMERCIAL E INDUSTRIAL											
			RECEPTOR NA FONTE DE CONTAMINAÇÃO					RECEPTOR FORA DA FONTE DE CONTAMINAÇÃO						
			INALAÇÃO		CONTATO DIRETO			INALAÇÃO		CONTATO DIRETO				
AMBIENTES ABERTOS	AMBIENTES FECHADOS	CONTATO DÉRMICO	INGESTÃO	AMBIENTES ABERTOS	AMBIENTES FECHADOS	CONTATO DÉRMICO	INGESTÃO	AMBIENTES ABERTOS	AMBIENTES FECHADOS	CONTATO DÉRMICO	INGESTÃO			
1	71-43-2	Benzene	C	5,57E-09	-	-	-	-	-	-	-	-	5,57E-09	-
			NC	7,47E-05	-	-	-	-	-	-	-	-	7,47E-05	-
2	100-41-4	Ethylbenzene	C	0,00E+00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
			NC	0,00E+00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3	108-88-3	Toluene	C	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
			NC	0,00E+00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4	1330-20-7	Xylenes	C	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
			NC	0,00E+00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5			C	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
			NC	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6			C	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
			NC	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7			C	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
			NC	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
8			C	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
			NC	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
9			C	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
			NC	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10			C	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
			NC	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
11			C	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
			NC	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
12			C	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
			NC	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
13			C	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
			NC	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
14			C	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
			NC	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
15			C	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
			NC	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
16			C	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
			NC	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
17			C	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
			NC	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
18			C	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
			NC	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
19			C	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
			NC	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
20			C	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
			NC	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
21			C	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
			NC	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
22			C	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
			NC	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
23			C	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
			NC	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
24			C	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
			NC	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
25			C	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
			NC	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
26			C	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
			NC	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
27			C	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
			NC	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
28			C	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
			NC	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
29			C	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
			NC	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
30			C	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
			NC	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
RISCO CUMULATIVO POR CENÁRIO		SUBSTÂNCIAS CARCINOGENICAS		5,57E-09	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00		
		SUBSTÂNCIAS NÃO CARCINOGENICAS		7,47E-05	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00		

Risco Máximo Aceitável para Substâncias Carcinogênicas 1,00E-05
 Quociente de Perigo Máximo Aceitável para Substâncias não Carcinogênicas 1

 CETESB		CONTAMINANTE	EFEITO	CONCENTRAÇÕES MÁXIMAS ACEITÁVEIS PARA SOLO SUPERFICIAL E SUBSUPERFICIAL																			
				TRABALHADOR COMERCIAL E INDUSTRIAL																			
				NO PONTO DE EXPOSIÇÃO																			
				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 DÉRMIICO	INGESTÃO	INGESTÃO DE COMPOSTOS METÁLICOS		INGESTÃO DE COMPOSTOS ORGÂNICOS		AMBIENTES ABERTOS		AMBIENTES FECHADOS												
	VAPORES mg/kg	PARTÍCULAS mg/kg			mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg											
1	71-43-2	Benzene	C	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	7,16E+02	0	-	0	-	0	-	0
			NC	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	5,34E+03	0	-	0	-	0	-	0
2	100-41-4	Ethylbenzene	C	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	2,23E+03	0	-	0	-	0	-	0
			NC	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	1,78E+05	0	-	0	-	0	-	0
3	108-88-3	Toluene	C	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0
			NC	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	8,90E+05	0	-	0	-	0	-	0
4	1330-20-7	Xylenes	C	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0
			NC	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	1,78E+04	0	-	0	-	0	-	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
10			C	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0
			NC	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0
11			C	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0
			NC	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0
12			C	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0
			NC	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0
13			C	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0
			NC	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0
14			C	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0
			NC	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0
15			C	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0
			NC	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0
16			C	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0
			NC	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0
17			C	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0
			NC	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0
18			C	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0
			NC	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0
19			C	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0
			NC	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0
20			C	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0
			NC	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0
21			C	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0
			NC	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0
22			C	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0
			NC	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0
23			C	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0
			NC	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0
24			C	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0
			NC	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0
25			C	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0
			NC	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0
26			C	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0
			NC	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0
27			C	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0
			NC	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0
28			C	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0
			NC	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0
29			C	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0
			NC	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0
30			C	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0
			NC	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0

DATA: 05/09/2022			IDENTIFICAÇÃO DA ÁREA: UE-01																
	CONTAMINANTE	EFEITO	CONCENTRAÇÕES MÁXIMAS ACEITÁVEIS PARA ÁGUA SUBTERRÂNEA																
			TRABALHADOR COMERCIAL E INDUSTRIAL																
			NO PONTO DE EXPOSIÇÃO						NA FONTE DE CONTAMINAÇÃO A UMA DISTANCIA DO PONTO DE EXPOSIÇÃO										
			INALAÇÃO		USO IRRESTRITO				INALAÇÃO		USO IRRESTRITO								
CAS N°			AMBIENTES ABERTOS		AMBIENTES FECHADOS		CONTATO DÉRMIICO		INGESTÃO		AMBIENTES ABERTOS		AMBIENTES FECHADOS		CONTATO DÉRMIICO		INGESTÃO		
			mg/L		mg/L		mg/L		mg/L		mg/L		mg/L		mg/L		mg/L		
1	71-43-2	Benzene	C	3,34E+02	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0
			NC	2,49E+03	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0
2	100-41-4	Ethylbenzene	C	1,05E+03	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0
			NC	8,37E+04	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0
3	108-88-3	Toluene	C	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0
			NC	4,20E+05	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0
4	1330-20-7	Xylenes	C	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0
			NC	9,41E+03	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0
5			C	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0
			NC	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0
6			C	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0
			NC	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0
7			C	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0
			NC	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0
8			C	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0
			NC	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0
9			C	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0
			NC	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0
10			C	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0
			NC	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0
11			C	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0
			NC	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0
12			C	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0
			NC	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0
13			C	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0
			NC	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0
14			C	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0
			NC	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0
15			C	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0
			NC	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0
16			C	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0
			NC	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0
17			C	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0
			NC	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0
18			C	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0
			NC	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0
19			C	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0
			NC	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0
20			C	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0
			NC	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0
21			C	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0
			NC	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0
22			C	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0
			NC	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0
23			C	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0
			NC	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0
24			C	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0
			NC	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0
25			C	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0
			NC	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0
26			C	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0
			NC	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0
27			C	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0
			NC	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0
28			C	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0
			NC	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0
29			C	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0
			NC	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0
30			C	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0
			NC	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0

DATA: 05/09/2022		IDENTIFICAÇÃO DA ÁREA: UE-01											RISCO CUMULATIVO POR SQI PARA RECEPTOR NA FONTE DE CONTAMINAÇÃO	RISCO CUMULATIVO POR SQI PARA RECEPTOR FORA DA FONTE DE CONTAMINAÇÃO			
 CETESB	CONTAMINANTE	EFEITO	RISCO CARCINOGENICO E NÃO CARCINOGENICO PARA SOLO SUPERFICIAL E SUBSUPERFICIAL														
			TRABALHADOR EM OBRAS CIVIS E DE ESCAVAÇÃO														
			RECEPTOR NA FONTE DE CONTAMINAÇÃO												RECEPTOR FORA DA FONTE DE CONTAMINAÇÃO		
CAS N°	SUPERFICIAL					SUBSUPERFICIAL					SUBSUPERFICIAL						
	CONTATO DIRETO			INGESTÃO DE VEGETAIS		INALAÇÃO			INGESTÃO DE ÁGUA SUBTERRÂNEA A PARTIR DA LIXIVIAÇÃO DO SOLO		INGESTÃO DE ÁGUA SUBTERRÂNEA A PARTIR DA LIXIVIAÇÃO DO SOLO						
	INALAÇÃO		CONTATO DÉRMIICO	INGESTÃO	INGESTÃO DE COMPOSTOS METÁLICOS	INGESTÃO DE COMPOSTOS ORGÂNICOS	AMBIENTES ABERTOS		AMBIENTES FECHADOS	INGESTÃO DE ÁGUA SUBTERRÂNEA A PARTIR DA LIXIVIAÇÃO DO SOLO	INGESTÃO DE ÁGUA SUBTERRÂNEA A PARTIR DA LIXIVIAÇÃO DO SOLO						
VAPORES	PARTÍCULAS	AMBIENTES ABERTOS					AMBIENTES FECHADOS										
1	71-43-2	Benzene	C	-	-	-	-	-	-	-	0,00E+00	-	-	-	-	-	
			NC	-	-	-	-	-	-	-	0,00E+00	-	-	-	-	-	
2	100-41-4	Ethylbenzene	C	-	-	-	-	-	-	-	1,34E-07	-	-	-	-	-	
			NC	-	-	-	-	-	-	-	6,15E-03	-	-	-	-	-	
3	108-88-3	Toluene	C	-	-	-	-	-	-	-	2,86E-03	-	-	-	-	-	
			NC	-	-	-	-	-	-	-	2,86E-03	-	-	-	-	-	
4	1330-20-7	Xylenes	C	-	-	-	-	-	-	-	2,55E-01	-	-	-	-	-	
			NC	-	-	-	-	-	-	-	2,55E-01	-	-	-	-	-	
5			C	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
			NC	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
6			C	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
			NC	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
7			C	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
			NC	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
8			C	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
			NC	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
9			C	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
			NC	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
10			C	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
			NC	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
11			C	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
			NC	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
12			C	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
			NC	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
13			C	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
			NC	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
14			C	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
			NC	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
15			C	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
			NC	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
16			C	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
			NC	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
17			C	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
			NC	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
18			C	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
			NC	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
19			C	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
			NC	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
20			C	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
			NC	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
21			C	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
			NC	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
22			C	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
			NC	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
23			C	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
			NC	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
24			C	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
			NC	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
25			C	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
			NC	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
26			C	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
			NC	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
27			C	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
			NC	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
28			C	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
			NC	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
29			C	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
			NC	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
30			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	0,00E+00	1,34E-07	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	
		SUBSTÂNCIAS NÃO CARCINOGENICAS		0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	2,64E-01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	

Risco Máximo Aceitável para Substâncias Carcinogênicas
 Quociente de Perigo Máximo Aceitável para Substâncias não Carcinogênicas

1,00E-05
 1

DATA:		05/09/2022		IDENTIFICAÇÃO DA ÁREA:		UE-01		RISCO CARCINOGENICO E NÃO CARCINOGENICO PARA ÁGUA SUBTERRÂNEA TRABALHADOR EM OBRAS CIVIS E DE ESCAVAÇÃO										RISCO CUMULATIVO POR SQI PARA RECEPTOR NA FONTE DE CONTAMINAÇÃO		RISCO CUMULATIVO POR SQI PARA RECEPTOR FORA DA FONTE DE CONTAMINAÇÃO	
CAS N°		CONTAMINANTE	EFEITO	RECEPTOR NA FONTE DE CONTAMINAÇÃO				RECEPTOR FORA DA FONTE DE CONTAMINAÇÃO				RISCO CUMULATIVO POR SQI PARA RECEPTOR NA FONTE DE CONTAMINAÇÃO	RISCO CUMULATIVO POR SQI PARA RECEPTOR FORA DA FONTE DE CONTAMINAÇÃO								
				INALAÇÃO		CONTATO DIRETO		INALAÇÃO		CONTATO DIRETO											
				AMBIENTES ABERTOS	AMBIENTES FECHADOS	CONTATO DÉRMICO	INGESTÃO	AMBIENTES ABERTOS	AMBIENTES FECHADOS	CONTATO DÉRMICO	INGESTÃO										
1	71-43-2	Benzene	C	2,60E-10	-	5,45E-07	-	-	-	-	-	-	-	5,45E-07	-						
			NC	1,27E-04	-	2,83E-01	-	-	-	-	-	-	-	2,83E-01	-						
2	100-41-4	Ethylbenzene	C	0,00E+00	-	0,00E+00	-	-	-	-	-	-	-	-	-						
			NC	0,00E+00	-	0,00E+00	-	-	-	-	-	-	-	-	-						
3	108-88-3	Toluene	C	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-						
			NC	0,00E+00	-	0,00E+00	-	-	-	-	-	-	-	-	-						
4	1330-20-7	Xylenes	C	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-						
			NC	0,00E+00	-	0,00E+00	-	-	-	-	-	-	-	-	-						
5			C	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-						
			NC	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-						
6			C	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-						
			NC	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-						
7			C	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-						
			NC	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-						
8			C	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-						
			NC	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-						
9			C	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-						
			NC	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-						
10			C	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-						
			NC	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-						
11			C	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-						
			NC	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-						
12			C	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-						
			NC	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-						
13			C	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-						
			NC	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-						
14			C	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-						
			NC	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-						
15			C	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-						
			NC	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-						
16			C	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-						
			NC	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-						
17			C	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-						
			NC	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-						
18			C	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-						
			NC	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-						
19			C	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-						
			NC	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-						
20			C	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-						
			NC	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-						
21			C	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-						
			NC	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-						
22			C	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-						
			NC	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-						
23			C	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-						
			NC	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-						
24			C	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-						
			NC	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-						
25			C	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-						
			NC	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-						
26			C	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-						
			NC	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-						
27			C	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-						
			NC	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-						
28			C	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-						
			NC	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-						
29			C	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-						
			NC	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-						
30			C	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-						
			NC	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-						
RISCO CUMULATIVO POR CENÁRIO		SUBSTÂNCIAS CARCINOGENICAS		2,60E-10	0,00E+00	5,45E-07	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00								
		SUBSTÂNCIAS NÃO CARCINOGENICAS		1,27E-04	0,00E+00	2,83E-01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00								

Risco Máximo Aceitável para Substâncias Carcinogênicas 1,00E-05
 Quociente de Perigo Máximo Aceitável para Substâncias não Carcinogênicas 1

DATA:		05/09/2022		IDENTIFICAÇÃO DA ÁREA:		UE-01															
 CETESB		CONTAMINANTE		EFEITO		CONCENTRAÇÕES MÁXIMAS ACEITÁVEIS PARA SOLO SUPERFICIAL E SUBSUPERFICIAL															
						TRABALHADOR EM OBRAS CIVIS E DE ESCAVAÇÃO															
						NO PONTO DE EXPOSIÇÃO														NA FONTE DE CONTAMINAÇÃO A UMA DISTÂNCIA DO PONTO DE EXPOSIÇÃO	
						SUPERFICIAL							SUBSUPERFICIAL							SUBSUPERFICIAL	
CAS N°	CONTATO DIRETO				INGESTÃO DE VEGETAIS				INALAÇÃO				INGESTÃO DE ÁGUA SUBTERRÂNEA A PARTIR DA LIXIVIAÇÃO DO SOLO		LIXIVIAÇÃO PARA ÁGUA SUBTERRÂNEA						
	INALAÇÃO		CONTATO DÉRMICO	INGESTÃO	INGESTÃO DE COMPOSTOS METÁLICOS		INGESTÃO DE COMPOSTOS ORGÂNICOS		AMBIENTES ABERTOS		AMBIENTES FECHADOS		mg/kg								
	VAPORES	PARTICULAS			mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg									
	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	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	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	8,21E+02	0	-	0	-	0	-	0
			NC	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	1,68E+02	0	-	0	-	0	-	0
2	100-41-4	Ethylbenzene	C	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	6,82E+03	0	-	0	-	0	-	0
			NC	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	1,49E+04	0	-	0	-	0	-	0
3	108-88-3	Toluene	C	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0
			NC	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	4,19E+04	0	-	0	-	0	-	0
4	1330-20-7	Xylenes	C	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0
			NC	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	1,52E+03	0	-	0	-	0	-	0
5			C	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0
			NC	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0
6			C	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0
			NC	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0
7			C	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0
			NC	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0
8			C	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0
			NC	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0
9			C	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0
			NC	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0
10			C	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0
			NC	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0
11			C	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0
			NC	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0
12			C	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0
			NC	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0
13			C	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0
			NC	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0
14			C	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0
			NC	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0
15			C	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0
			NC	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0
16			C	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0
			NC	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0
17			C	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0
			NC	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0
18			C	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0
			NC	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0
19			C	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0
			NC	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0
20			C	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0
			NC	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0
21			C	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0
			NC	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0
22			C	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0
			NC	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0
23			C	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0
			NC	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0
24			C	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0
			NC	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0
25			C	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0
			NC	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0
26			C	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0
			NC	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0
27			C	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0
			NC	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0
28			C	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0
			NC	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0
29			C	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0
			NC	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0
30			C	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0
			NC	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0

DATA: 05/09/2022		IDENTIFICAÇÃO DA ÁREA: UE-01														
CETESB	CONTAMINANTE	EFEITO	CONCENTRAÇÕES MÁXIMAS ACEITÁVEIS PARA ÁGUA SUBTERRÂNEA TRABALHADOR EM OBRAS CIVIS E DE ESCAVAÇÃO													
			NO PONTO DE EXPOSIÇÃO							NA FONTE DE CONTAMINAÇÃO A UMA DISTANCIA DO PONTO DE EXPOSIÇÃO						
			INALAÇÃO			USO IRRESTRITO				INALAÇÃO			USO IRRESTRITO			
			AMBIENTES ABERTOS		AMBIENTES FECHADOS	CONTATO DERMICO		INGESTÃO	AMBIENTES ABERTOS		AMBIENTES FECHADOS	CONTATO DERMICO		INGESTÃO		
CAS N°	mg/L	0	mg/L	0	mg/L	0	mg/L	0	mg/L	0	mg/L	0	mg/L	0		
1	71-43-2	Benzene	C	7,15E+03	0	-	0	3,42E+00	0	-	0	-	0	-	0	
			NC	1,46E+03	0	-	0	6,56E-01	0	-	0	-	0	-	0	
2	100-41-4	Ethylbenzene	C	2,25E+04	0	-	0	5,16E+00	0	-	0	-	0	-	0	
			NC	4,91E+04	0	-	0	4,96E+00	0	-	0	-	0	-	0	
3	108-88-3	Toluene	C	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	
			NC	2,46E+05	0	-	0	6,29E+00	0	-	0	-	0	-	0	
4	1330-20-7	Xylenes	C	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	
			NC	5,52E+03	0	-	0	9,78E+00	0	-	0	-	0	-	0	
5			C	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	
			NC	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	
6			C	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	
			NC	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	
7			C	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	
			NC	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	
8			C	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	
			NC	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	
9			C	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	
			NC	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	
10			C	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	
			NC	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	
11			C	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	
			NC	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	
12			C	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	
			NC	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	
13			C	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	
			NC	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	
14			C	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	
			NC	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	
15			C	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	
			NC	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	
16			C	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	
			NC	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	
17			C	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	
			NC	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	
18			C	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	
			NC	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	
19			C	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	
			NC	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	
20			C	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	
			NC	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	
21			C	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	
			NC	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	
22			C	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	
			NC	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	
23			C	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	
			NC	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	
24			C	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	
			NC	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	
25			C	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	
			NC	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	
26			C	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	
			NC	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	
27			C	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	
			NC	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	
28			C	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	
			NC	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	
29			C	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	
			NC	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	
30			C	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	
			NC	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	

Risco Máximo Aceitável para Substâncias Carcinogênicas
 Quociente de Perigo Máximo Aceitável para Substâncias não Carcinogênicas

1,00E-05
 1

DATA: 05/09/2022		IDENTIFICAÇÃO DA ÁREA: UE-02										RISCO CUMULATIVO POR SQI PARA RECEPTOR NA FONTE DE CONTAMINAÇÃO	RISCO CUMULATIVO POR SQI PARA RECEPTOR FORA DA FONTE DE CONTAMINAÇÃO	
	CONTAMINANTE	EFEITO	RISCO CARCINOGENICO E NÃO CARCINOGENICO PARA ÁGUA SUBTERRÂNEA											
			RESIDENCIAL URBANO					CRIANÇA						
			RECEPTOR NA FONTE DE CONTAMINAÇÃO					RECEPTOR FORA DA FONTE DE CONTAMINAÇÃO						
			INALAÇÃO		CONTATO DIRETO			INALAÇÃO		CONTATO DIRETO				
AMBIENTES ABERTOS	AMBIENTES FECHADOS	CONTATO DÉRMICO	INGESTÃO	AMBIENTES ABERTOS	AMBIENTES FECHADOS	CONTATO DÉRMICO	INGESTÃO							
CAS N°														
1	71-43-2	Benzene	C	-	-	-	-	-	-	1,10E-12	-	1,25E-11	-	1,35E-11
			NC	-	-	-	-	-	-	6,13E-08	-	7,40E-07	-	8,01E-07
2			C	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
			NC	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3			C	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
			NC	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4			C	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
			NC	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5			C	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
			NC	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6			C	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
			NC	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7			C	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
			NC	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
8			C	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
			NC	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
9			C	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
			NC	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10			C	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
			NC	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
11			C	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
			NC	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
12			C	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
			NC	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
13			C	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
			NC	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
14			C	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
			NC	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
15			C	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
			NC	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
16			C	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
			NC	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
17			C	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
			NC	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
18			C	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
			NC	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
19			C	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
			NC	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
20			C	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
			NC	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
21			C	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
			NC	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
22			C	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
			NC	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
23			C	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
			NC	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
24			C	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
			NC	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
25			C	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
			NC	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
26			C	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
			NC	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
27			C	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
			NC	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
28			C	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
			NC	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
29			C	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
			NC	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
30			C	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
			NC	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
RISCO CUMULATIVO POR CENÁRIO			SUBSTANCIAS CARCINOGENICAS		0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	1,10E-12	0,00E+00	1,25E-11		
			SUBSTANCIAS NÃO CARCINOGENICAS		0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	6,13E-08	0,00E+00	7,40E-07		

Risco Máximo Aceitável para Substâncias Carcinogênicas 1,00E-05
 Quociente de Perigo Máximo Aceitável para Substâncias não Carcinogênicas 1

DATA:		05/09/2022		IDENTIFICAÇÃO DA ÁREA:		UE-02		RISCO CARCINOGENICO E NÃO CARCINOGENICO PARA ÁGUA SUBTERRÂNEA				RISCO CUMULATIVO POR SQI PARA RECEPTOR NA FONTE DE CONTAMINAÇÃO	RISCO CUMULATIVO POR SQI PARA RECEPTOR FORA DA FONTE DE CONTAMINAÇÃO
CONTAMINANTE		EFEITO	RESIDENCIAL URBANO				ADULTO						
CAS N°			RECEPTOR NA FONTE DE CONTAMINAÇÃO				RECEPTOR FORA DA FONTE DE CONTAMINAÇÃO						
			INALAÇÃO		CONTATO DIRETO		INALAÇÃO		CONTATO DIRETO				
		AMBIENTES ABERTOS	AMBIENTES FECHADOS	CONTATO DÉRMICO	INGESTÃO	AMBIENTES ABERTOS	AMBIENTES FECHADOS	CONTATO DÉRMICO	INGESTÃO				
1	71-43-2	Benzene	C	-	-	-	-	-	1,96E-12	-	4,66E-11	-	4,85E-11
			NC	-	-	-	-	-	2,19E-08	-	5,53E-07	-	5,75E-07
2			C	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
			NC	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3			C	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
			NC	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4			C	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
			NC	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5			C	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
			NC	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6			C	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
			NC	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7			C	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
			NC	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
8			C	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
			NC	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
9			C	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
			NC	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10			C	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
			NC	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
11			C	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
			NC	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
12			C	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
			NC	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
13			C	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
			NC	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
14			C	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
			NC	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
15			C	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
			NC	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
16			C	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
			NC	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
17			C	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
			NC	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
18			C	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
			NC	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
19			C	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
			NC	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
20			C	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
			NC	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
21			C	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
			NC	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
22			C	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
			NC	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
23			C	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
			NC	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
24			C	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
			NC	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
25			C	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
			NC	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
26			C	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
			NC	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
27			C	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
			NC	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
28			C	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
			NC	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
29			C	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
			NC	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
30			C	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
			NC	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
RISCO CUMULATIVO POR CENÁRIO		SUBSTANCIAS CARCINOGENICAS		0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	1,96E-12	0,00E+00	4,66E-11		
		SUBSTANCIAS NÃO CARCINOGENICAS		0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	2,19E-08	0,00E+00	5,53E-07		

Risco Máximo Aceitável para Substâncias Carcinogênicas
 Quociente de Perigo Máximo Aceitável para Substâncias não Carcinogênicas

1,00E-05
 1

DATA: 05/09/2022		IDENTIFICAÇÃO DA ÁREA: UE-02															
 CETESB	CONTAMINANTE	EFEITO	CONCENTRAÇÕES MÁXIMAS ACEITÁVEIS PARA ÁGUA SUBTERRÂNEA														
			RESIDENCIAL URBANO						CRIANÇA								
			NO PONTO DE EXPOSIÇÃO						NA FONTE DE CONTAMINAÇÃO A UMA DISTANCIA DO PONTO DE EXPOSIÇÃO								
			INALAÇÃO		CONTATO DIRETO				INALAÇÃO		CONTATO DIRETO						
CAS N°		AMBIENTES ABERTOS		AMBIENTES FECHADOS		CONTATO DÉRMIICO		INGESTÃO		AMBIENTES ABERTOS		AMBIENTES FECHADOS		CONTATO DÉRMIICO		INGESTÃO	
		mg/L		mg/L		mg/L		mg/L		mg/L		mg/L		mg/L		mg/L	
1	71-43-2	Benzene	C	-	0	-	0	-	0	-	0	1,70E+06	0	-	0	1,49E+05	0
			NC	-	0	-	0	-	0	-	0	3,04E+06	0	-	0	2,52E+05	0
2			C	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0
			NC	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0
3			C	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0
			NC	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0
4			C	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0
			NC	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0
5			C	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0
			NC	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0
6			C	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0
			NC	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0
7			C	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0
			NC	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0
8			C	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0
			NC	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0
9			C	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0
			NC	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0
10			C	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0
			NC	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0
11			C	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0
			NC	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0
12			C	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0
			NC	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0
13			C	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0
			NC	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0
14			C	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0
			NC	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0
15			C	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0
			NC	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0
16			C	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0
			NC	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0
17			C	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0
			NC	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0
18			C	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0
			NC	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0
19			C	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0
			NC	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0
20			C	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0
			NC	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0
21			C	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0
			NC	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0
22			C	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0
			NC	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0
23			C	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0
			NC	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0
24			C	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0
			NC	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0
25			C	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0
			NC	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0
26			C	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0
			NC	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0
27			C	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0
			NC	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0
28			C	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0
			NC	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0
29			C	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0
			NC	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0
30			C	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0
			NC	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0

Risco Máximo Aceitável para Substâncias Carcinogênicas
 Quociente de Perigo Máximo Aceitável para Substâncias não Carcinogênicas

1,00E-05
 1

DATA: 05/09/2022		IDENTIFICAÇÃO DA ÁREA: UE-02																	
	CONTAMINANTE	EFEITO	CONCENTRAÇÕES MÁXIMAS ACEITÁVEIS PARA ÁGUA SUBTERRÂNEA																
			RESIDENCIAL URBANO						ADULTO										
			NO PONTO DE EXPOSIÇÃO						NA FONTE DE CONTAMINAÇÃO A UMA DISTANCIA DO PONTO DE EXPOSIÇÃO										
			INALAÇÃO		USO IRRESTRITO				INALAÇÃO		USO IRRESTRITO								
		CONTATO DIRETO						CONTATO DIRETO											
CAS N°			AMBIENTES ABERTOS		AMBIENTES FECHADOS		CONTATO DÉRMICO		INGESTÃO		AMBIENTES ABERTOS		AMBIENTES FECHADOS		CONTATO DÉRMICO		INGESTÃO		
			mg/L		mg/L		mg/L		mg/L	mg/L		mg/L		mg/L	mg/L		mg/L		
1	71-43-2	Benzene	C	-	0	-	0	-	0	-	0	9,48E+05	0	-	0	4,00E+04	0	-	0
			NC	-	0	-	0	-	0	-	0	8,49E+06	0	-	0	3,36E+05	0	-	0
2			C	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0
			NC	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0
3			C	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0
			NC	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0
4			C	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0
			NC	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0
5			C	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0
			NC	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0
6			C	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0
			NC	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0
7			C	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0
			NC	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0
8			C	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0
			NC	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0
9			C	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0
			NC	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0
10			C	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0
			NC	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0
11			C	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0
			NC	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0
12			C	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0
			NC	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0
13			C	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0
			NC	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0
14			C	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0
			NC	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0
15			C	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0
			NC	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0
16			C	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0
			NC	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0
17			C	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0
			NC	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0
18			C	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0
			NC	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0
19			C	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0
			NC	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0
20			C	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0
			NC	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0
21			C	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0
			NC	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0
22			C	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0
			NC	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0
23			C	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0
			NC	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0
24			C	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0
			NC	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0
25			C	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0
			NC	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0
26			C	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0
			NC	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0
27			C	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0
			NC	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0
28			C	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0
			NC	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0
29			C	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0
			NC	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0
30			C	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0
			NC	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0

APÉNDICE B

Data:		05/09/2022		Projeto/Identificação da área:		UE-01		
 CETESB	MODELO CONCEITUAL DE EXPOSIÇÃO							
	MEIO FÍSICO	VIAS DE INGRESSO				TRABALHADOR COMERCIAL E INDUSTRIAL		
						RECEPTOR NA FONTE	RECEPTOR FORA DA FONTE	
CAMINHOS DE EXPOSIÇÃO	SOLO	SUPERFICIAL	CONTATO DIRETO	INALAÇÃO	VAPORES	<input type="checkbox"/>	NÃO APLICÁVEL	
					PARTÍCULAS	<input type="checkbox"/>		
				CONTATO DÉRMICO		<input type="checkbox"/>		
				INGESTÃO		<input type="checkbox"/>		
				INGESTÃO DE VEGETAIS		NÃO APLICÁVEL		
	SUBSUPERFICIAL	INALAÇÃO		AMBIENTES ABERTOS	<input checked="" type="checkbox"/>			
				AMBIENTES FECHADOS	<input type="checkbox"/>			
		INGESTÃO DE ÁGUA SUBTERRÂNEA A PARTIR DA LIXIVIAÇÃO		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
	ÁGUA	SUBTERRÂNEA	INALAÇÃO		AMBIENTES ABERTOS	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
					AMBIENTES FECHADOS	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
			CONTATO DIRETO		CONTATO DÉRMICO	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
					INGESTÃO	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	SUPERFICIAL	RECREAÇÃO	INALAÇÃO		NÃO APLICÁVEL		<input type="checkbox"/>	
INGESTÃO					<input type="checkbox"/>			
CONTATO DÉRMICO					<input type="checkbox"/>			
AR		INALAÇÃO			<input type="checkbox"/>	NÃO APLICÁVEL		
SEDIMENTO		INGESTÃO			NÃO APLICÁVEL		<input type="checkbox"/>	
		CONTATO DÉRMICO					<input type="checkbox"/>	

		Data:	05/09/2022		Identificação da área:	UE-01																	
		PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS																					
PARÂMETROS		CAS N°	PM (g/mol)	CTE ADMENSIONAL DE HENRY	Densidade (g/ml)	Koc (L/kg)	Solubilidade (mg/L água)	DIFUSIVIDADE NO AR (cm²/s)	DIFUSIVIDADE NA ÁGUA (cm²/s)	PONTO DE FUSÃO (°C)	Kd (L/kg)	Meia Vida (ano)	PC (cm/hora)	Log Kow	Pressão de vapor (Pa)	Fator de Bioconcentração para Metais (raiz)	Fator de Bioconcentração para Metais (folhas/estrutura)	B	tevent	t*	FA	Volátil	
1	Benzene	71-43-2	78.12	2,27E-01	8,77E-01	1,46E+02	1,79E+03	8,95E-02	1,03E-05	5,50E+00	1,17	1,97E+00	0,0149	2,1300	9,48E+01			5,07E-02	2,88E-01	6,91E-01	1,00E+00	V	
2	Ethylbenzene	100-41-4	106.17	3,22E-01	8,63E-01	4,46E+02	1,69E+02	6,85E-02	8,46E-06	-9,49E+01	3,57	6,25E-01	0,0493	3,1500	9,60E+00			1,95E-01	4,13E-01	9,92E-01	1,00E+00	V	
3	Toluene	108-88-3	92.14	2,71E-01	8,62E-01	2,34E+02	5,26E+02	7,78E-02	9,20E-06	-9,49E+01	1,87	7,67E-02	0,0311	2,7300	2,84E+01			1,15E-01	3,45E-01	8,28E-01	1,00E+00	V	
4	Xylenes	1330-20-7	106.17	2,71E-01	8,64E-01	3,83E+02	1,06E+02	6,85E-02	8,46E-06	-2,52E+01	3,06	1,00E+00	0,0500	3,1600	7,99E+00			1,98E-01	4,13E-01	9,92E-01	1,00E+00	V	
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																							

		PARÂMETROS TOXICOLÓGICOS																	
		CAS N°	EVIDÊNCIA DE CâNCER	DOSE DE REFERÊNCIA (RfD)						FATOR DE CARCINOGENICIDADE			ABD _{GI}	ABS _d	TIPO	IUR (ug/m³)-1	RICI (mg/m³)	Potabilidade de	Fator Biodisponibilidade relativa
INGESTÃO				INALAÇÃO		DÉRMICO		Sfo (mg/kg-day)-1	Sfi (mg/kg-day)-1	SFd (mg/kg-day)-1									
PARÂMETROS		RfDo (mg/kg-day)	REFERÊNCIA	RfDi (mg/kg-dia)	REFERÊNCIA	RfDd (mg/kg-day)	REFERÊNCIA												
1	Benzene	71-43-2	C	4,00E-03	I	8,57E-03	I	4,00E-03	I	5,50E-02	2,73E-02	5,50E-02	100%		7,80E-06	3,00E-02	5,00E+00	1,00	
2	Ethylbenzene	100-41-4	C	1,00E-01	I	2,86E-01	I	1,00E-01	I	1,10E-02	8,75E-03	1,10E-02	100%		2,50E-06	1,00E+00	2,00E+02	1,00	
3	Toluene	108-88-3	NC	8,00E-02	I	1,43E+00	I	8,00E-02	I				100%			5,00E+00	1,70E+02	1,00	
4	Xylenes	1330-20-7	NC	2,00E-01	I	2,86E-02	I	2,00E-01	I				100%			1,00E-01	3,00E+02	1,00	
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																			

PARÂMETROS	DESCRIÇÃO	UNIDADE	TRABALHADOR COMERCIAL E INDUSTRIAL			ESPECÍFICO
			REFERÊNCIA CETESB	VALORES ESPECÍFICOS	VALORES DE CÁLCULO	
IDENTIFICAÇÃO DA ÁREA						
UE-01			DATA: 05/09/2022			
PLANILHA DE ENTRADA DE DADOS						
Cenários Associados a Intrusão de Vapores						
Ab	Área das Fundações	cm ²	200.000		200.000	
Lb	Pé Direito	cm	300		300	
Lcrk	Espessura das fundações/paredes de construções	cm	15,00		15,00	
α	Fator de atenuação	-	0,03		0,03	
Cenários Associados a Inalação de Vapores a partir do Solo e Água Subterrânea						
Lss	Profundidade da Fonte no Solo Subsuperficial	cm	100	130	130	S
dss	Espessura do Solo Subsuperficial Impactado	cm	345	150	150	S
Wss	Largura do solo subsuperficial impactado	cm	4.500	1000	1.000	S
Lgw	Profundidade do Nível d'Água	cm	450	280	280	S
T	Temperatura da Água Subterrânea	K	298	297,46	297	S
Ww	Largura da área fonte na direção paralela ao fluxo da água subterrânea	cm	1.000	1000	1.000	
δgw	Espessura da pluma dissolvida na água subterrânea	cm	200	236	236	S
θT	Porosidade Total	-	0,460	0,37	0,370	S
ps	Densidade do Solo	g/cm ³	1,300	1,77	1,770	S
foc	Fração de Carbono Orgânico no Solo	g-C/g-solo	0,003	0,0080	0,008	S
Cenários Associados a Lixiviação do Solo Subsuperficial para Água Subterrânea						
SIR	Taxa de infiltração no Solo	cm/ano	66,10		66,10	
Cenários Associados ao Contato Direto com Solo superficial						
Ls	Espessura do Solo Superficial Impactado	cm	100	150	150	S
A	Área de Emissão de Vapores	cm ²	20.250.000		20.250.000	
Ws	Largura do solo superficial impactado	cm	4.500	1.000,000	1.000	S
Cenários Associados ao Transporte de Contaminante em Meio Saturado						
Sd	Espessura da Fonte na Água Subterrânea	cm	200	150	150	S
Sw	Largura da Fonte	cm	4.500	1000,000	1.000	S
i	Gradiente Hidráulico	-	0,050	0,032	0,032	S
K	Condutividade Hidráulica	cm/dia	11,23	6,230	6,23	S
x	Distância entre a área fonte na água subterrânea e o Ponto de Exposição	cm	4.500	0	4.500	
θef	Porosidade Efetiva	cm ³ /cm ³	0,120	0,017	0,017	S

DATA:		05/09/2022		IDENTIFICAÇÃO DA ÁREA:		UE-01		CONCENTRAÇÕES DAS SQIs NO SOLO E ÁGUAS SUBTERRÂNEAS																
CAS N°	CONTAMINANTE	DISTÂNCIA DA FONTE AO PONTO DE EXPOSIÇÃO (centímetros)	CONCENTRAÇÃO NA FONTE						NA FONTE DE CONTAMINAÇÃO					CONCENTRAÇÃO NO PONTO DE EXPOSIÇÃO					VEGETAIS					
			SOLO		ÁGUA SUBTERRÂNEA	FAN CALCULADO	FAN SUBSERRADO PELO USUÁRIO	FAN PARA CÁLCULO	AR				ÁGUA SUBTERRÂNEA, A PARTIR DA LIXVIAÇÃO DO SOLO SUBSERRADO	AR		ÁGUA SUBTERRÂNEA		ÁGUA SUPERFICIAL	Estimativa da concentração de compostos metálicos		Estimativa da concentração de compostos orgânicos			
			SUPERFICIAL	SUBSERRADO					A PARTIR DO SOLO SUBSERRADO		A PARTIR DA ÁGUA SUBTERRÂNEA			A PARTIR DA ÁGUA SUBTERRÂNEA		A PARTIR DA LIXVIAÇÃO DO SOLO	A PARTIR DO TRANSPORTE SATURADO		Concentração da SQI no Desenvolvimento radicular (Cpr)	Concentração da SQI no Desenvolvimento foliar/estrutural (Cps)	Concentração da SQI no sistema foliar/caule (Cps)	Concentração da SQI na água presente nos poros (Cpw)	Concentração da SQI no desenvolvimento radicular (Cpr)	
					(mg/kg)	(mg/kg)	(mg/L)	(-)	(-)	(-)	AMBIENTES ABERTOS	AMBIENTES FECHADOS	AMBIENTES ABERTOS	AMBIENTES FECHADOS	(mg/m³)			(mg/m³)						(mg/L)
1	71-43-2 Benzene	4.500		1,86E-01	3,58E-09		3,58E-09	0,00E+00	0,00E+00	6,72E-06	7,16E-04	0,00E+00	2,41E-14	2,57E-12	0,00E+00	6,67E-10	6,67E-11	-	-	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
2	100-41-4 Ethylbenzene	4.500	9,16E+01		1,50E-28		1,50E-28	1,54E-03	2,47E-01	0,00E+00	0,00E+00	1,99E+01	0,00E+00	0,00E+00	2,96E-27	0,00E+00	0,00E+00	-	-	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
3	108-88-3 Toluene	4.500	1,20E+02		2,38E-59		2,38E-59	2,02E-03	3,23E-01	0,00E+00	0,00E+00	4,80E+01	0,00E+00	0,00E+00	1,14E-57	0,00E+00	0,00E+00	-	-	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
4	1330-20-7 Xylenes	4.500	3,89E+02		7,37E-21		7,37E-21	6,55E-03	1,05E+00	0,00E+00	0,00E+00	9,74E+01	0,00E+00	0,00E+00	7,18E-19	0,00E+00	0,00E+00	-	-	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
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																								

Data:		05/09/2022		Projeto/Identificação da área:		UE-01		
 CETESB		MODELO CONCEITUAL DE EXPOSIÇÃO						
		MEIO FÍSICO		VIAS DE INGRESSO			TRABALHADOR EM OBRAS CIVIS E DE ESCAVAÇÃO	
RECEPTOR NA FONTE							RECEPTOR FORA DA FONTE	
CAMINHOS DE EXPOSIÇÃO		SOLO	SUPERFICIAL	CONTATO DIRETO	INALAÇÃO	VAPORES	<input type="checkbox"/>	NÃO APLICÁVEL
					PARTÍCULAS	<input type="checkbox"/>		
					CONTATO DÉRMICO		<input type="checkbox"/>	
					INGESTÃO		<input type="checkbox"/>	
					INGESTÃO DE VEGETAIS		NÃO APLICÁVEL	
		SUBSUPERFICIAL	INALAÇÃO		AMBIENTES ABERTOS	<input checked="" type="checkbox"/>	NÃO APLICÁVEL	
					AMBIENTES FECHADOS	<input type="checkbox"/>		
			INGESTÃO DE ÁGUA SUBTERRÂNEA A PARTIR DA LIXIVIAÇÃO		<input type="checkbox"/>			
		ÁGUA	SUBTERRÂNEA	INALAÇÃO		AMBIENTES ABERTOS	<input checked="" type="checkbox"/>	NÃO APLICÁVEL
						AMBIENTES FECHADOS	<input type="checkbox"/>	
CONTATO DIRETO				CONTATO DÉRMICO	<input checked="" type="checkbox"/>			
				INGESTÃO	<input type="checkbox"/>			
SUPERFICIAL	RECREAÇÃO	INALAÇÃO		NÃO APLICÁVEL		NÃO APLICÁVEL		
		INGESTÃO						
		CONTATO DÉRMICO						
AR		INALAÇÃO			<input type="checkbox"/>	NÃO APLICÁVEL		
SEDIMENTO		INGESTÃO		NÃO APLICÁVEL		NÃO APLICÁVEL		
		CONTATO DÉRMICO						

Data:		05/09/2022		Projeto/Identificação da área:		UE-02			
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 type="checkbox"/>	NÃO APLICÁVEL	<input type="checkbox"/>	NÃO APLICÁVEL
				PARTÍCULAS	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
				CONTATO DÉRMICO		<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	
				INGESTÃO		<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	
				INGESTÃO DE VEGETAIS		<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	
				CONTATO DIRETO		<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	
		SUBSUPERFICIAL	INALAÇÃO		AMBIENTES ABERTOS	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
					AMBIENTES FECHADOS	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
			INGESTÃO DE ÁGUA SUBTERRÂNEA A PARTIR DA LIXIVIAÇÃO			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	ÁGUA	SUBTERRÂNEA	INALAÇÃO		AMBIENTES ABERTOS	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
					AMBIENTES FECHADOS	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
			CONTATO DIRETO		CONTATO DÉRMICO	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
			INGESTÃO	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input 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 DÉRMICO		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
AR		INALAÇÃO			<input type="checkbox"/>	NÃO APLICÁVEL	<input type="checkbox"/>	NÃO APLICÁVEL	
SEDIMENTO		INGESTÃO		<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"/>		

 CETESB	IDENTIFICAÇÃO DA ÁREA UE-02			DATA: 05/09/2022		
	PLANILHA DE ENTRADA DE DADOS					
PARÂMETROS	DESCRIÇÃO	UNIDADE	RESIDENCIAL URBANO			ESPECÍFICO
			REFERÊNCIA A CETESB	VALORES ESPECÍFICOS	VALORES DE CÁLCULO	
Cenários Associados a Intrusão de Vapores						
Ab	Área das Fundações	cm ²	200.000		200.000	
Lb	Pé Direito	cm	250		250	
Lcrk	Espessura das fundações/paredes de construções	cm	10,00		10,00	
α	Fator de atenuação	-	0,03		0,03	
Cenários Associados a Inalação de Vapores a partir do Solo e Água Subterrânea						
Lss	Profundidade da Fonte no Solo Subsuperficial	cm	100	130	130	S
dss	Espessura do Solo Subsuperficial Impactado	cm	345	150	150	S
Wss	Largura do solo subsuperficial impactado	cm	4.500	1000	1.000	S
Lgw	Profundidade do Nível d'Água	cm	450	280	280	S
T	Temperatura da Água Subterrânea	K	298	297,46	297	S
Ww	Largura da área fonte na direção paralela ao fluxo da água subterrânea	cm	4.500	1000	1.000	S
δgw	Espessura da pluma dissolvida na água subterrânea	cm	200	236	236	S
θT	Porosidade Total	-	0,460	0,37	0,370	S
ps	Densidade do Solo	g/cm ³	1,300	1,77	1,770	S
foc	Fração de Carbono Orgânico no Solo	g-C/g-solo	0,003	0,0080	0,008	S
Cenários Associados a Lixiviação do Solo Subsuperficial para Água Subterrânea						
SIR	Taxa de infiltração no Solo	cm/ano	66,10		66,10	
Cenários Associados ao Contato Direto com Solo superficial						
Ls	Espessura do Solo Superficial Impactado	cm	100	150	150	S
A	Área de Emissão de Vapores	cm ²	20.250.000		20.250.000	
Ws	Largura do solo superficial impactado	cm	4.500	1.000,000	1.000	S
Cenários Associados ao Transporte de Contaminante em Meio Saturado						
Sd	Espessura da Fonte na Água Subterrânea	cm	200	150	150	S
Sw	Largura da Fonte	cm	4.500	1000,000	1.000	S
i	Gradiente Hidráulico	-	0,050	0,032	0,032	S
K	Condutividade Hidráulica	cm/dia	11,23	6,230	6,23	S
x	Distância entre a área fonte na água subterrânea e o Ponto de Exposição	cm	4.500	3000	3.000	S
θef	Porosidade Efetiva	cm ³ /cm ³	0,120	0,017	0,017	S

DATA:		05/09/2022		IDENTIFICAÇÃO DA ÁREA:		UE-02		CONCENTRAÇÕES DAS SQIs NO SOLO E ÁGUAS SUBTERRÂNEAS																
CAS N°	CONTAMINANTE	DISTÂNCIA DA FONTE AO PONTO DE EXPOSIÇÃO (centímetros)	CONCENTRAÇÃO NA FONTE						NA FONTE DE CONTAMINAÇÃO					CONCENTRAÇÃO NO PONTO DE EXPOSIÇÃO					VEGETAIS					
			SOLO		ÁGUA SUBTERRÂNEA	FAN CALCULADO	FAN SUBSIDIÁRIO PELO USUÁRIO	FAN PARA CÁLCULO	AR				ÁGUA SUBTERRÂNEA, A PARTIR DA LAVIÇÃO DO SOLO SUBSUFICIAL	AR		ÁGUA SUBTERRÂNEA		ÁGUA SUPERFICIAL	Estimativa da concentração de compostos metálicos		Estimativa da concentração de compostos orgânicos			
			SUPERFICIAL	SUBSUFICIAL					A PARTIR DO SOLO SUBSUFICIAL		A PARTIR DA ÁGUA SUBTERRÂNEA			A PARTIR DA ÁGUA SUBTERRÂNEA		A PARTIR DA LIXVIAÇÃO DO SOLO	A PARTIR DO TRANSPORTE SATURADO		Concentração da SQI no Desenvolvimento radicular (Cpr)	Concentração da SQI no Desenvolvimento foliar/estrutural (Cps)	Concentração da SQI no sistema foliar/caule (Cps)	Concentração da SQI na água presente nos poros (Cpw)	Concentração da SQI no desenvolvimento radicular (Cpr)	
			(mg/kg)	(mg/kg)	(mg/L)	(-)	(-)	(-)	AMBIENTES ABERTOS	AMBIENTES FECHADOS	AMBIENTES ABERTOS	AMBIENTES FECHADOS	(mg/L)	AMBIENTES ABERTOS	AMBIENTES FECHADOS	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/kg dw)	(mg/kg dw)	(mg/kg dw)	(mg/L)	(mg/kg dw)	
1	71-43-2	Benzene	3.000		1,86E-01	3,42E-07			3,42E-07	0,00E+00	0,00E+00	6,72E-06	2,60E-03	0,00E+00	2,30E-12	8,89E-10	0,00E+00	6,37E-08	6,37E-09	-	-	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
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																								