

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA POLITÉCNICA

RENATA DIAS DOS SANTOS CARDOSO

**Modelo Conceitual a partir da
Avaliação Preliminar de Estações Elevatórias de Esgoto – Estudo de Caso**

São Paulo
2022

**Modelo Conceitual a partir da Avaliação Preliminar de Estações Elevatórias de
Esgoto – Estudo de Caso**

Versão para a banca

Monografia apresentada à Escola Politécnica da Universidade de São Paulo como parte dos requisitos para a obtenção do título de Especialista em Gestão de Áreas Contaminadas, Desenvolvimento Urbano Sustentável e Revitalização de Brownfields.

Orientador: MSc. Lélia Cristina da Rocha Soares

São Paulo
2022

Autorizo a reprodução e divulgação total ou parcial deste trabalho, por qualquer meio convencional ou eletrônico, para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

Catalogação-na-publicação

CARDOSO, RENATA

Modelo Conceitual a partir da Avaliação Preliminar de Estações Elevatórias de Esgoto – Estudo de Caso / R. CARDOSO -- São Paulo, 2022.
85 p.

Monografia (MBA em Gestão de Áreas Contaminadas, Desenvolvimento Urbano Sustentável e Revitalização de Brownfields) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia Química.

1.áreas contaminadas 2.solos 3.água subterrânea I.Universidade de São Paulo. Escola Politécnica. Departamento de Engenharia Química II.t.

RESUMO

Cardoso, Renata Dias dos Santos. Modelo Conceitual a partir da Avaliação Preliminar de Estações Elevatórias de Esgoto – Estudo de Caso. 2022. 87 f. Monografia (MBA em Gestão de Áreas Contaminadas, Desenvolvimento Urbano Sustentável e Revitalização de Brownfields) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2022.

A avaliação preliminar é a primeira etapa em um processo de gerenciamento de áreas contaminadas, que deve conter um modelo conceitual, que contextualize todas as informações obtidas e aponte as incertezas. Assim, o presente estudo tem como objeto mostrar as características inerentes à duas áreas distintas onde se tem instaladas Estações Elevatórias de Esgoto (EEE), localizadas na cidade de São Paulo (SP), e ainda, em identificar as suas fontes potenciais através de avaliação preliminar, e a partir destes resultados elaborar os modelos conceituais. As áreas de estudo são denominadas de EEE Alfa e EEE Beta. Para desenvolvimento do estudo foi realizada uma busca por documentos, análise em fotografias aéreas e imagens de satélite multitemporais, observações de campo, consultas a bancos de dados acerca de poços de captação e possíveis fontes de contaminação adjacentes às áreas de estudo. Assim, através dos levantamentos das informações, foram constituídos os modelos conceituais para as duas áreas onde a EEE Alfa foi classificada como área suspeita de contaminação, enquanto na EEE Beta não foram identificadas áreas potenciais de contaminação.

Palavras-chave: áreas contaminadas; solos; águas subterrâneas.

ABSTRACT

Cardos, Renata Dias dos Santos. Conceptual Model from Preliminary Assessment of Sewage Pumping Stations - Case Study. 2022. 87 f. Monograph (MBA in Contaminated Areas Management, Sustainable Urban Development and Revitalization of Brownfields) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2022.

The Preliminary Assessment is the first step in a contaminated area management process, which must contain a Conceptual Model that contextualizes all the information obtained and points out the uncertainties. Thus, this study aims to show the inherent characteristics of two distinct areas where Sewage Pumping Stations are installed, located in the city of São Paulo (SP), and also to identify their potential sources through Preliminary Assessment, and from these results elaborate the Conceptual Models. The study areas are named EEE Alfa and EEE Beta. For the development of the study a search for documents, analysis of aerial photographs and multitemporal satellite images, field observations, and consultation of databases about wells and possible sources of contamination adjacent to the study areas were carried out. Thus, through the information collected, the Conceptual Models were constituted for the two areas where EEE Alfa was classified as a suspected contamination area, while in EEE Beta no potential contamination areas were identified.

Keywords: contaminated sites; soil; groundwater.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 — Etapas do Gerenciamento de Áreas Contaminadas (GAC).....	20
Figura 2 — Fluxograma para avaliação preliminar	25
Figura 3 — Decantador primário.....	30
Figura 4 — Reator anaeróbio de fluxo ascendente-RAFA.....	30
Figura 5 — Fluxograma de uma ETE.....	32
Figura 6 — Mapa da Geologia Regional	37
Figura 7 — Hidrogeologia Regional - Mapa da Bacia Hidrográfica do Alto Tietê	39
Figura 8 — Localização da área de estudo	40
Figura 9 — Localização dos poços de captação de água subterrânea cadastrados.....	43
Figura 10 — Uso e ocupação do solo no entorno da EEE Alfa.....	44
Figura 11 — Fotografia aérea de 1958	45
Figura 12 — Fotografia aérea de 1968	46
Figura 13 — Fotografia aérea de 1973	46
Figura 14 — Fotografia aérea de 1996	47
Figura 15 — Fotografia aérea de 2004	48
Figura 16 — Fotografia aérea de 2009	48
Figura 17 — Fotografia aérea de 2017	49
Figura 18 — Visão geral das instalações da EEE Alfa.....	51
Figura 19 — Área do transformador – porção sul	51
Figura 20 — Vista na direção leste da EEE Alfa	52
Figura 21 — Sistema de captação superficial de efluentes	52
Figura 22 — Área de armazenamento de materiais.....	53
Figura 23 — Áreas contaminadas registradas na CETESB.....	54
Figura 24 — MCA Preliminar	58
Figura 25 — Localização da área de estudo	60
Figura 26 — Localização dos poços de captação de água subterrânea cadastrados....	62
Figura 27 — Uso e ocupação do solo no entorno da EEE Beta	64
Figura 28 — Fotografia aérea de 1958	65
Figura 29 — Fotografia aérea de 1972	66
Figura 30 — Fotografia aérea de 1986	66
Figura 31 — Fotografia aérea de 1994	67
Figura 32 — Fotografia aérea de 2002	68

Figura 33 — Fotografia aérea de 2008	69
Figura 34 — Fotografia aérea de 2014	69
Figura 35 — Visão geral da EEE Beta	71
Figura 36 — Acesso à grade para inspeção do poço de bombas.....	71
Figura 37 — Bombas de recalque	72
Figura 38 — Área de gradeamento.....	72
Figura 39 — Foto aérea: Áreas contaminadas registradas na CETESB.....	73
Figura 40 — MCA Preliminar EEE Beta	76

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 — Levantamento de poços de captação no entorno (500m).....	42
Tabela 2 — Relação de Áreas Contaminadas no entorno da EEE Alfa	55
Tabela 3 — Áreas Suspeitas de Contaminação (AS)	57
Tabela 4 — Levantamento de poços de captação no entorno (500m).....	61
Tabela 5 — Relação de Áreas Contaminadas no entorno da EEE Beta.....	74

LISTA DE SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
AC	Áreas Contaminadas
ACI	Área Contaminada sob Investigação
ACRe	Área Contaminada em Processo de Remediação
ACRi	Área Contaminada com Risco Confirmado
ACRu	Área Contaminada em Processo de Reutilização
AP	Áreas com Potencial de Contaminação
AS	Área Suspeita de Contaminação
ASTM	American Society for Testing and Materials [Sociedade Americana de Testes e Materiais]
CERCLA	Comprehensive Environmental Response, Compensation and Liability Act
CERH	Conselho Estadual de Recursos Hídricos de Minas Gerais
CETESB	Companhia Ambiental do Estado de São Paulo
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
CONEMA	Conselho Estadual de Meio Ambiente do Rio de Janeiro
COPAM	Conselho Estadual de Política Ambiental de Minas Gerais
CPRM	Serviço Geológico do Brasil
DAEE	Departamento de Águas e Energia Elétrica
DBO	Demanda Bioquímica de Oxigênio
EEE	Estações Elevatórias de Esgoto
EPA	United States Environmental Protection Agency [Agência de Proteção Ambiental dos EUA]
ETE	Estação de Tratamento de Esgoto
FEEMA	Fundação Estadual de Engenharia de Meio Ambiente do Rio de Janeiro
GAC	Gerenciamento de Áreas Contaminadas
GEE	Gases de Efeito Estufa
GTZ	Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit [Agência Alemã de Cooperação]
IEF	Instituto Estadual de Florestas do Rio de Janeiro
IGC	Instituto Geográfico e Cartográfico do Estado de São Paulo

INEA	Instituto Estadual do Ambiente do Rio de Janeiro
IPT	Instituto de Pesquisas Tecnológicas
MCA	Modelo Conceitual da Área
NPL	National Priority List
PCBs	Bifenilas Policloradas
PDDI	Plano Diretor de Desenvolvimento Integrado
PUB	Plano Urbanístico Básico
RAFA	Reatores Anaeróbicos de Fluxo Ascendente
SABESP	Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo
SAC	Sistema Aquíferos Cristalino
SAS	Sistema Aquíferos Sedimentar
SEAS	Secretaria de Estado do Ambiente e Sustentabilidade do Rio de Janeiro
SEMPLA	Secretaria Municipal de Planejamento de São Paulo
SERLA	Superintendência Estadual de Rios e Lagoas do Rio de Janeiro
SIAGAS	Sistema de Informações de Águas Subterrâneas
SIGRH	Sistema Integrado de Gerenciamento de Recursos Hídricos do Estado de São Paulo
SISNAMA	Sistema Nacional do Meio Ambiente
SNGRH	Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos
SNUC	Sistema Nacional de Unidades de Conservação
SQI	Substâncias Químicas de Interesse
SVOC	Compostos Orgânicos Semivoláteis
TPH	Hidrocarbonetos Totais de Petróleo
UGRHI	Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos
USEPA	United States Environmental Protection Agency
VOC	Compostos Orgânicos Voláteis

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	12
2. OBJETIVOS	14
3. JUSTIFICATIVA	15
4. FUNDAMENTAÇÃO BIBLIOGRÁFICA.....	16
4.1 Legislações	16
<i>4.1.1. Estado de São Paulo.....</i>	<i>18</i>
<i>4.1.2. Estado de Minas Gerais.....</i>	<i>21</i>
<i>4.1.3. Estado do Rio de Janeiro</i>	<i>22</i>
4.2 Etapa de Avaliação Preliminar no Gerenciamento de Áreas Contaminadas .	24
4.3 Modelos Conceituais de Áreas Contaminadas	26
4.4 Estações de tratamento de esgoto e estações elevatórias de esgoto	28
5 MATERIAS E MÉTODOS.....	35
6 ESTUDOS DE CASOS.....	36
6.1 Aspectos físicos regionais das áreas de estudo	36
6.2 Hidrogeologia Regional	40
6.3 ESTUDO DE CASO I: Estação Elevatória de Esgoto Alfa	40
<i>6.3.1 Aspectos físicos específicos da EEE Alfa.....</i>	<i>41</i>
<i>6.3.2 Histórico do uso e ocupação regional do solo.....</i>	<i>43</i>
<i>6.3.3 Histórico do uso e ocupação da EEE Alfa</i>	<i>44</i>
<i>6.3.4 Instalações da área EEE Alfa</i>	<i>49</i>
<i>6.3.5 Áreas contaminadas no entorno da EEE Alfa.....</i>	<i>53</i>
<i>6.3.6 Elaboração do Modelo Conceitual da área da EEE Alfa.....</i>	<i>56</i>
6.4 ESTUDO DE CASO II: Estação Elevatória de Esgoto Beta	60
<i>6.4.1 Aspectos físicos específicos da EEE Beta.....</i>	<i>61</i>
<i>6.4.2 Histórico do uso e ocupação regional do solo.....</i>	<i>62</i>
<i>6.4.3 Histórico do uso e ocupação da EEE Beta</i>	<i>64</i>
<i>6.4.4 Instalações da área EEE Beta</i>	<i>70</i>
<i>6.4.5 Áreas contaminadas no entorno da EEE Beta.....</i>	<i>73</i>
<i>6.4.6 Elaboração do Modelo Conceitual da área de estudo II</i>	<i>75</i>
7 CONCLUSÕES.....	78
REFERÊNCIAS.....	79

1. INTRODUÇÃO

O Meio Ambiente é tudo o que nos envolve e com o qual interagimos, por isso é fundamental que não haja apenas identificação com ele, mas também que se tenha a compreensão que fazemos parte dele. Como num processo de mutações aceleradas, o cenário ambiental muda continuamente, porém, com a realidade atual, está cada vez mais difícil acompanhar todas estas alterações.

Uma vez que o desenvolvimento dos países se realiza basicamente à custa dos recursos naturais, e tendo a deterioração das condições ambientais como consequência, essa questão ganha mais espaço dentre as preocupações das sociedades. A Conferência sobre o Meio Ambiente das Nações Unidas de 1972, em Estocolmo, foi um exemplo disso.

Como resultado, em todo o mundo, impactos ambientais negativos podem ser ocasionados, tais como: rebaixamento do lençol freático e contaminação de aquíferos; escassez de água potável; desmatamento; alterações climáticas; poluição do ar. Isto faz com que a sociedade pense ainda mais no ecossistema para a sobrevivência em tempos futuros. Assim, ações de sustentabilidade tornam-se necessárias para conter efeitos globais contra o Meio Ambiente.

No decorrer das últimas décadas, diante das constatações evidentes de danos ao ecossistema, alguns países começaram a priorizar essas questões. Um exemplo, no Brasil, é o estabelecimento de legislação ambiental, como Lei Federal 6.938, de 31 de agosto de 1981, que estabelece a Política Nacional do Meio Ambiente que traz o conceito de meio ambiente como “*o conjunto de condições, leis, influências e interações de ordem física, química e biológica, que permite, abriga e rege a vida em todas as suas formas*” (BRASIL, 1981).

A Constituição Federal de 1988, em seu artigo 225, também afirma que “*todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao Poder Público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações*” (BRASIL, 1988, itálico nosso). Acentua-se, desta forma, o caráter patrimonial do Meio Ambiente.

Para a manutenção do equilíbrio ecológico, a legislação deve atentar-se aos critérios e parâmetros técnicos, sendo o caso dos padrões de qualidade ambiental, que são estabelecidos na esfera Federal brasileira por Resoluções do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), órgãos ambientais estaduais e municipais. Alguns destes critérios estão relacionados às áreas contaminadas referentes aos solos e às águas subterrâneas.

Desde então, nos últimos 30 anos, diversos países têm desenvolvido e implementado diretrizes e normas para a investigação, mitigação e remediação de áreas contaminadas, como

Estados Unidos, Canadá, países da Europa etc. A exemplo disto, no Brasil, tem-se a Resolução CONAMA 420, de 2009, e a Lei Estadual Paulista nº 13.577, de 2009, que dispõem sobre diretrizes e procedimentos para a proteção do solo e gerenciamento de áreas contaminadas.

Conforme CETESB (2007), área contaminada é: “*uma área, local ou terreno onde há comprovadamente poluição ou contaminação causada pela introdução de quaisquer substâncias ou resíduos que nela tenham sido depositados, acumulados, armazenados, enterrados ou infiltrados de forma planejada, acidental ou até mesmo natural*”. Logo, um processo de gerenciamento de áreas contaminadas é realizado em várias etapas, cujo início se dá com avaliação preliminar, passa por investigações confirmatória e detalhada, precedidas por avaliação de risco à saúde humana, e, enfim a remediação e o monitoramento pós-remediação.

A avaliação ambiental preliminar é a primeira etapa a ser realizada no gerenciamento de áreas contaminadas, pois envolve a caracterização das atividades desenvolvidas e em desenvolvimento em uma determinada área de estudo. Também, é nesta etapa que ocorre a identificação das áreas fonte e das fontes potenciais de contaminação e a constatação de evidências, indícios ou fatos que permitam suspeitar da existência de contaminação. Ao final da avaliação preliminar é elaborado o modelo conceitual inicial.

Um diagnóstico adequado leva a um entendimento da interação meio físico/contaminante e, a esse entendimento, dá-se o nome de Modelo Conceitual da Área (MCA). A norma ABNT NBR 16210 (ABNT, 2022) estabelece que um MCA deve integrar todos os dados da área e apontar quando há a necessidade de buscar complementações de informações.

Assim, o presente estudo aborda duas áreas onde encontram-se instaladas Estações Elevatórias de Esgoto, que serão desativadas e para isto é necessário entendimento sobre o potencial de contaminação do solo e água subterrânea.

2. OBJETIVOS

O objetivo deste trabalho é apresentar as características das atividades desenvolvidas em duas áreas onde estão instaladas Estações Elevatórias de Esgoto, localizadas na cidade de São Paulo (SP), identificar as suas fontes potenciais através de avaliação preliminar, e a partir destes resultados elaborar os modelos conceituais.

Os objetivos específicos são:

- Realizar o estudo de avaliação preliminar de dois estudos de casos referentes às áreas com Estações Elevatórias de Esgoto (EEE), que estão em processo de desativação;
- Elaborar modelos conceituais para os dois estudos de caso, de modo a mostrar a atual situação da área objeto de estudo, assim como as incertezas da área;
- Apontar as possíveis áreas fontes potenciais de contaminação e consequentemente apontar a existência de área suspeita de contaminação.

3. JUSTIFICATIVA

O gerenciamento de áreas contaminadas é composto por uma sequência lógica — desde a identificação de áreas suspeitas até a completa revitalização de uma área contaminada. Na esfera federal, tem-se o CONAMA nº420/2009, quanto ao Estado de São Paulo, tem-se a Decisão de Diretoria DD-038/2017C (CETESB,2017) como orientação para áreas contaminadas. A DD-038/2017C (CETESB,2017) apresenta uma abordagem bastante completa e vem sendo utilizada em outros estados, pois estabelecem diretrizes para o gerenciamento ambiental de áreas contaminadas. As séries de normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) também estabelecem metodologias para as etapas do gerenciamento de áreas contaminadas.

De grande importância, o estudo inicial, denominado por avaliação preliminar, é uma das etapas que compõem o gerenciamento de áreas contaminadas, pois comprehende o diagnóstico inicial da área, ou seja, informa se a área de estudo possui evidências, indícios ou fatos que permitam suspeitar da existência de contaminação de passivos ambientais. A avaliação preliminar deve conter um modelo conceitual, que integra todas as informações obtidas nesta etapa e aponte as eventuais incertezas. Caso a área seja considerada suspeita de contaminação, conforme a DD-038/2017C, o próximo passo será a realização de investigação confirmatória. Deste modo, é possível observar que esta primeira etapa é muito importante, pois é através dela que se darão os segmentos em um processo de gerenciamento de áreas contaminadas. Caso o modelo conceitual desta etapa não identifique com clareza quais são os pontos que mostram ter uma área potencial de contaminação ou não, além das incertezas, os direcionamentos na investigação confirmatória ficarão comprometidos.

Assim, o presente trabalho vem apresentar a relevância de uma avaliação preliminar adequada, através das características do tipo de atividade e das identificações de fontes potenciais, resultando na elaboração de um modelo conceitual inicial que forneça entendimento de todas as informações disponíveis e daquelas que estão ausentes e suas implicações.

4. FUNDAMENTAÇÃO BIBLIOGRÁFICA

4.1 Legislações

A partir de 1760, com o advento da Revolução Industrial, houve um aumento expressivo no uso de recursos naturais. Associado a isto, tem-se a produção de produtos químicos e, consequentemente, a geração de resíduos industriais, ocasionando, também, práticas inadequadas que contribuem para a contaminação do meio ambiente.

Casos internacionais de contaminação do solo e água subterrânea vieram à tona na década de 70 e causaram grandes repercussões internacionais, como, por exemplo, o caso do Love Canal, no Estado de Nova York, Estados Unidos, e o da cidade de Leekkerkerk, na Holanda. No primeiro, toneladas de resíduos industriais começaram a borbulhar em quintais, porões e encanamentos residenciais (INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS, 2013). No segundo exemplo, tubulações plásticas de água e esgoto acabaram deterioradas pela ação de compostos orgânicos como tolueno e xilenos (SÁNCHEZ, 2001). Nos dois casos, depois de intensas polêmicas sobre as causas dos problemas de saúde manifestados pelos moradores, houve a remoção dos moradores e a interdição da área contaminada (SÁNCHEZ, 2001).

As ocorrências de áreas contaminadas com grandes magnitudes, como aquelas citadas acima, impulsionaram a criação de políticas para elaboração de legislações ambientais em vários países.

Essas políticas visavam o gerenciamento e controle das áreas contaminadas através do estabelecimento de legislações específicas, inventário das áreas potenciais, suspeitas e contaminadas, priorização das áreas, procedimentos a serem adotados, desenvolvimento de tecnologias de remediação e a criação de fundos para subsidiar a remediação dos passivos ambientais.

Em 11 de dezembro de 1980, o Congresso dos Estados Unidos promulga a Lei abrangente de resposta ambiental, compensação e responsabilidade ambiental — chamada de *Comprehensive Environmental Response, Compensation and Liability Act* (CERCLA), ou Superfund —, sendo esta lei federal a base principal do sistema de responsabilidade legal para reparação de danos ambientais naquele país.

Esta lei institui uma espécie de imposto sobre as indústrias químicas e de petróleo e cria condições para que sejam totalmente eliminados os lançamentos ou a simples ameaça de lançamento de substâncias perigosas que ofereçam risco à saúde humana ou ao Meio Ambiente.

Durante cinco anos, foram arrecadados 1,6 bilhão de dólares. Estes recursos foram revertidos para um fundo para remediação de locais abandonados ou depósitos de resíduos perigosos.

O CERCLA estabelece um sistema para identificação de locais onde resíduos perigosos têm sido lançados no meio ambiente ou onde isso possa ocorrer no futuro. As áreas mais seriamente contaminadas são colocadas na lista nacional prioritária (NPL, do inglês *National Prioritary List*), uma compilação que atualmente inclui quase dois mil locais ao longo da nação.

Os objetivos do *Superfund* são:

- Proteger a saúde humana e o meio ambiente remediando os locais contaminados;
- Fazer com que as partes responsáveis paguem pelo trabalho de remediação da área;
- Envolver a comunidade no processo do *Superfund*;
- Retornar *sites* de *Superfund* para o uso produtivo.

No Brasil, problemas ambientais associados à presença de solos contaminados começaram a ser reconhecidos durante a década de 1980. O Estado de São Paulo foi pioneiro, através da CETESB, ao desenvolver uma metodologia baseada no modelo holandês, apoiada pela Agência de Cooperação Técnica Alemã (GTZ). Porém, a situação era diferente no restante do país e apenas em 2009, na esfera federal, promulgou a Resolução CONAMA 420, que dispõe sobre critérios e valores orientadores de qualidade do solo e água subterrânea quanto à presença de substâncias químicas. Também, através desta Resolução, são estabelecidas diretrizes para o gerenciamento ambiental de solos contaminados por substâncias em decorrência de atividades antrópicas. A publicação de tal Resolução significou um grande avanço para as questões relacionadas ao gerenciamento de áreas contaminadas no Brasil.

Na esfera estadual, São Paulo, Minas Gerais e Rio de Janeiro possuem legislação referente ao gerenciamento de áreas contaminadas, tais como, respectivamente: Lei nº 13.577, de 8 de julho 2009; Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH (Conselho Estadual de Política Ambiental/ Conselho Estadual de Recursos Hídricos/Minas Gerais) nº 02, de 8 de setembro de 2010; e Resolução CONEMA (Conselho Estadual de Meio Ambiente do Rio de Janeiro) nº 44, de 14 de dezembro de 2012.

A seguir, é apresentada uma contextualização sobre as principais e mais recentes legislações referentes às áreas contaminadas dos estados de São Paulo, Minas Gerais e Rio de Janeiro.

4.1.1. Estado de São Paulo

I – LEI ESTADUAL SP Nº13.577, de 8 de julho de 2009 – Regulamentada pelo DECRETO ESTADUAL Nº 59.263/2013

Esta Lei dispõe sobre diretrizes e procedimentos para proteção de qualidade do solo e gerenciamento de áreas contaminadas e dá outras providências correlatas.

Esta Lei define as funções do solo como meio natural, assim como determina medidas para sua proteção, atribuindo responsabilização a quem possa promover sua contaminação, deveres para providências necessárias, de modo a evitar alterações significativas e prejudiciais das suas funções.

Além disso, também estabelece parâmetros de proteção de qualidade do solo e suporte ao gerenciamento de áreas contaminadas, com base em valores de referência de qualidade, definidos pelo órgão estadual ambiental, que são utilizados para orientar a política de prevenção e controle das funções do solo. Outro aspecto importante nesta Lei está em evidenciar as responsabilidades legais e solidárias para a prevenção, identificação e remediação de uma área contaminada.

Uma vez definidas as ações legais ligadas à necessidade de providências, fixam-se infrações e penalizações quando ocorram o descumprimento dessas medidas.

II – DECISÃO DE DIRETORIA CETESB – DD 038/2017/C, de 7 de fevereiro de 2017

Originada na CETESB, identificada pela excelência e pioneirismo no controle das questões ambientais, torna-se referência nacional e mundial.

Dispõe sobre procedimentos para: proteção da qualidade do solo e águas subterrâneas, gerenciamento de áreas contaminadas e diretrizes para o gerenciamento de áreas contaminadas no âmbito do licenciamento ambiental, em função da Lei 13.577/2009, citada acima.

Além disso, estabelece critérios para legalização de áreas, suas utilizações com base em potencial poluidor e sobre suas reutilizações, revendo a partir dos valores orientadores de qualidade dos meios naturais solo e águas subterrâneas relacionados aos riscos à saúde humana, definindo medidas de responsabilidade, como a remediação de áreas contaminadas.

O Gerenciamento de Áreas Contaminadas (GAC) é o conjunto de ações de identificação, caracterização e implementação de medidas de intervenção em Áreas Contaminadas (AC) localizadas em uma região de interesse, com o objetivo de viabilizar o uso seguro proposto, ou seja, a reabilitação da área para um uso declarado, em consonância com a legislação municipal de uso e ocupação do solo vigente na região onde está inserida.

Conforme apresentado a seguir, o GAC pode ser dividido em dois conjuntos de ações: processo de identificação de áreas contaminadas e processo de reabilitação de áreas contaminadas, como disposto a seguir:

- **Processo de Identificação de Áreas Contaminadas:**

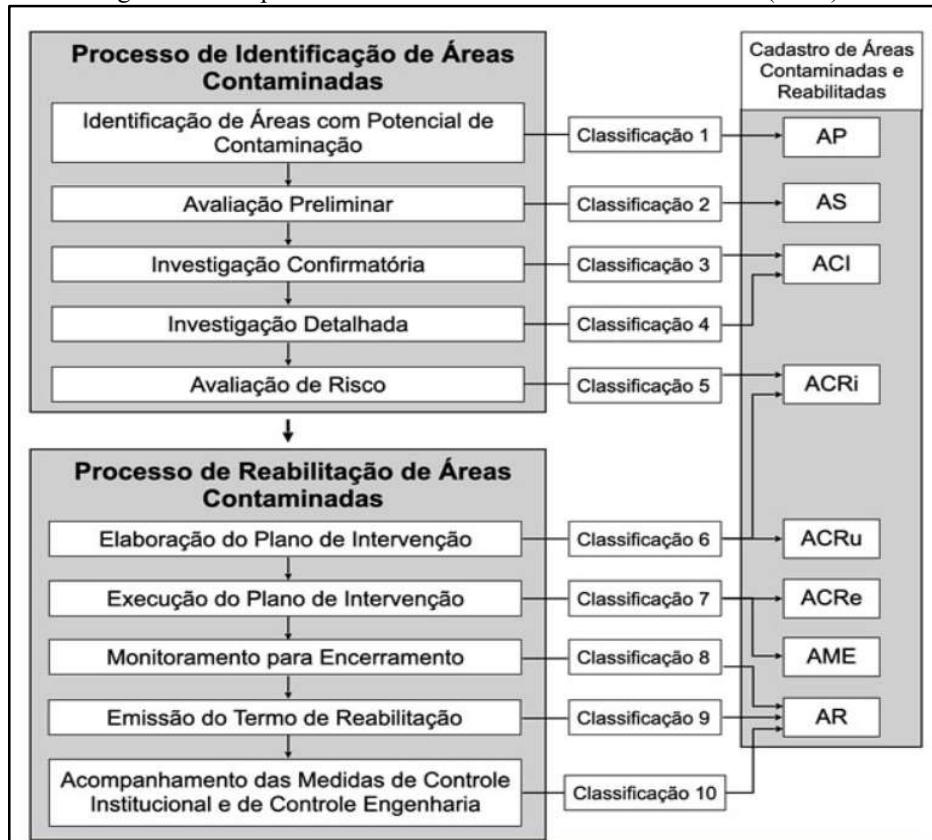
- Identificação de Áreas com Potencial de Contaminação;
- Avaliação Preliminar;
- Investigação Confirmatória;
- Investigação Detalhada;
- Avaliação de Risco.

- **Processo de Reabilitação de áreas Contaminadas:**

- Elaboração do Plano de Intervenção;
- Execução do Plano de Intervenção;
- Monitoramento para Encerramento;
- Emissão do Termo de Reabilitação para o Uso Declarado;
- Acompanhamento da Medida de Controle de Engenharia ou da Medida de Controle Institucional.

A Figura 1 mostra esquematicamente as etapas de Gerenciamento de Áreas Contaminadas, da CETESB.

Figura 1 — Etapas do Gerenciamento de Áreas Contaminadas (GAC)



Fonte: CETESB (2021).

Ao final de cada etapa do processo de áreas contaminadas até a etapa de avaliação de risco é elaborado um modelo conceitual, devendo ser atualizado, portanto, ao longo destas etapas.

4.1.2. Estado de Minas Gerais

I – DELIBERAÇÃO NORMATIVA COPAM nº116, de 27 de junho de 2008

Dispõe sobre a declaração de informações relativas à identificação de áreas suspeitas de contaminação e contaminadas por substâncias químicas no Estado de Minas Gerais. Então, considera o seguinte:

- A existência de áreas com solos contaminados pode configurar sério risco à saúde pública e ao meio ambiente;
- A necessidade de levantar informações preliminares sobre áreas suspeitas de contaminação e contaminadas por substâncias químicas, localizadas no Estado de Minas Gerais, em empreendimentos cujas atividades têm potencial de contaminação do solo e águas subterrâneas, em locais onde houve manuseio, processamento, armazenamento e disposição de substâncias químicas ou resíduos no solo, e em locais onde ocorreu acidente com essas substâncias ou resíduos;
- As informações possibilitarão a elaboração do Inventário Estadual de Áreas Contaminadas e a definição de ações para gerenciamento para cada área identificada;
- O inventário irá subsidiar a elaboração do Programa Estadual de Gestão das Áreas Contaminadas, contendo diretrizes e procedimentos para a geração e disponibilização de informações para articulação, cooperação e integração entre os órgãos federais, estaduais e municipais, proprietários, usuários e demais afetados pela contaminação do solo e águas subterrâneas, bem como para a gradualidade na fixação de metas ambientais, como subsídio à definição de ações a serem cumpridas pelos responsáveis por áreas contaminadas, buscando a proteção à saúde humana e ao meio ambiente.

II – DELIBERAÇÃO NORMATIVA CONJUNTA COPAM/CERH – Conselho Estadual de Recursos Hídricos nº 02, de 08 de setembro de 2010

Institui o Programa Estadual de Gestão de Áreas Contaminadas, que estabelece as diretrizes e procedimentos para a proteção da qualidade do solo e gerenciamento ambiental de áreas contaminadas por substâncias químicas, no estado de Minas Gerais. Dentre os instrumentos instituídos estão a previsão das etapas de diagnóstico e da classificação de uma área contaminada, além de estabelecer os valores orientadores de referência de qualidade para solo e água subterrânea.

A execução dessa Política reconhece os recursos hídricos como bem natural de valor ecológico, social e econômico, cuja utilização deve ser orientada pelos princípios do desenvolvimento sustentável, bem como a compatibilização do gerenciamento dos recursos hídricos com o desenvolvimento regional e com a proteção do meio ambiente.

O Anexo I da COPAM/CERH nº 02/2011 foi alterado para deliberação Normativa COPAM nº166, de 29 de junho de 2011, onde os valores orientadores para o solo e água subterrânea foram atualizados.

4.1.3. Estado do Rio de Janeiro

O Instituto Estadual do Ambiente (INEA) é uma entidade integrante da administração pública estadual indireta, vinculada à Secretaria de Estado do Ambiente e Sustentabilidade (SEAS). O INEA foi criado com o objetivo de tornar mais eficiente a preservação do meio ambiente do Estado do Rio de Janeiro, sendo que foi resultado da fusão de três órgãos: a Fundação Estadual de Engenharia de Meio Ambiente (FEEMA), a Superintendência Estadual de Rios e Lagoas (SERLA) e o Instituto Estadual de Florestas (IEF).

Originada a partir da Lei Estadual nº 5.101, de 4 de outubro de 2007, a instalação do Instituto foi efetivada com a promulgação do Decreto Estadual nº 41.628, de 12 de janeiro de 2009, que estabeleceu a estrutura organizacional, a forma de organização e as competências do órgão.

Compete ao INEA executar as políticas estaduais de Meio Ambiente, recursos hídricos e recursos florestais adotadas pelos poderes Executivo e Legislativo do Estado do Rio de Janeiro. O Instituto integra o Sistema Nacional do Meio Ambiente (SISNAMA), o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SNGRH), o Sistema Estadual de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SEGRH) e o Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC).

Como órgão gestor dos Recursos Hídricos do Estado do Rio de Janeiro, o INEA é responsável por implementar a Política Estadual de Recursos Hídricos. As ações desenvolvidas abrangem o planejamento, a regulação, o controle do uso dos corpos d'água, através do cadastro dos usuários e da cobrança pelo uso dos recursos hídricos, além do monitoramento hidrometeorológico e de qualidade das águas.

Com relação ao ar, a gestão da sua qualidade é feita por meio de ações de controle e monitoramento das emissões atmosféricas e de gases do efeito estufa (GEE), e de programas de controle da poluição do ar, como o Procon Ar, o Programa de Inspeção e Manutenção Veicular – I/M e o Programa Fumaça Preta.

No que diz respeito ao uso e à ocupação do solo, o INEA é responsável pela identificação e cadastro de áreas contaminadas, seguindo a recomendação da Resolução CONAMA nº 420/2009.

O licenciamento ambiental é o procedimento administrativo por meio do qual o INEA faz o necessário controle sobre empreendimento ou atividades que utilizam recursos naturais ou que possam causar, sob qualquer forma, algum tipo de poluição ou degradação ao meio ambiente. Dessa forma, o licenciamento, o monitoramento e a fiscalização formam o tripé do Sistema de Licenciamento Ambiental e compõem os procedimentos básicos de controle ambiental.

I - RESOLUÇÃO CONEMA Nº 42, DE 17 de agosto de 2012

A Resolução CONEMA nº 42/2012 dispõe sobre as atividades que causam ou possam causar impacto ambiental local e fixa normas gerais de cooperação federativa nas ações administrativas decorrentes do exercício da competência comum relativas à proteção das paisagens naturais notáveis, proteção do meio ambiente e combate à poluição em qualquer de suas formas.

Dessa Resolução destaca-se a definição de impacto ambiental de âmbito local como sendo qualquer alteração direta ou indireta das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, que afetem a saúde, a segurança e o bem-estar da população; as atividades sociais e econômicas; a biota; as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente; e/ou a qualidade dos recursos ambientais, dentro dos limites do município.

II - RESOLUÇÃO CONEMA Nº 44 De 14 de dezembro de 2012

Dispõe sobre a obrigatoriedade da identificação de eventual contaminação ambiental do solo e das águas subterrâneas por agentes químicos, no processo de licenciamento ambiental estadual.

Os conceitos da Resolução CONEMA nº 44/12 para o estado do Rio de Janeiro considera a necessidade de controle da qualidade do solo e das águas subterrâneas, com a identificação de eventual contaminação, visando à recuperação e reabilitação das áreas, para garantir as funções social, econômica e ambiental das mesmas, que a existência de áreas contaminadas configura risco à saúde pública e ao meio ambiente, a necessidade de modernização e eficácia dos procedimentos de licenciamento ambiental.

Considera em grande parte a Resolução CONAMA nº 420/09, que dispõe sobre critérios e valores orientadores de qualidade do solo, quanto à presença de substâncias químicas e estabelece diretrizes para o gerenciamento ambiental de áreas contaminadas por essas

substâncias em decorrência de atividades antrópicas. Na ausência de Valores Orientadores para substâncias não incluídas nessa Resolução, devem ser aplicados os padrões de referência estabelecidos na Portaria MS 2.914/2011, do Ministério da Saúde; na Resolução CONAMA nº 396/2008, os Valores Orientadores – CETESB 2005, Regional Screening Levels – USEPA 2009, Dutch Reference Framework - DRF 2009, suas revisões, bem como outros que o INEA venha a adotar por critérios técnicos.

Devem ser consideradas também, as normas técnicas vigentes da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) referentes ao gerenciamento de áreas contaminadas e o Decreto Estadual nº 42.159, de 02 de dezembro de 2009, que dispõe sobre o Sistema de Licenciamento Ambiental - SLAM, e dá outras providências.

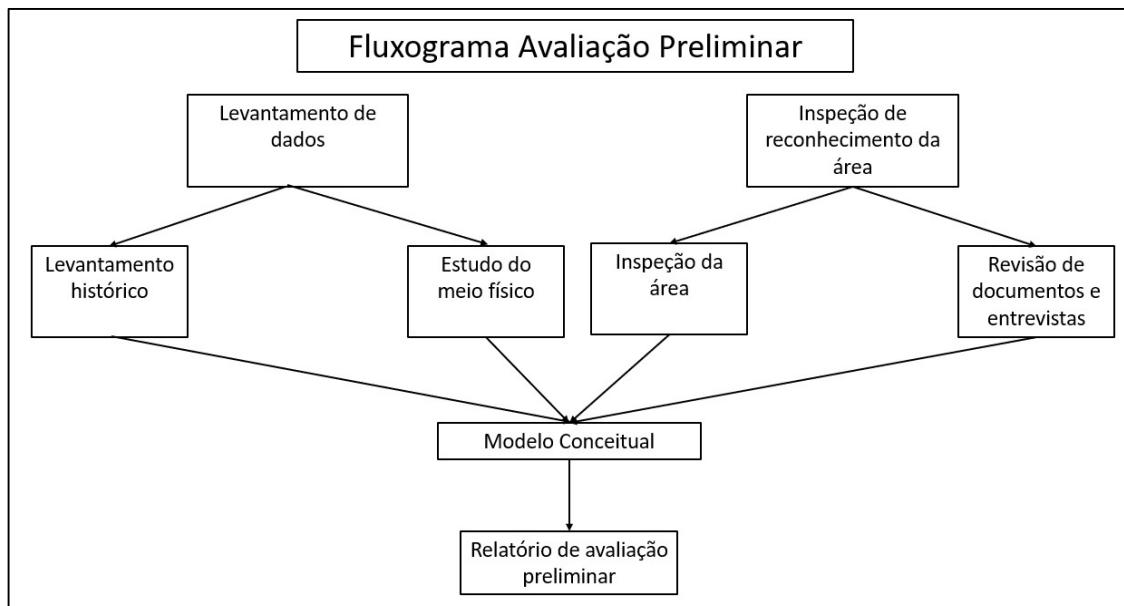
4.2 Etapa de Avaliação Preliminar no Gerenciamento de Áreas Contaminadas

Uma avaliação preliminar de passivo ambiental tem como objetivo geral identificar fatos, evidências, indícios ou incertezas que levem à suspeita da existência de contaminação nos compartimentos do meio ambiente. Conforme definido na Política Nacional de Meio Ambiente (Lei Federal 6.938/1981), os compartimentos do meio ambiente correspondem: à atmosfera, às águas superficiais e subterrâneas, aos estuários, ao mar, ao solo, aos elementos da biosfera, à fauna e flora.

Conforme a ABNT NBR 15515-1 (ABNT, 2021) e Decisão de Diretoria da CETESB 038/ 2017 (CETESB, 2021), a etapa de avaliação preliminar, no processo de Gerenciamento de Áreas Contaminadas (GAC), tem como objetivo a constatação de evidências, indícios ou fatos que permitam suspeitar da existência de contaminação a partir da caracterização das atividades desenvolvidas no passado e atualmente em desenvolvimento na área sob avaliação. A partir daí, identificar as áreas fonte, potenciais e primárias de contaminação, que permita o embasamento para a classificação como Área Suspeita de Contaminação (AS). A etapa de avaliação preliminar, através do modelo conceitual, deve orientar para a execução das demais etapas do GAC.

A sua execução compreende basicamente a realização de inspeção e reconhecimento da área, levantamento de informações em documentos existentes sobre a área de estudo e a coleta de informações em campo, por meio de inspeções e entrevistas, modelo conceitual e relatório de avaliação preliminar (ABNT. 2021; CETESB, 2017). A Figura 2 mostra o Fluxograma da sequência dos procedimentos da etapa de avaliação preliminar:

Figura 2 — Fluxograma para avaliação preliminar



Fonte: ABNT (2021).

Conforme o Manual de Gerenciamento de Áreas Contaminadas, da CETESB (2021), as atividades principais desta etapa são:

- Identificar as fontes de contaminação potenciais;
- Identificar as Substâncias Químicas de Interesse (SQI);
- Constatar situações que permitam suspeitar da liberação de SQI a partir das fontes de contaminação potenciais;
- Constatar situações que permitam suspeitar da existência de contaminação nos compartimentos do meio ambiente;
- Verificar a possibilidade de a área em avaliação ser atingida por contaminação gerada em fonte de contaminação externa, em fonte de contaminação difusa ou apresentar contaminação por fonte de contaminação natural;
- Descrever as hipóteses de liberação das SQI a partir das fontes de contaminação potenciais e distribuição para os compartimentos do meio ambiente;
- Identificar os bens a proteger;
- Identificar os caminhos de exposição potenciais;
- Identificar os responsáveis legais solidários;
- Definir o modelo conceitual 1;
- Propor nova classificação da Área com Potencial de Contaminação;
- Verificar a necessidade de realização da etapa de investigação confirmatória;

- Propor plano preliminar da etapa de investigação confirmatória.

Finalizada a etapa de avaliação preliminar, a interpretação das informações geradas deverá ser suficiente para permitir a atualização da classificação da área de estudo, e a partir disto elaborar o modelo conceitual da área, e consequentemente ter subsídios para a elaboração do plano de investigação confirmatória, caso a área de estudo seja classificada como Área Suspeita de Contaminação (AS).

A etapa de avaliação preliminar pode não esgotar as possibilidades de encontrar todas as fontes potenciais de contaminação, mas aumenta as possibilidades de identificá-las. Busca o equilíbrio entre os objetivos, as limitações de recursos, o tempo inerente a uma avaliação ambiental e a redução da incerteza advinda de um fato ou condição não conhecida. Ainda, baseia-se em meios e técnicas utilizados à época de sua realização, portanto, o surgimento de fatos novos ou anteriormente desconhecidos, o desenvolvimento tecnológico e outros fatores não podem ser utilizados para a sua desqualificação (ABNT NBR 15515-1:2007).

4.3 Modelos Conceituais de Áreas Contaminadas

Conforme USEPA (2011), o Modelo Conceitual da Área (MCA) é a representação de uma área de estudo, ou seja, é a capacidade de acessar, entender as informações disponíveis e interpretar dados de forma eficiente, onde estes itens são essenciais para orientar as equipes de projeto nas tomadas de decisão, ao longo das etapas do gerenciamento de áreas contaminadas.

A norma ABNT NBR 16210 (ABNT, 2022) define modelo conceitual como sendo: *síntese das informações relativas a uma área em estudo, em que se pode visualizar, por meio de texto explicativo ou ilustração, a localização da contaminação, a sua forma de propagação (e os seus mecanismos de transporte) e a sua relação com os bens a proteger.*

Conforme a Decisão de Diretoria nº 038/2017/C (CETESB. 2017), O MCA é “*O relato escrito, acompanhado de representação gráfica, dos processos associados ao transporte das substâncias químicas de interesse (SQI) na área investigada, desde as fontes potenciais, primárias e secundárias de contaminação, até os potenciais ou efetivos receptores*”.

Segundo Crumpling (2004) e Riyis (2012), um MCA pode ser definido como uma ferramenta elaborada para um entendimento completo do meio físico, das fontes primárias e secundárias, das vias de exposição e dos possíveis receptores. O meio físico engloba aspectos como rochas, solos e água. Segundo a USEPA (2017), a elaboração do MCA deve prever informações hidrogeológicas da área e descrever os meios de transporte do contaminante, a localização de fontes, os processos biológicos ou geoquímicos, e os possíveis receptores.

Afirma ainda que a complexidade da interação entre os contaminantes e sedimentos dependem das propriedades físicas e químicas daqueles.

Para a CETESB (2017), a partir do estudo de avaliação preliminar é elaborado o MCA, onde este pode ser classificado como A, B ou C em função da qualidade e relevância das informações obtidas, conforme o seguinte:

- **MCA 1A:** se aplica à situação em que se identificou todas as áreas fontes existentes (atuais e pretéritas), quando são conhecidos dados e informações adequados e completos para cada área, permitindo a elaboração de um MCA que possibilite identificá-las e localizá-las, e nelas localizar: as fontes potenciais de contaminação (ou até mesmo fontes primárias de contaminação); as substâncias químicas de interesse associadas a cada uma dessas fontes; as características dos materiais presentes em subsuperfície (aterro, solo, sedimento, rocha); o uso e ocupação do solo na região onde a área se insere;
- **MCA 1B:** se aplica à situação em que foram determinadas incertezas quanto à identificação, caracterização e localização de áreas fonte e/ou das fontes potenciais de contaminação associadas a essas áreas fonte e/ou incertezas quanto às SQIs;
- **MCA 1C:** se aplica à situação em que não há informações sobre a localização e características das áreas fonte ou sobre as SQIs.

Além da etapa de avaliação preliminar, conforme USEPA (2011), o MCA deve atender às necessidades únicas de cada etapa do gerenciamento, devendo ser revisado à medida que novos dados estejam disponíveis, sendo uma ferramenta importante para o sucesso da remediação da área. Assim sendo, o modelo conceitual deve ser aprimorado conforme vai se avançando o conhecimento pela área, deste a etapa preliminar, passando pela investigação e remediação, até o monitoramento pós remediação. Por isso, deve ser muito bem elaborado e se torna tão importante para os passos subsequentes. Uma investigação incompleta ou insatisfatória associada a um modelo conceitual não completo, acarreta tomadas de decisões incorretas. Como exemplo, modelos conceituais, a partir de uma investigação, que não informam se o meio hidrogeológico e geológico é homogêneo ou heterogêneo, prejudica a eficiência e eficácia das etapas seguintes do projeto de remediação (PAYNE e POTTER, 2008; SUTHERSAN et al., 2015). A ABNT NBR 16210 (ABNT. 2022) estabelece que toda a complexidade do meio físico deve ser considerada na elaboração do MCA.

Conforme CETESB (2017), deve-se realizar o MCA até a etapa de avaliação de risco. Já, para a USEPA (2011), deve ser realizado como em ciclos de vida, ou seja, sempre contínuos, onde passa por seis etapas divididos em dois pontos-chaves a seguir:

- Desenvolvimento do MCA
 - Etapa preliminar (*Preliminary CSM Stage*) – composta com base nos dados existentes, desenvolvida antes do planejamento sistemático;
 - Linha de base (*Baseline CSM Stage*) — usado para documentar o consenso *versus* divergência dos *stakeholders*, identificando as lacunas de dados, incertezas e necessidades.
- Evolução e refinamento do MCA
 - Caracterização (*Characterization CSM Stage*) – melhoria do modelo conceitual à medida que novos dados se tornam disponíveis durante incertezas na investigação;
 - *Design CSM Stage* – concepção do plano de remediação, incluindo detalhes técnicos;
 - Remediação/mitigação (*Remediation / Mitigation CSM Stage*) – implantação do plano de remediação;
 - Pós remediação (*Post Remedy CSM Stage*) – planejamento de reutilização da área e controles institucionais.

Ainda segundo a ASTM (2018), a complexidade do modelo conceitual é diretamente proporcional à complexidade da área estudada, assim como com os dados disponíveis, devendo ser refinado e revisado ao longo de todo o processo de investigação, chegando a um modelo conceitual final com informações suficientes, facilitando, desta forma, o processo de tomada de decisão. As incertezas associadas ao modelo conceitual precisam ser identificadas ao longo dos estudos para a escolha de alternativas eficazes nas ações corretivas e, consequentemente, na redução da exposição de receptores aos contaminantes. Assim, para a elaboração do MCA, necessita-se: reunir informações históricas e atuais da área de interesse como: mapas, fotografias aéreas e imagens de satélite, dados ambientais, registros, relatórios, estudos e outras fontes de informação, visita ao local pelos profissionais envolvidos no estudo.

4.4 Estações de tratamento de esgoto e estações elevatórias de esgoto

Instituir e implantar o saneamento básico compreende a realização de um conjunto de ações e medidas que promovam a melhor qualidade de vida, proteção ao meio ambiente e

diminuição da incidência de doenças. Dentre essas ações, tem-se que coletar e tratar a água, o esgoto e os resíduos, a fim de controlar os danos ambientais e os vetores transmissores de doenças, aumenta a expectativa de vida média humana em consequência da redução dos casos de doenças referentes à falta de saneamento básico. Investimento em saneamento básico significa investir em saúde.

É grande o número de doenças cujo controle está relacionado ao destino inadequado dos dejetos humanos. A ausência de tratamento de esgoto traz doenças que afetam pessoas de todas as idades. Estas doenças são causadas principalmente por microrganismos patogênicos de origem entérica presentes no esgoto, como cólera, hepatite A, febre tifoide, febre paratifoide, diarreia, entre outras, além de doenças dermatológicas. Devido ao seu alto potencial de contaminação, o sistema de esgotamento sanitário se torna responsável por assegurar o descarte adequado (G. LANGERGRABER; E. MUELLEGGER, 2005).

A Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) é uma instalação sanitária destinada a remover a carga poluidora presente no esgoto de forma a proteger os cursos d'água e lençol freático, dotadas de equipamentos específicos, podendo utilizar processos físicos, químicos e/ou biológicos. O tratamento é dividido em duas fases: fase líquida e fase sólida.

Tratamento da Fase líquida

O tratamento da fase líquida se divide em: preliminar, primário, secundário e terciário, em função da classificação do corpo receptor (corpo d'água ou lençol freático) ou do uso pretendido para o esgoto tratado, como, por exemplo, a água de reuso.

Ao deixar as residências, o esgoto vai para as redes coletoras, passa pelos coletores troncos e interceptores até chegar às estações de tratamento.

Durante o tratamento preliminar, ocorre o seguinte processo: a remoção de sólidos grosseiros através do sistema de gradeamento e/ou peneiramento, a remoção de areia através de caixas de areia e a remoção de gordura através de caixas de gordura.

No tratamento primário tem-se a remoção de sólidos sedimentáveis e parte da carga orgânica expressa em Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), sendo esse um indicador que determina indiretamente a concentração de matéria orgânica biodegradável por meio da demanda de oxigênio exercida por microrganismos através da respiração.

Como exemplos para o tratamento primário tem-se: os decantadores primários e os Reatores anaeróbicos de Fluxo Ascendente (RAFA).

No RAFA, a matéria orgânica é estabilizada biologicamente, ocorrendo a decomposição da mesma, de modo que não haja demanda de oxigênio por ela (processo anaeróbico). As Figuras 3 e 4 mostram respectivamente exemplos de: decantador primário e RAFA:

Figura 3 — Decantador primário



Fonte: Elaborado pela autora.

Figura 4 — Reator anaeróbio de fluxo ascendente-RAFA



Fonte: Elaborado pela autora.

O tratamento secundário visa realizar a remoção da carga poluidora expressa em DBO, além de outros componentes como nitrogênio e fósforo. Como exemplos deste tratamento, tem-se: o filtro biológico, o sistema de lodo ativados convencional e a aeração prolongada, podendo ter, ainda, sistema de lagoas, aeradas, vala de oxidação, entre outros.

O Tratamento terciário tem como objetivo o polimento do efluente tratado com processos de desinfecção, filtração, oxigenação adicional. Além disso, apontam-se como exemplos deste tratamento: as escadas hidráulicas, desinfecção com produto químico, filtração através de areia, carvão, filtro disco, membrana entre outros.

Tratamento da Fase Sólida

A fase sólida é relativa ao lodo gerado no tratamento, que está sempre presente em processos biológicos. No Brasil, por exemplo, o lodo normalmente é encaminhado para um aterro sanitário, após passar por um processo de desaguamento.

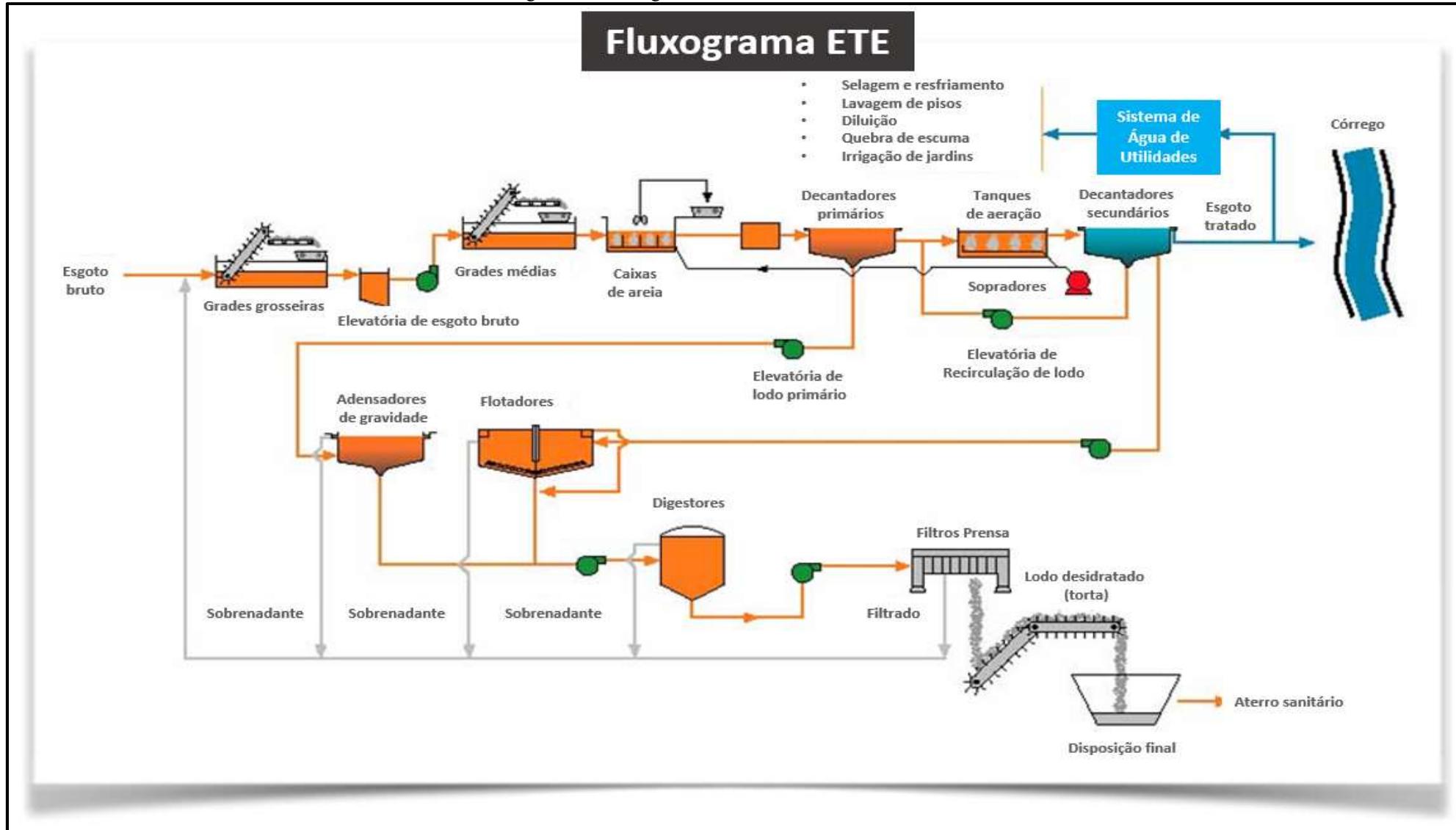
Métodos para tratamento de esgoto são pensados há muito tempo, sendo intensificada com o crescimento populacional. Os tratamentos podem ser químicos, físicos ou biológicos, ou ainda uma combinação entre eles. Exemplos:

- Sistema físico de tratamento – gradeamento, peneiramento, decantação, membranas;
- Sistema químico de tratamento – oxidação química, desinfecção, precipitação;
- Sistema biológico de tratamento – lodo ativado.

A Figura 5 mostra um fluxograma de uma ETE, que representa um sistema de tratamento por lodos ativados.

Para os efluentes atingirem as Estações de Tratamento de Esgoto — ETEs, a rede de esgoto conta, em grande parte, com a força da gravidade, que age naturalmente levando os efluentes para tratamento. No entanto, em casos em que cuja topografia da área não favorece esse princípio, o bombeamento desses efluentes se faz necessário. Estas unidades de bombeamento são chamadas de Estações Elevatórias de Esgoto.

Figura 5 — Fluxograma de uma ETE



Fonte: Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo (2021).

Também conhecidas como Estações de Bombeamento, as Estações Elevatórias são essenciais para promover a universalização da coleta de esgoto sanitário, por possibilitar o encaminhamento/descarga do esgoto coletado para a ETE, quando a mesma não se encontra no ponto mais baixo da bacia de esgotamento. Exemplos sobre as vantagens e desvantagens das Estações Elevatórias de Esgoto são mostrados a seguir:

- Vantagens:
 - Importantes para recalc当地 os efluentes até os pontos mais elevados do sistema, contribuindo para o pleno funcionamento do sistema e o desenvolvimento sustentável, já que, na maioria das aplicações, evitam lançamento de esgoto *in natura* nos corpos hídricos;
 - Retirada de materiais sólidos, presentes no efluente, através de um sistema de grades, que agem como peneiras. Esse material sólido retido segue para um processo de caracterização residual e, posteriormente, é encaminhado para o destino adequado, conforme classificação do resíduo;
 - Dispositivos de pré-tratamento como grades, evitando danos à tubulação.
- Desvantagens:
 - Exige a manutenção de equipamentos, como, por exemplo, bombas e grades;
 - Tem alto custo de energia elétrica devido ao uso do conjunto de motor-bomba.

Conforme descrito acima, as EEE são compostas por diversos processos, em que as atividades podem ser potenciais de contaminação. Os riscos estão associados à liberação de metais como cádmio (Cd), cobre (Cu), zinco (Zn), níquel (Ni), cromo (Cr), chumbo (Pb), e etc, compostos orgânicos e solventes. Riscos associados diretamente a eventuais vazamentos da rede de esgoto são:

- Migração no solo e água subterrânea de microrganismos, como bactérias, vírus, protozoários e helmintos (OLIVEIRA e VON SPERLING, 2011). Isto pode gerar infecções intestinais, cólera, febres tifoide e paratifioide, diarreia, esquistossomose, entre outras (WHO, 1992; OLIVEIRA e VON SPERLING, 2011);

- Nitrato - os níveis de nitrato em água podem aumentar em decorrência de sua migração no solo e água subterrânea. A exposição excessiva (toxicidade aguda), nos casos de contaminação ambiental, pode provocar uma condição de metemoglobinemia aguda (perda da capacidade do transporte de oxigênio pelo sangue - anoxia). (NARA – Núcleo de Pesquisas em Avaliação de Riscos Ambientais, 2014)

Outros riscos, também são os despejos clandestinos de efluentes não domésticos e riscos associados à utilização de produtos químicos.

Os despejos clandestinos de efluentes não domésticos podem impactar a operação da ETE, inibindo os processos biológicos e descaracterizando os resíduos gerados na estação. Como exemplo, os metais: chumbo, cobre e manganês; e solventes: benzeno, tolueno, xileno e fenóis.

A aplicação de produtos químicos, como coagulantes, também faz parte do tratamento, como por exemplo: cloreto férrico, hipoclorito de sódio e óxido de cálcio. Por se tratar de produtos nocivos à saúde do trabalhador e ao meio ambiente, seu manuseio e armazenamento exigem especial atenção.

No caso das Estações Elevatórias de Esgoto os riscos são reduzidos pois se trata apenas de uma passagem, que possibilita o encaminhamento do esgoto coletado para a ETE.

Segundo o Decreto Estadual 8.468 (do Estado de São Paulo), de 8 de setembro de 1976, Art.19 A, os efluentes de qualquer fonte poluidora somente poderão ser lançados em sistemas de esgotos, provido de tratamento com capacidade e de tipo adequados, conforme previsto no § 4º deste mesmo artigo — a partir do momento em que o local onde estiver situada a fonte de poluição for provido de sistema público de coleta de esgotos, e houver possibilidade técnica de ligação a ele, o responsável pela fonte deverá providenciar o encaminhamento dos despejos líquidos à rede pública, conforme as condições dispostas neste Decreto.

Em resumo, todo efluente de qualquer fonte poluidora só poderá ser lançado em sistemas de esgoto se estiverem enquadrados no decreto supracitado. Isto não ocorre no caso dos despejos clandestinos de efluentes não domésticos, impactando a operação da estação de tratamento.

5 MATERIAS E MÉTODOS

O método aplicado para a execução do presente trabalho é baseado nos seguintes pontos:

- Pesquisa bibliográfica em: artigos científicos, teses, dissertações, relatórios técnicos, livros e trabalhos de congressos. Para tanto, as seguintes bases de dados e/ou plataformas de pesquisa foram utilizadas: Periódico Capes, Scielo e Google acadêmico;
- Consultas às normas técnicas e legislação;
- Consulta aos bancos de dados da CETESB, referente à lista de áreas contaminadas no período de 2016 a 2020.
- Consulta aos bancos de dados do Serviço Geológico do Brasil (CPRM) e Departamento de Águas e Energia Elétrica (DAEE) e Sistema de Informação de Águas Subterrâneas (SIAGAS da CPRM), referente à existência de poços de captação no entorno da área.
- Para a reconstrução histórica das áreas de estudo foram utilizadas fotografias aéreas das bases Geoportal, Base Aerofotogrametria e imagens de satélite do Google Earth.
- Leitura e sistematização do conhecimento;
- Consultas aos documentos e relatórios ambientais referentes as duas áreas de estudo;

6 ESTUDOS DE CASOS

O presente estudo aborda dois estudos de caso, onde as áreas são ocupadas por Estações Elevatórias de Esgoto (EEE), que terá a sua desmobilização como ação futura. Assim, o estudo de Caso I refere-se à EEE Alfa e o Caso II à EEE Beta, cujas informações sobre estas áreas serão apresentadas a seguir.

Para manter o sigilo e preservar a privacidade de dados da empresa, parte dos nomes apresentados nos estudos de caso são fictícios.

6.1 Aspectos físicos regionais das áreas de estudo

As áreas dos dois estudos de caso (EEEs Alfa e Beta) estão situadas na cidade de São Paulo – SP. O município está em uma região em transição climática entre tropical de altitude e subtropical (ALMEIDA, 2019).

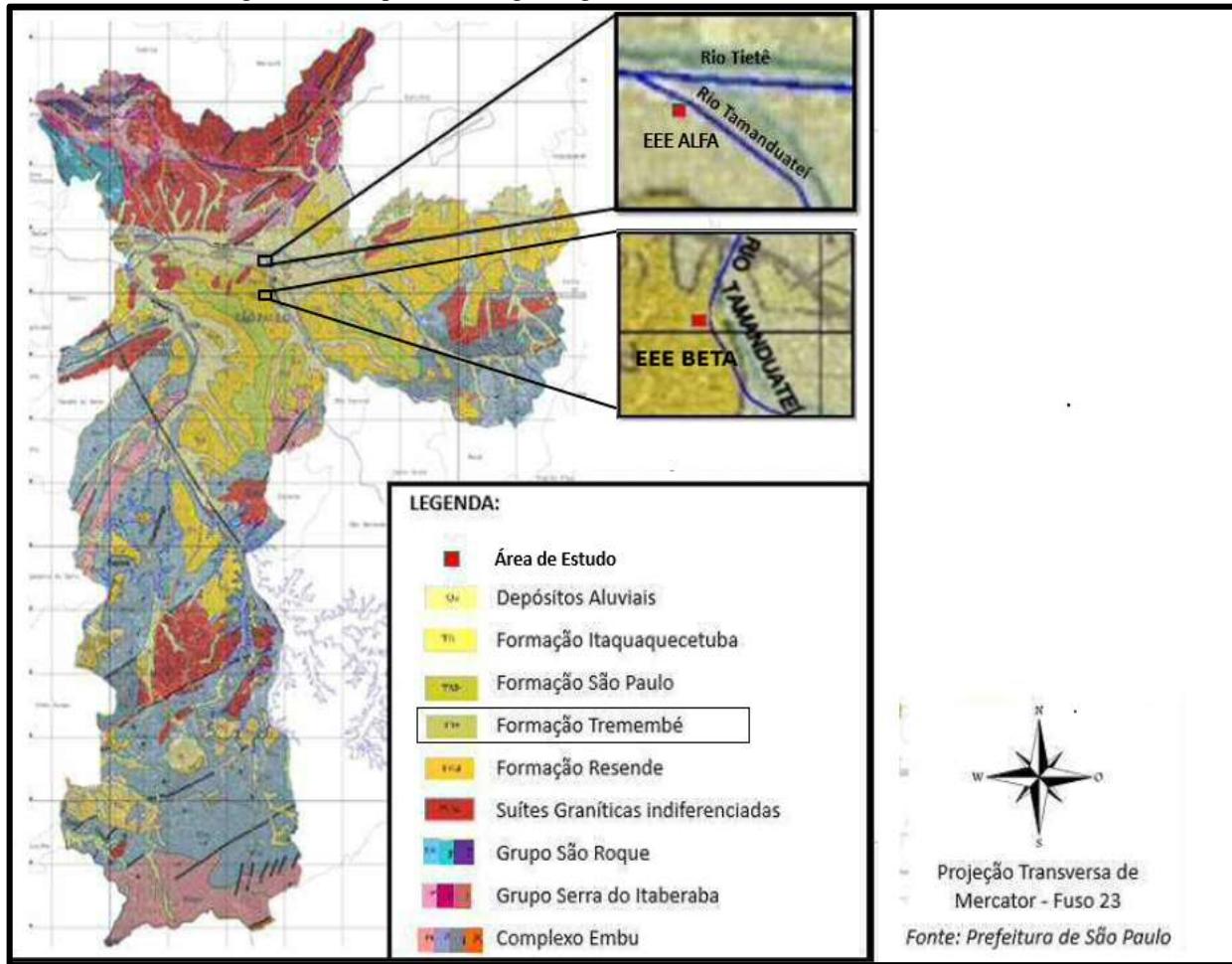
Sob o contexto geológico regional, as áreas de estudo encontram-se sobre sedimentos Cenozoicos (aluvões e Formações Itaquaquecetuba, São Paulo, Tremembé e Resende), rochas intrusivas (granitoides, metassedimentos e metavulcânicas básicas) e rochas Pré-Cambrianas (Complexo Embu) (ATLAS AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO, 1998).

Na unidade constituída por Sedimentos Cenozoicos, estão agrupados todos os depósitos sedimentares de idades terciária e quaternária da Bacia São Paulo.

Regionalmente afloram sedimentos Quaternários, ligados a aluvões, com areias inconsolidadas de granulação variável, argilas e cascalheiras fluviais, subordinadamente em depósitos de calha e/ou terraços. Localmente ocorre a deposição de sedimentos típicos de ambientes fluviais de baixa energia, como argilas e areias finas.

Conforme é possível observar no Mapa Geológico da cidade de São Paulo (Figura 6), as áreas de estudo estão localizadas sobre a Formação Tremembé. Segundo Riccomini (1989), as principais litofácies da formação Tremembé são argilitos verdes maciços, ritmitos de folhelhos e margas, dolomitos e arenitos.

Figura 6 — Mapa da Geologia Regional da cidade de São Paulo



Fonte: Prefeitura de São Paulo (2021).

A Região Metropolitana de São Paulo (RMSP) está inserida no extenso Planalto Atlântico, cujas regiões serranas apresentam estrutura urbana ajustada à topografia local: planos, fundo de vales, várzeas, terraços e planícies aluviais (AB'SABER, 2007; BUENO, 2013; ALMEIDA, 2019). O relevo da RMSP é condicionado pela geologia do local e apresenta características diferentes quando nas regiões de ocorrências de bacias cenozoicas e do embasamento cristalino pré-cambriano. Nas bacias cenozoicas, o relevo é suave e mais estável, formado por colinas e extensos trechos de várzea, enquanto no cristalino, o relevo é mais acidentado, com altas declividades, formados por conjuntos de morros, como os da Serra da Cantareira, na região norte da RMSP (SÃO PAULO, 1983; ALMEIDA, 2019).

Conforme São Paulo (2013), a RMSP ocupa três compartimentos geomorfológicos, ou unidades morfoesculturais, distintos, relativos a duas unidades morfoestruturais:

- Planalto Paulistano/Alto Tietê: caracteriza-se por morros médios e altos, com declividades entre 20% e 30%. Nela ocorrem majoritariamente Argissolos Vermelho-Amarelos e Cambissolos.
- Planalto de São Paulo: Constituída por colinas de patamares aplainados, com declividades predominantes na faixa de 10% a 20%. Ocorrem na unidade Latossolos Vermelho-Amarelos associados a sedimentos argilosos e arenosos, com lentes de conglomerados.
- Planícies Fluviais: Engloba as planícies e terraços fluviais, com declividades inferiores a 2%. Desenvolvem-se de forma mais expressiva ao longo dos rios Tietê, Tamanduateí e Pinheiros.

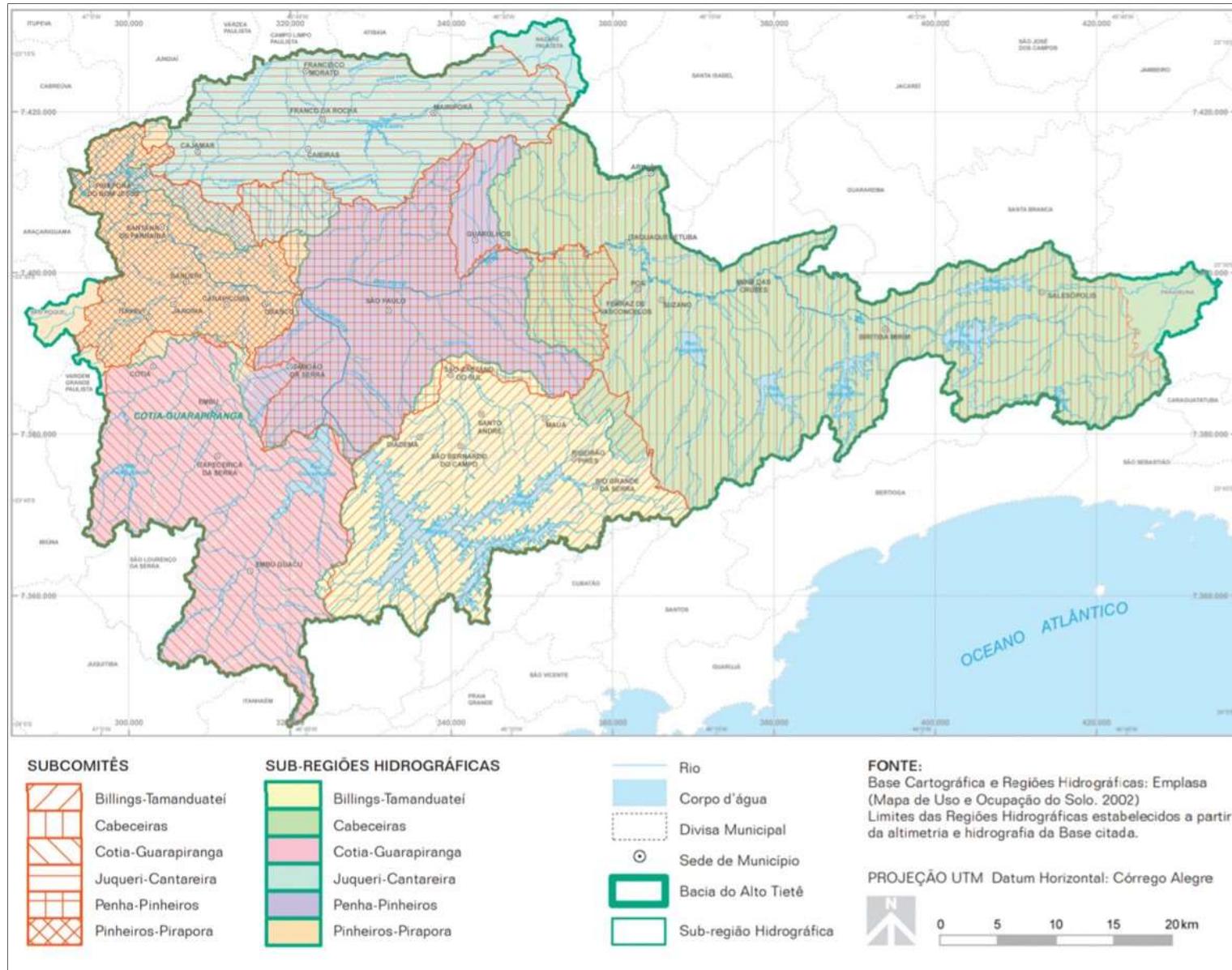
O município de São Paulo está inserido na Bacia Hidrográfica do Alto Tietê, pertencente à Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos 6 (UGRHI), representando as áreas drenadas pelo rio Tietê, desde suas nascentes em Salesópolis, até a barragem de Rasgão, possuindo uma área de drenagem da ordem de 5.868 km² (SIGRH, 2004).

Os principais rios da região são:

- Rio Tietê (Estudo de Caso I – EEE Alfa): nasce na cidade de Salesópolis, em São Paulo, na região da Serra do Mar, e possui um total de 25 afluentes, sendo o Rio Piracicaba o principal deles. Percorre 56 cidades e tem várias barragens com potencial hidrelétrico, dentre as quais vale destacar a Barragem da Usina Parque de Salesópolis e a Barragem Laras;
- Rio Tamanduateí (Estudo de Caso II – EE-Beta): Com extensão total de 35 quilômetros, o Tamanduateí nasce no Parque Ecológico Gruta Santa Luzia, em Mauá. Ele percorre as cidades de Mauá, Santo André e São Caetano do Sul, até desaguar no Rio Tietê, em São Paulo.

Na Figura 7 está apresentado o mapa da Bacia Hidrográfica do Alto Tietê - UGRHI 06, a qual as áreas de estudo pertencem.

Figura 7 — Hidrogeologia Regional - Mapa da Bacia Hidrográfica do Alto Tietê



6.2 Hidrogeologia Regional

Os sistemas aquíferos presentes na região se dividem de acordo com sua formação litológica: Sistemas Aquíferos Cristalino (SAC) e Sedimentar (SAS) (SIGRH, 2004).

O Aquífero Cristalino caracteriza-se pelas fraturas de rocha, responsáveis pela ocorrência de água. Está presente na porção leste do estado de São Paulo, e possui área total de 53.400 km². Formado por rochas ígneas ou metamórficas, possui produtividade relativamente baixa, com vazões médias de 1,4 litro/segundo. Numa visão geral, o aquífero possui águas de boa qualidade para consumo humano (SIGRH, 2004).

O Sistema Aquífero Sedimentar, por sua vez, possui consideráveis variações devido às descontinuidades e espessuras das camadas de argila e areia. Devido a essa característica, o mesmo pode ser classificado como semiconfinado, heterogêneo e anisotrópico, sendo este um indicativo de suas distintas cargas hidráulicas e presença de aquíferos locais (SIGRH, 2004).

6.3 ESTUDO DE CASO I: Estação Elevatória de Esgoto Alfa

A EEE Alfa ocupa uma área de aproximadamente 1.500m², localizada no Bairro do Bom Retiro, na cidade de São Paulo, Estado de São Paulo. Na década de 1980, o imóvel passou a desenvolver as atividades de recebimento de efluentes, através da instalação da estação elevatória de esgoto. A Figura 8 apresenta o mapa de localização da área de estudo.

Figura 8 — Localização da área de estudo



Fonte: Google Earth (2021).

A ocupação do entorno da área é predominantemente industrial, mas também tem a presença de comércio relacionado principalmente aos setores de confecções e tecelagem.

A área da EEE Alfa localiza-se a aproximadamente 5 km do centro de São Paulo. Ao Norte, a área de estudo faz divisa imediata com o Rio X. Ao Sul, faz divisa com a Avenida A, e, no lado oposto da mesma, destacam-se escola Escalada e uma estação de transbordo, a leste faz divisa imediata com intersecção entre a Avenida A e o Rio X, a oeste faz divisa imediata com um terreno sem ocupação que pertence à prefeitura de São Paulo.

6.3.1 Aspectos físicos específicos da EEE Alfa

A descrição da geologia local da área da EEE Alfa foi realizada com base na consulta dos poços de captação de água subterrânea existentes no seu entorno, realizada no portal do Sistema de Informações de Águas Subterrâneas (SIAGAS). Assim, a região da EEE Alfa apresenta intercalações entre unidades arenosas e siltosas até 100 metros de profundidade. A partir desta profundidade encontra-se o embasamento formado por gnaisses.

Quanto à topografia, a área da EEE Alfa apresenta um declive suave, de sul para norte, em direção ao Rio X, com uma variação topográfica da ordem de 2 metros, sendo a parte sul mais elevada.

Não se tem informação sobre a direção de fluxo da água subterrânea. Contudo, tendo em vista a diferença de topografia de sul (mais alto) para norte (mais baixo) e a presença do Rio X, pode-se inferir que o fluxo da água subterrânea apresenta componentes preferenciais para o norte.

Após consulta realizada no portal eletrônico do DAEE e SIAGAS/CPRM, em um raio de aproximadamente 500 m do entorno da área de estudos, identificou-se seis poços de captação de água subterrânea. Todos os poços foram instalados a mais de 100 metros de profundidade e a maioria no Cristalino, conforme a descrição do banco de dados. As principais informações estão apresentadas na Tabela 1, e na Figura 9 podem ser observados os locais onde os mesmos estão instalados.

Tabela 1 — Levantamento de poços de captação no entorno (500m)

ID	Nome do Aquífero	Uso	Finalidade	Vazão (m ³ /dia)	Distância aproximada da área de estudo (m)	Profundidade (m)
1	Cristalino	Captação Subterrânea	sanitário	4,90	560	160,00
2	Precambriano Terceario São Paulo	Captação Subterrânea	sanitário	22,62	280	228,00
3	Cristalino	Captação Subterrânea		0,00	343	150,00
4	Cristalino	Captação Subterrânea	sanitário	2,00	592	338,00
5	*	*	*	4,90	344	*
6	*	*	*	15,00	565	*

* ausência de informação

Fonte: Elaborado pela autora.

Conforme a Tabela 1, o poço mais próximo da área de estudo, Poço ID 2, encontra-se a uma distância de aproximadamente de 280 m no sentido norte, do outro lado do Rio X, conforme mostrado na Figura 9. Devido à distância, o posicionamento (possivelmente a montante da área após o Rio X) dos poços de captação e da profundidade dos mesmos, torna-se pouco provável o impacto decorrente de uma possível contaminação na área de estudo na água subterrânea dos poços cadastrados.

Figura 9 — Localização dos poços de captação de água subterrânea cadastrados



Fonte: Google Earth (2021).

6.3.2 Histórico do uso e ocupação regional do solo

A descrição do uso e ocupação regional, realizada a seguir, é com base nas informações obtidas no São Paulo in Foco – O Bairro Multicultural de São Paulo – A História do Bom Retiro.

A área da EEE Alfa encontra-se no Bairro do Bom Retiro da cidade de São Paulo, que começou a se desenvolver no começo do século XIX, quando a região ainda era ocupada por sítios e chácaras. Nos anos 1880 e 1890 começaram a surgir as primeiras indústrias no bairro. Dentre elas, destacam-se a Olaria Manfred, a fábrica de tecidos Anhaia e a cervejaria Germânia (OLIVEIRA, 2016).

A importância do bairro aumentou com a inauguração da São Paulo Railway, que posteriormente se tornou a ferrovia Santos–Jundiaí e a Estação de metrô e trem da Luz. Dessa forma, o local passou a fazer parte do centro comercial paulistano.

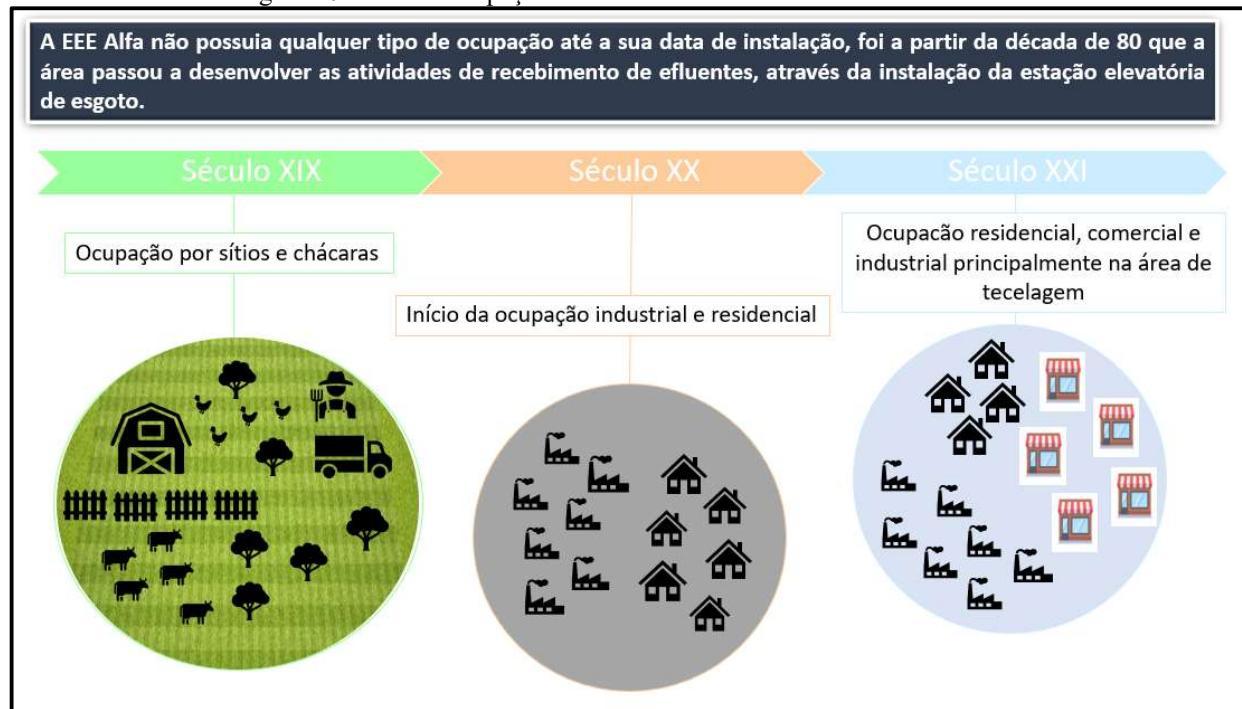
No começo do século XX, ocorreu a construção do viaduto ligando a Rua José Paulino à Rua Couto de Magalhães. Isso fez com que o bairro ganhasse a infraestrutura necessária para expandir ainda mais sua importância no comércio da cidade.

O desenvolvimento do bairro fez com que se tornasse atrativo para muitos imigrantes, tais como italianos, sírios, libaneses, turcos, russos, etc.

Além de sua importância comercial e industrial, o Bom Retiro também possui grande relevância para a cultura paulistana. O bairro abriga a Pinacoteca do Estado de São Paulo, o Museu de Arte Sacra, o Museu da Língua Portuguesa e o Centro de Estudos Musicais Tom Jobim (OLIVEIRA, 2016).

A Figura 10 apresenta a linha do tempo do uso e ocupação do solo no entorno da EEE Alfa.

Figura 10 — Uso e ocupação do solo no entorno da EEE Alfa



Fonte: Elaborado pela autora.

6.3.3 Histórico do uso e ocupação da EEE Alfa

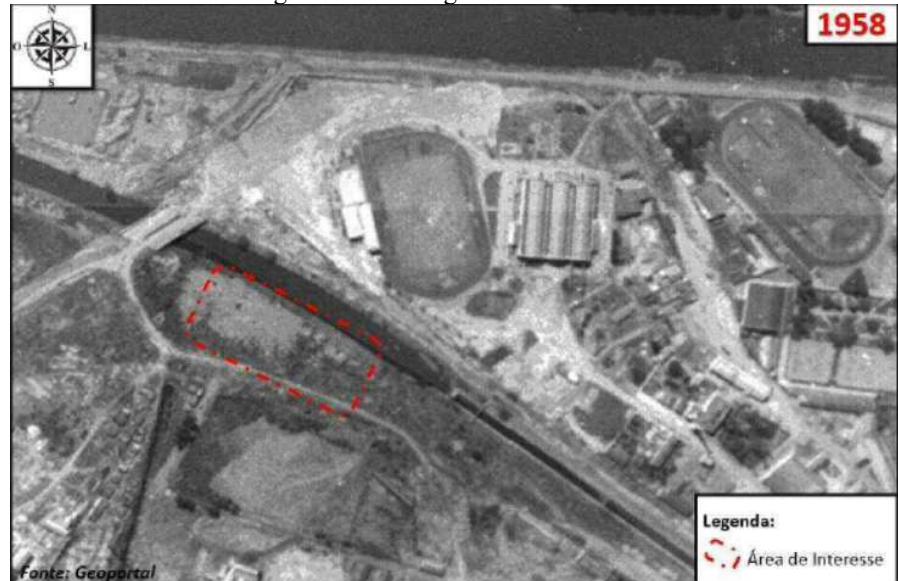
Não foram identificados documentos que pudessem fornecer informações acerca do uso específico da área que compreende a EEE Alfa ao longo dos anos. O imóvel em questão não possuía qualquer tipo de ocupação até a data de instalação da EEE Alfa. Foi a partir da década de 1980 que a área passou a desenvolver as atividades de recebimento de efluentes, através da instalação da estação elevatória de esgoto.

Através das análises de fotografias aéreas e imagens de satélites multitemporais (Figuras 11 a 17), que englobam a área de estudo e entorno, realizou-se a análise da ocupação da EEE Alfa e da região.

Imagen Aérea de 1958:

Verifica-se na imagem aérea de 1958 (Figura 11) que, à época, a área de estudo correspondia a um local com ocupação possivelmente agrícola, onde nota-se um solo preparado ou plantação (a oeste) e 2 (duas) construções (casas ou galpão agrícola) a nordeste da área de estudo. A vizinhança do entorno imediato encontrava-se também sem ocupação residencial e industrial, destacando-se apenas alguns galpões a nordeste da área de estudo.

Figura 11 — Fotografia aérea de 1958



Fonte: Geoportal.

Imagen Aérea de 1968:

Na imagem aérea de 1968 (Figura 12), nota-se maior ocupação no entorno em relação a dez anos antes (1958). O entorno próximo já apresenta maior quantidade de ocupações residenciais ou comerciais. As vias de acesso à área de estudo estão mais bem estruturadas. Observa-se, também, que as vias da marginal do Rio Y ainda não foram consolidadas.

Figura 12 — Fotografia aérea de 1968



Fonte: Base Aerofotogrametria.

Imagen Aérea de 1973:

Na imagem aérea de 1973 (Figura 13), nota-se que as vias de acesso à área de estudo já se encontram consolidadas, assim como a construção das pistas expressas da marginal do Rio Y está concluída. Verifica-se, também, que a expansão demográfica que tomou a região, onde áreas verdes deram espaço a residências e pequenos comércios e indústrias. Contudo, a área de estudo permanece sem alteração quanto ao uso.

Figura 13 — Fotografia aérea de 1973

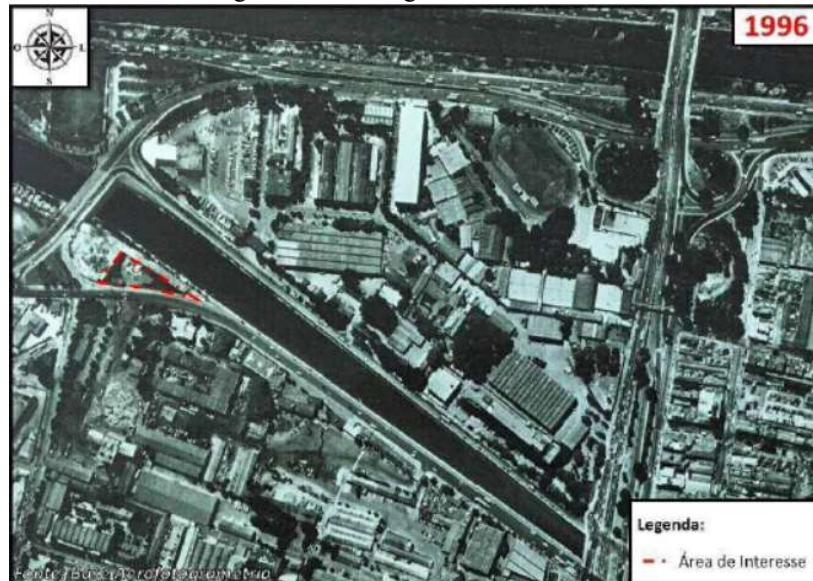


Fonte: Base Aerofotogrametria.

Imagen Aérea de 1996:

Na imagem da Figura 14 observa-se que, tanto os acessos viários quanto a ocupação imobiliária à época, se assemelham ao cenário que a região se encontra atualmente. No imóvel já é possível verificar as instalações da Estação Elevatória de Esgoto Alfa – EEE Alfa.

Figura 14 — Fotografia aérea de 1996

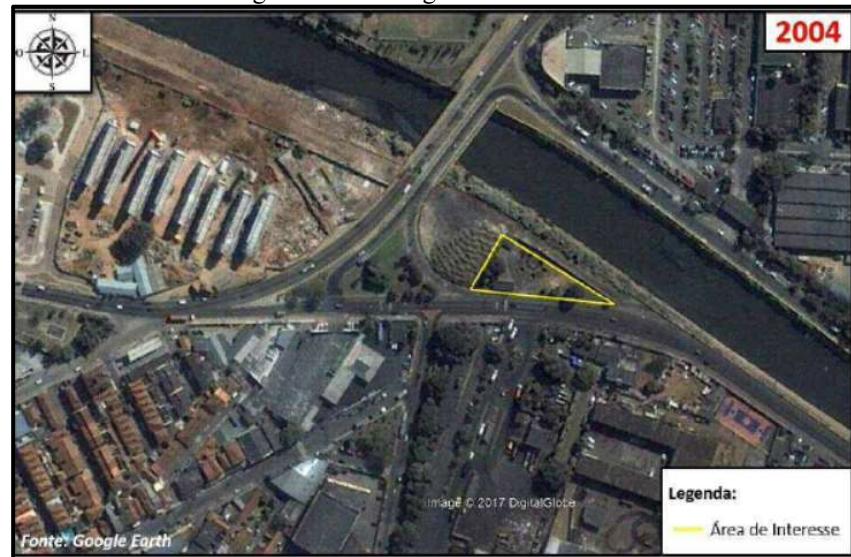


Fonte: Base Aerofotogrametria.

Imagen Aérea de 2004

Observando-se a imagem da Figura 15, referente ao ano de 2004, verifica-se que não houve nenhuma alteração na área de estudo em relação ao ano de 1996 (Figura 14). Entretanto, o terreno que faz divisa direta com a porção oeste da mesma, agora apresenta vegetação de pequeno porte. Destaca-se, também, o início da construção de um Conjunto Habitacional, a oeste da imagem.

Figura 15 — Fotografia aérea de 2004



Fonte: Google Earth.

Imagen Aérea de 2009

A imagem de 2009 (Figura 16) mostra que houve um aumento da cobertura vegetal em diversas áreas, comparado aos anos anteriores, dentre as quais vale destacar o terreno que faz divisa com a porção oeste da área de estudo, que pertence à prefeitura do município de São Paulo.

Figura 16 — Fotografia aérea de 2009



Fonte: Google Earth.

Imagen Aérea de 2017

Observa-se na Figura 17 a construção de uma estrutura no terreno que faz divisa com a porção oeste da área de estudo. Além disso, é possível identificar a presença de vegetação de porte médio no entorno dos imóveis da área de estudo, bem como as instalações da Estação de Transbordo, localizada na porção sul da imagem.

Figura 17 — Fotografia aérea de 2017



Fonte: Google Earth.

6.3.4 Instalações da área EEE Alfa

A área da Estação Elevatória de Esgoto Alfa tem uma central de recebimento de efluentes, localizada na porção central do terreno, imediatamente após o portão de acesso pela Avenida A. A estrutura de recebimento de efluentes tem aproximadamente 15 metros de profundidade abaixo do piso e opera com equipamentos mecanizados (bombas, dutos e grades), onde é realizada a separação do material sólido contido no efluente.

Atualmente, no local, são desenvolvidas atividades de recebimento e separação de efluentes. Após sair da rede de esgoto doméstica, o material coletado segue até a estação de tratamento, mas não sem antes passar por uma série de ramais residenciais e por tubulações maiores, nas quais se recebe um volume maior de resíduos sólidos.

Na porção sul da área de estudo, junto ao portão de acesso, está localizada uma área que abriga transformadores e painéis elétricos de distribuição de energia, os quais fornecem eletricidade para o imóvel e suas instalações. Quanto aos transformadores, devido à impossibilidade de se verificar a data de fabricação do transformador existente, de forma conservadora, esta área é considerada uma área potencial de contaminação por eventualmente possuir óleo isolante a base de Bifenilas Policloradas (PCBs).

Também conhecidos popularmente como Ascaréis, os PCBs são compostos sintéticos utilizados como óleo isolante em equipamentos elétricos, mais especificamente em transformadores e capacitores. Por apresentar significativo potencial de risco ao meio ambiente e à saúde humana, a legislação brasileira proibiu a fabricação, comercialização e o uso dos PCBs através da Portaria Interministerial nº 19, de 29 de janeiro de 1981.

Não há qualquer tipo de ocupação na porção que se estende do centro ao extremo leste da área. Entretanto, parte da referida área foi utilizada como local de armazenamento provisório do solo proveniente das escavações para interligação subterrânea do sistema de captação de esgoto, bem como de resíduos oriundos do fundo das calhas dos rios Tietê e Tamanduateí, esta área é considerada uma área suspeita de contaminação.

Na porção oeste do imóvel foi identificada uma pequena área coberta, a qual era utilizada para armazenamento de materiais diversos. Adjacente a esta área coberta, na direção sul, existe uma área aberta com vegetação rasteira, que se estende até o limite sul da área de estudo, onde também foram depositados materiais diversos. Esta área é considerada uma área suspeita de contaminação pois foram observadas manchas escuras dispersas sobre o solo, sem conhecimento sobre o que poderia ter ocasionado a presença de produto na superfície.

Na área não há indícios da existência e operação de tanques de armazenamento de combustíveis. Também não existem atividades que gerem efluentes de qualquer espécie e tampouco foram observados indícios de derrames oriundos do procedimento de recebimento de efluentes.

Abaixo é possível verificar as Fotos da área de estudo (Figuras 18 a 22).

Figura 18 — Visão geral das instalações da EEE Alfa



Fonte: Elaborado pela autora.

Figura 19 — Área do transformador – porção sul



Fonte: Elaborado pela autora.

Figura 20 — Vista na direção leste da EEE Alfa



Fonte: Elaborado pela autora.

Figura 21 — Sistema de captação superficial de efluentes



Fonte: Elaborado pela autora.

Figura 22 — Área de armazenamento de materiais



Fonte: Elaborado pela autora.

6.3.5 Áreas contaminadas no entorno da EEE Alfa

A EEE Alfa encontra-se a jusante de áreas cujos uso e ocupação do solo desenvolvem atividades que podem gerar passivos ambientais, tais como postos de combustíveis, coleta, transporte, tratamento e destinação final de resíduos. Deste modo, foi consultada a lista de áreas contaminadas da CETESB no período entre 2016 e 2020. A Figura 23 e a Tabela 2 mostram os resultados da pesquisa das áreas contaminadas presentes no entorno da EEE Alfa.

Figura 23 — Áreas contaminadas registradas na CETESB



Fonte: Google Earth.

A Tabela 2 mostra a relação de áreas contaminadas no entorno da área a um raio de 500m.

Tabela 2 — Relação de Áreas Contaminadas no entorno da EEE Alfa

ID	Atividade	Meio Impactado	Contaminantes	Fonte de Contaminação	Etapa do gerenciamento	Medidas (emergenciais, de controle institucional, de remediação)
1	posto de combustível	subsolo	solventes aromáticos combustíveis automotivos	armazenagem	investigação confirmatória investigação detalhada e plano de intervenção remediação com monitoramento da eficiência e eficácia	medidas emergenciais monitoramento do índice de explosividade monitoramento ambiental medidas de remediação recuperação fase livre
		água subterrânea				
2	posto de combustível	subsolo	solventes aromáticos PAHs combustíveis automotivos TPH	armazenagem	avaliação da ocorrência investigação confirmatória investigação detalhada e plano de intervenção monitoramento para encerramento	medida de controle institucional uso da água subterrânea
		água subterrânea				
3	posto de combustível	água subterrânea	combustíveis automotivos	armazenagem	investigação confirmatória investigação detalhada e plano de intervenção monitoramento para encerramento	medida de controle institucional uso da água subterrânea
4	resíduo estação de transbordo	solo superficial	metais PAHs combustíveis automotivos dioxinas e furanos TPH	descarte disposição	avaliação preliminar investigação confirmatória investigação detalhada avaliação de risco plano de intervenção projeto de remediação remediação com monitoramento da eficiência e eficácia	medida de controle institucional uso do solo uso da água subterrânea consumo alimentos uso de edificações medidas de remediação bombearamento e tratamento remoção de solo/resíduo cobertura de resíduos/solo contaminado
		água subterrânea				
5	posto de combustível	água subterrânea	solventes aromáticos PAHs combustíveis automotivos	armazenagem	investigação confirmatória investigação detalhada e plano de intervenção remediação com monitoramento da eficiência e eficácia	medida de controle institucional uso da água subterrânea medidas de remediação bombearamento e tratamento

Fonte: Elaborado pela autora.

6.3.6 Elaboração do Modelo Conceitual da área da EEE Alfa

A atividade atualmente desenvolvida na área é o recebimento de efluentes que chegam à Estação Elevatória de Esgotos – EEE Alfa através de tubulações/ramais subterrâneos.

Na porção central do terreno está localizado o sistema elevatório de esgoto, composto de: bombas, tubulações e grelhas que fazem a separação e o bombeamento do efluente recebido através das tubulações subterrâneas.

Na porção sul da área de estudo está localizada a área do transformador e dos painéis de distribuição de energia, os quais suprem a necessidade elétrica da unidade. Devido à ausência de informações acerca do fluido isolante do transformador, ao longo do tempo de operação dos transformadores a área é considerada potencial de contaminação por eventuais vazamentos.

Na porção oeste do imóvel, no limite com o terreno adjacente, identificou-se uma área coberta utilizada para armazenamento de materiais diversos como: cabos, grades, bombas e etc., onde também há indícios de armazenamento de materiais sobre o solo, o qual é coberto com vegetação rasteira. Neste local, foram identificadas manchas no piso e solo local, porém, não foi possível detectar a origem e/ou os produtos de tais vazamentos. Dada estas condições, a área é considerada como suspeita de contaminação.

Na porção do terreno que se estende do centro ao extremo leste do imóvel, de acordo com as informações obtidas em relatórios, tal local era utilizado para armazenamento provisório de solo proveniente de escavações de origens diversas. Devido à ausência de informações precisas acerca de tal atividade, considera-se esta área também como suspeita de contaminação, pela disposição do material supracitado, diretamente no solo local.

Quanto à contaminação existente na estação de transbordo (Tabela 2, ID 4) a qual é operada pela empresa LIGA, de acordo com as informações obtidas através de vistas aos processos disponibilizados na agência ambiental da CETESB, entende-se que aquela também pode representar risco potencial para a área de estudo.

No presente estudo, o modelo conceitual da EEE Alfa foi classificado como MCA 1B (DD nº 038/2017/C, CETESB). O modelo conceitual MCA 1B é aplicado quando são determinadas incertezas quanto à identificação, caracterização e localização de áreas fonte e/ou das fontes potenciais de contaminação associadas a essas áreas fonte.

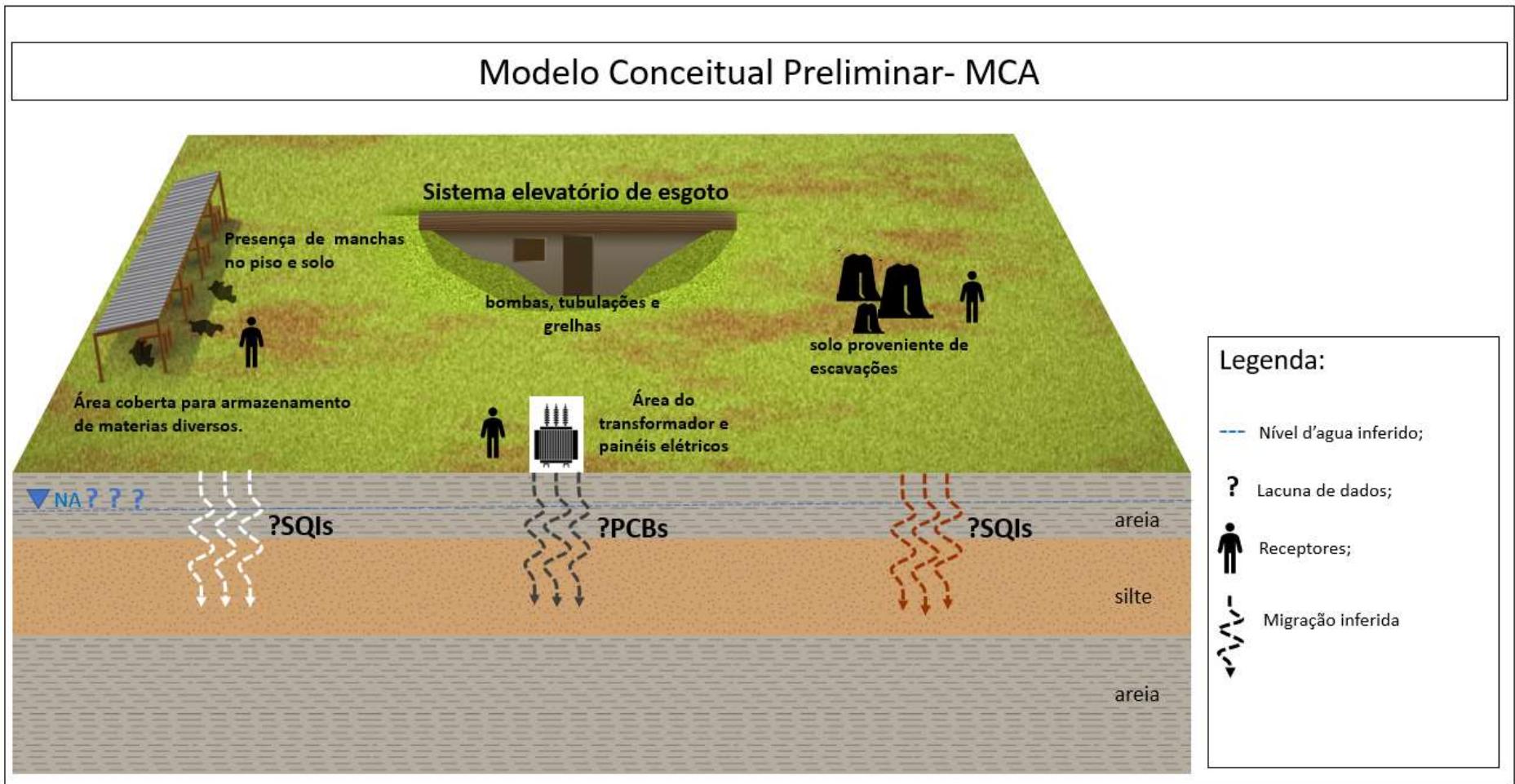
Com base na avaliação realizada, identificaram-se as seguintes questões potencialmente relevantes associadas a área de estudo, conforme apresentadas na Tabela 3 e na Figura 24 abaixo:

Tabela 3 — Área Potencial (AP) e Área Suspeita (AS) de Contaminação

Área Fonte	Substâncias Químicas de Interesse	Meio impactado	Receptores potenciais
AP-1 - Área do transformador	Bifenilas Policloradas (PCBs), TPH	solo	Trabalhadores comerciais, trabalhadores de obra e Rio X
AS- 1 - Área de armazenamento de materiais	Hidrocarbonetos, solventes orgânicos, metais	solo e água subterrânea	Trabalhadores comerciais, trabalhadores de obra e Rio X
AS- 2 - Área de armazenamento temporário de resíduos sólidos	Hidrocarbonetos, solventes orgânicos, metais	solo e água subterrânea	Trabalhadores comerciais, trabalhadores de obra e Rio X

Fonte: Elaborado pela autora.

Figura 24 — MCA Preliminar



Fonte: Autoria da própria autora.

Através das informações obtidas da área, é possível apontar as seguintes incertezas:

- Não se tem o conhecimento sobre a unidades geológicas e as eventuais heterogeneidades e parâmetros e sentido de fluxo da água da água subterrânea;
- Confirmação de migração de Bifenilas Policloradas-PCBs na área do transformador – solo – AP1 (área potencial 1);
- Confirmação da migração de hidrocarbonetos, solventes orgânicos e metais na área de armazenamento de matérias com presença de manchas escuras no piso e solo – AS1 (área suspeita 1);
- Confirmação da migração de hidrocarbonetos, solventes orgânicos e metais na área de armazenamento temporário de resíduos sólidos – solo e água subterrânea – AS2 (área suspeita 2).

Diante das incertezas da área da EEE Alfa e da identificação de áreas suspeitas e potencial de contaminação, conforme a Decisão de Diretoria da CETESB 038/ 2017, deve-se dar continuidade no processo do GAC, com a realização de investigação confirmatória.

6.4 ESTUDO DE CASO II: Estação Elevatória de Esgoto Beta

A área da EEE Beta ocupa uma área de aproximadamente 527 m², localizada no Bairro do Brás, na cidade de São Paulo, Estado de São Paulo. Na década de 1980 o imóvel passou a desenvolver as atividades de recebimento de efluentes, através da instalação da estação elevatória de esgoto. A Figura 25 apresenta o mapa de localização da área a EEE Beta.

Figura 25 — Localização da área de estudo



Fonte: Elaborado pela autora.

A vizinhança da área de estudo é constituída por área predominantemente comercial, relacionada principalmente aos setores de confecções e tecelagem.

A norte faz divisa com a Avenida A, a sul, com um terreno sem ocupação e coberto com vegetação rasteira, a leste, um terreno sem ocupação e com o rio X, e a oeste possui divisa imediata com a Avenida A.

A área de estudo está situada no município de São Paulo, e ocupa uma área de 527 m² dentro do estado. O município possui altitude de 760 m em relação ao nível do mar e clima subtropical úmido.

6.4.1 Aspectos físicos específicos da EEE Beta

A área de estudo está localizada em uma região de planície, com cota altimétrica variando entre 730 e 733 metros acima do nível do mar, sendo a região de menor declividade na direção do Rio X. Então, é inferido que o sentido do fluxo de água subterrânea seja de oeste para leste, no sentido do Rio. Contudo, é necessário que sejam instalados poços de monitoramento/piezômetros na área para a confirmação.

Após consulta realizada no DAEE e SIAGAS/CPRM, em um raio de 500m do entorno da área de estudos, identificou-se sete poços de captação de água subterrânea. As principais informações estão apresentadas na Tabela 4, enquanto na Figura 26 podem ser observados os locais onde os mesmos foram instalados.

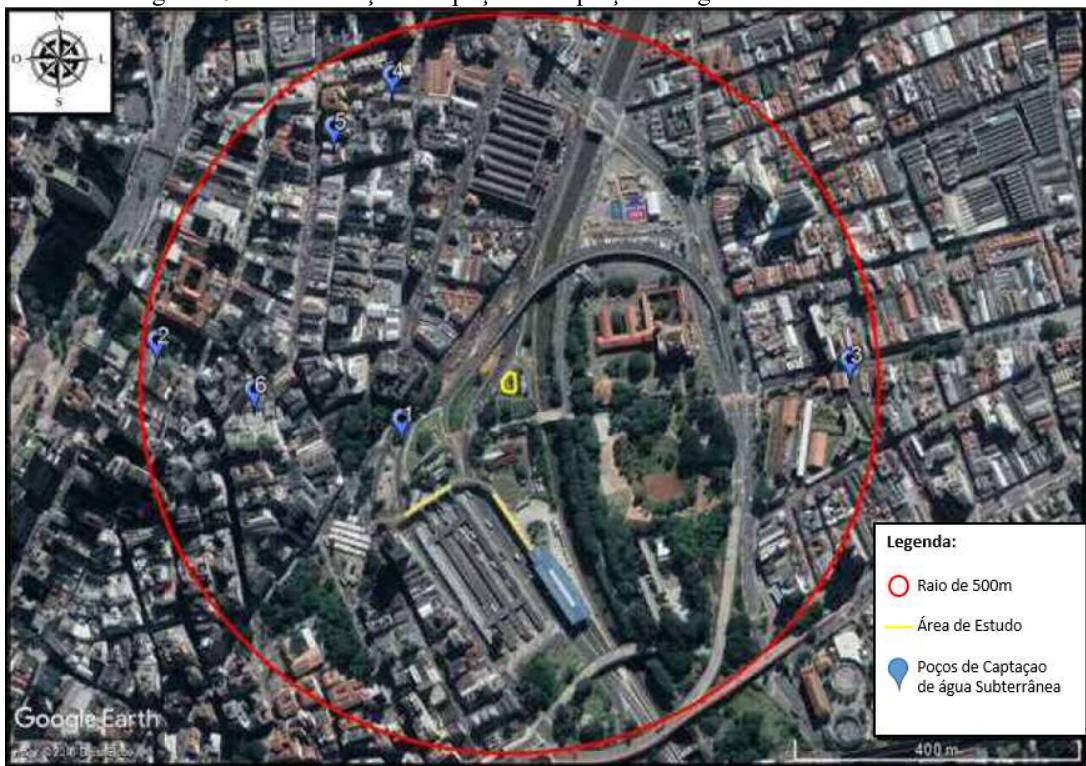
Tabela 4 — Levantamento de poços de captação no entorno (500m)

ID	Nome do Aquífero	Uso	Vazão (m ³ /dia)	Distância aproximada da área de estudo (m)	Nível Estático (m)
1	Cristalino	uso privado	24,00	163	77,00
2	Cristalino	uso privado	4,00	485	17,11
3	Cristalino	uso privado	5,00	491	23,00
4	Terciário Formação São Paulo	Construtor	3,00	442	5,52
5	Terciário Formação São Paulo	Comerciante	3,50	417	6,00
6	*	uso privado	0,23	390	*
7	*	COMGAS	0,47	*	*

Fonte: Elaborado pela autora.

Conforme a Tabela 4, o poço mais próximo à área de estudo encontra-se a uma distância de aproximadamente de 163m a oeste. É possível que os poços de captação não sejam impactados por eventual contaminação presente na área de estudo, pois, pode-se inferir que a maioria deles está a montante da EEE Beta, porém devido a presença de poços rasos e o bombeamento que pode alterar a direção de fluxo, eventuais contaminantes podem ser deslocados em direção aos poços.

Figura 26 — Localização dos poços de captação de água subterrânea cadastrados



Fonte: Google Earth.

6.4.2 Histórico do uso e ocupação regional do solo

A descrição do uso e ocupação regional, realizada a seguir, é com base nas informações obtidas na tese de doutorado: Desenho urbano e bairros centrais de São Paulo – Um estudo sobre a formação e transformação do Brás, Bom Retiro e Pari, AMADIO, Decio, 2004.

O desenvolvimento urbano dos bairros centrais de São Paulo está diretamente relacionado aos ciclos econômicos do Brasil. Destaca-se a década de 1870 como marco da transformação paulista na “Metrópole do Café”. Um dos principais fatores que contribuíram para tal mudança foi o desenvolvimento das ferrovias, que fizeram com que a cidade deixasse de ser um núcleo denso e centralizado, e passasse a ter maior contato com o interior, permitindo, assim, um fluxo intenso de mercadorias e pessoas.

Com a implantação da ferrovia São Paulo Railway CO, consolidou-se o sistema São Paulo–Santos, que favoreceu a transição para o ciclo econômico industrial, transformando a capital paulista no principal polo financeiro do país e acelerando o seu processo de urbanização.

Na maior parte do território do município, a urbanização evitou as áreas alagadas. Todavia, devido à retificação do Rio Tamanduateí, ocorreu relativa ocupação de sua várzea pelas indústrias no processo de formação dos bairros do Brás, Bom Retiro, Barra Funda e Água Branca (AMADIO, 2004).

O bairro do Brás, onde a área do estudo de caso II está inserida, era inicialmente formado por chácaras de atividade agrícola, as quais serviram para estabelecer os seus limites perimetrais. A origem do nome Brás corresponde ao nome de uma pessoa que teria residido no local por volta do século XVIII, entre a região do Gasômetro e o Largo da Concórdia.

Os limites populares do Brás vão além do velho Mercadão até a Bresser, Rua do Gasômetro até a Radial Leste. Em 25 de janeiro de 1968 surgiu o viaduto Nalberto Marino, eliminando, assim, o trânsito que se formava nas avenidas Rangel Pestana e Celso Garcia. Neste período também surgiu o metrô, que propiciou emprego para milhares de migrantes recém-chegados da região nordeste do Brasil.

Em 1872 instalou-se no bairro a São Paulo *Gas Company*, que foi de vital importância para o desenvolvimento industrial da capital paulista.

No seu início, o Brás era um bairro operário ítalo-paulistano, barato e com diversos problemas de infraestrutura. Ali, os operários das fábricas viviam em cortiços e casas geminadas. As primeiras fábricas do local pertenceram à família Matarazzo, a Companhia Mecânica Importadora, além de fábricas de lã e juta.

A expansão industrial nos bairros centrais de São Paulo começou a ser limitada a partir da década de 1950, com a Lei Municipal nº 4.805/55, que dispõe sobre ruídos urbanos, localização e funcionamento de indústrias incomodas, nocivas ou perigosas (1955), que definiu os perímetros das zonas industrial, residencial e mista da cidade. O Brás foi classificado como Zona Mista (perímetros em que se permite promover usos residenciais e não residenciais, com predominância do uso residencial), pois apesar de sua tradicional ocupação industrial, havia o interesse político e econômico na expansão do comércio no bairro. A Lei da Zona Mista limitava o desenvolvimento industrial, permitindo apenas a instalação de indústrias leves (SÃO PAULO [Município], 1955).

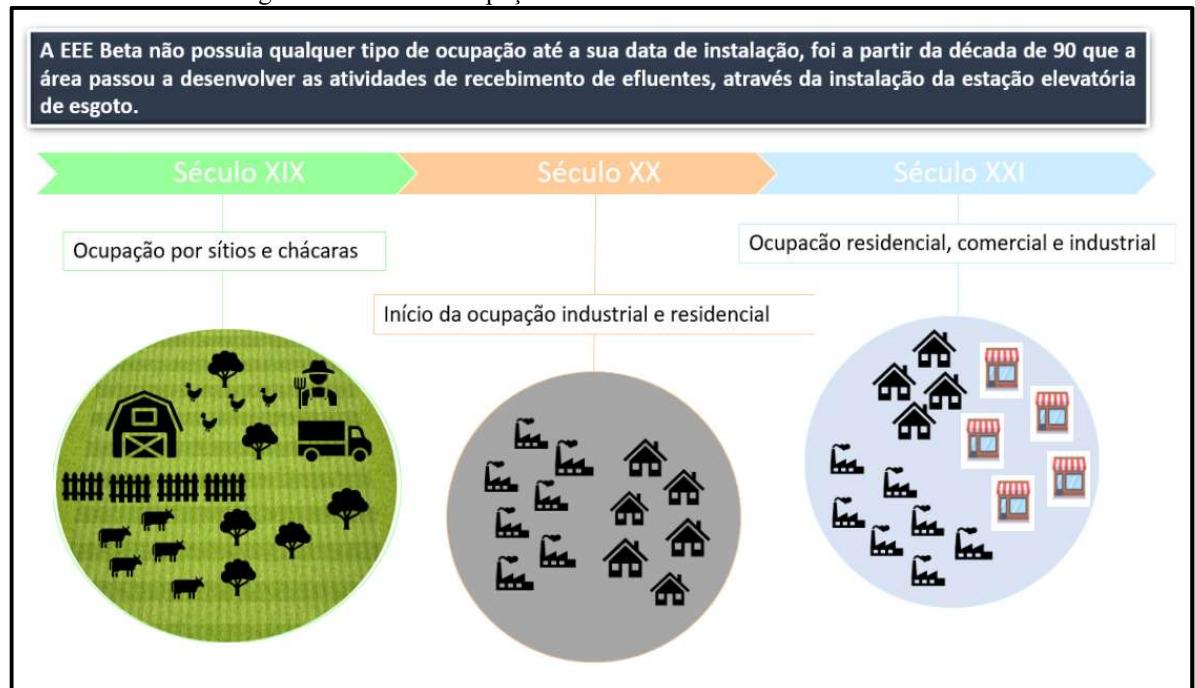
Após a Lei Municipal nº 4.805/55, o Brás passou a ter grande desenvolvimento comercial, tornando-se um bairro residencial pouco verticalizado, com forte atividade nos setores de comércio e serviços.

No período compreendido entre os anos de 1968 e 1971, surgiram o Plano Urbanístico Básico (PUB) e o Plano Diretor de Desenvolvimento Integrado (PDDI), que trouxeram a Lei do Zoneamento, classificando como zona industrial toda a região ao longo das ferrovias e rodovias Dutra e Anchieta, destacando-se aqui a região do Brás.

Ressalta-se que, entre os anos de 1990 e 2000, a área de uso industrial no Brás apresentou redução de 1,89%, enquanto as áreas de uso residencial e comercial cresceram 33,58% e 13,78%, respectivamente (SECRETARIA MUNICIPAL DE PLANEJAMENTO DE SÃO PAULO, 2000).

A Figura 27 apresenta a linha do tempo de uso e ocupação do solo no entorno da EEE Beta.

Figura 27 — Uso e ocupação do solo no entorno da EEE Beta



Fonte: Elaborada pela autora.

6.4.3 Histórico do uso e ocupação da EEE Beta

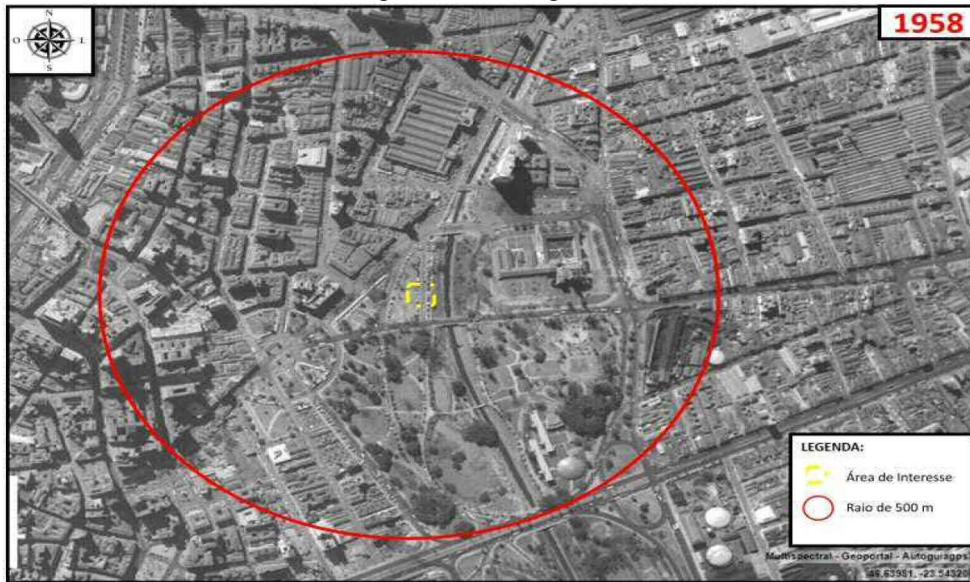
Não foram identificados documentos (matrículas e proprietários anteriores) que pudessem fornecer informações acerca das transações de compra e venda do imóvel ao longo dos anos. Importante ressaltar que não há documentos referentes ao imóvel sob estudo disponíveis para consulta na CETESB.

O imóvel em questão não possuía qualquer tipo de ocupação até a data de instalação da EEE Beta. Assim, a análise da ocupação da EEE Beta e da região foi feita através das análises de fotografias aéreas e imagens de satélites multitemporais (Figuras 28 a 34) que englobam a área de estudo e entorno.

Imagen Aérea de 1958:

Na imagem aérea de 1958 (Figura 28), verifica-se que, à época, na área atualmente ocupada pelo imóvel de estudo existia apenas uma rua anexa, ao que seria hoje a Avenida A. Na foto é possível observar as instalações do Mercado Municipal ao norte da área a qual tinha um Mercado. A região a oeste da área era consideravelmente desenvolvida e urbanizada.

Figura 28 — Fotografia aérea de 1958



Fonte: Geoportal.

Imagen Aérea de 1972:

Nesta imagem (Figura 29) ainda não é possível identificar o prédio da EEE Beta. O local onde a Estação Elevatória se encontra atualmente, de acordo com a imagem de 1972, era um terreno sem qualquer tipo de ocupação. Ainda conforme a imagem supracitada, vale destacar a construção de um Terminal de ônibus, que, àquela época, possuía plataformas de embarque no sentido horizontal (oeste-leste), na porção sul da foto em relação à área de estudo.

Figura 29 — Fotografia aérea de 1972

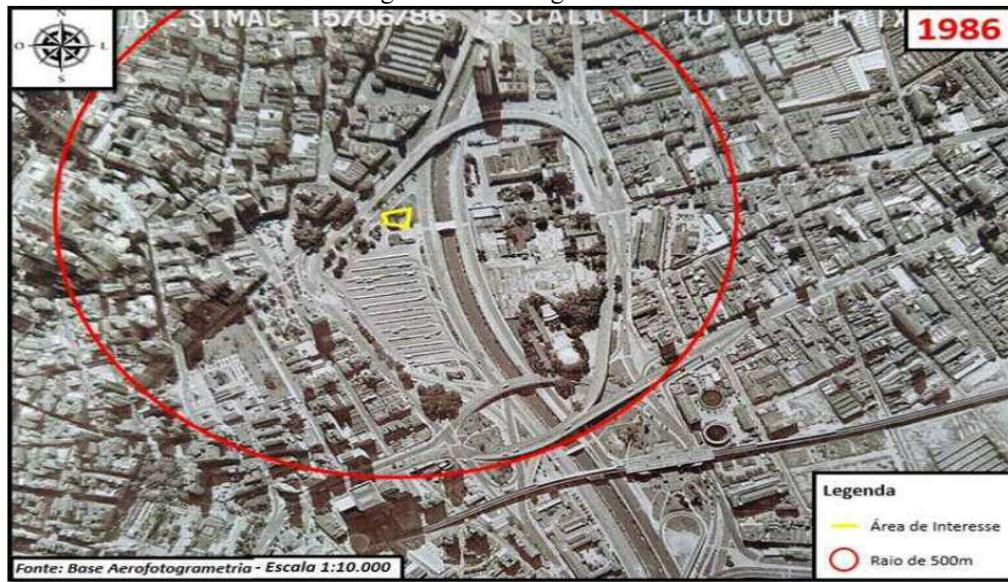


Fonte: Base Aerofotogrametria.

Imagen Aérea de 1986:

Nota-se na Figura 30 que houve pouca diferença com relação à imagem anterior. Destacam-se apenas a presença de árvores dispersas na área de estudo.

Figura 30 — Fotografia aérea de 1986



Fonte: Base Aerofotogrametria.

Imagen Aérea de 1994:

Na Figura 31 é possível identificar o imóvel da EEE Beta. Destacam-se, também, a alteração realizada na Avenida A, que agora passa diretamente a oeste da área de estudo. Além disso, identifica-se a mudança realizada no Terminal de ônibus, cujas plataformas de embarque passaram a ter o sentido vertical (norte-sul).

Figura 31 — Fotografia aérea de 1994



Fonte: Base Aerofotogrametria.

Imagen Aérea de 2002:

Na imagem da Figura 32 observa-se que a área já estava completamente ocupada pela EEE Beta. A vizinhança imediata àquela estava desocupada, apresentando apenas uma vegetação rasteira.

Figura 32 — Fotografia aérea de 2002



Fonte: Google Earth.

Imagen Aérea de 2008

Na Figura 33 nota-se pouca alteração em relação à imagem anterior. Percebe-se apenas a presença de algumas árvores no interior da EEE BETA. Vale destacar, também, a presença de vegetação rasteira na região vizinha àquela.

Figura 33 — Fotografia aérea de 2008

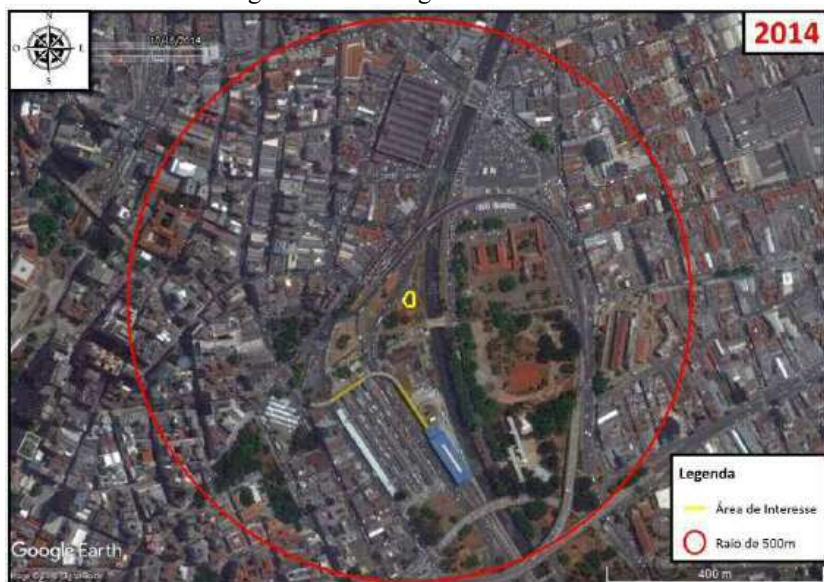


Fonte: Google Earth.

Imagen Aérea de 2014:

Na imagem da Figura 34, percebe-se pouca diferença em comparação àquela registrada em 2008. Destaca-se apenas a retirada da vegetação anteriormente presente no terreno vizinho à área de estudo.

Figura 34 — Fotografia aérea de 2014



Fonte: Google Earth.

6.4.4 Instalações da área EEE Beta

A Estação Elevatória Beta consiste em um sistema de bombeamento que transporta o efluente de uma cota mais baixa para outra mais elevada.

No local é realizado o bombeamento do efluente, ao qual é encaminhado à Estação de Tratamento de Esgoto por meio de tubulações subterrâneas. O sistema em questão é formado por bombas, válvulas de regulagem e equipamentos elétricos.

Na área da Estação Elevatória de Esgoto Beta pode ser identificada uma central de bombeamento de efluentes (elevatória), localizada na porção central do terreno, imediatamente após o portão de acesso pela Avenida A.

A estrutura em questão, denominada “Poço de Bombas”, tem aproximadamente 7,8 metros de diâmetro e 12,54 metros de profundidade abaixo do nível do piso, e opera com equipamentos mecanizados (bombas, dutos e grades) que realizam a separação de material sólido contido no efluente.

O efluente também passa por um sistema de gradeamento atuando como peneiras, retendo o material sólido. Esse material sólido segue para um processo de caracterização segundo a NBR 10.004, sendo destinado de forma adequada em função de sua classificação (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS).

Na porção sudeste do imóvel está localizada a central que abriga os painéis elétricos de distribuição de energia, os quais fornecem eletricidade para o imóvel e suas instalações. Na porção central do imóvel, sob canaletas de concreto, encontram-se as válvulas de regulagem das bombas de recalque.

Na porção que se estende do centro ao extremo leste do imóvel, observou-se que não há qualquer tipo de ocupação. O mesmo ocorre para a porção que vai do centro ao extremo oeste da área.

Abaixo verificam-se as fotos da área de estudo (Figuras 35 a 38).

Figura 35 — Visão geral da EEE Beta



Fonte: Elaborado pela autora.

Figura 36 — Acesso à grade para inspeção do poço de bombas



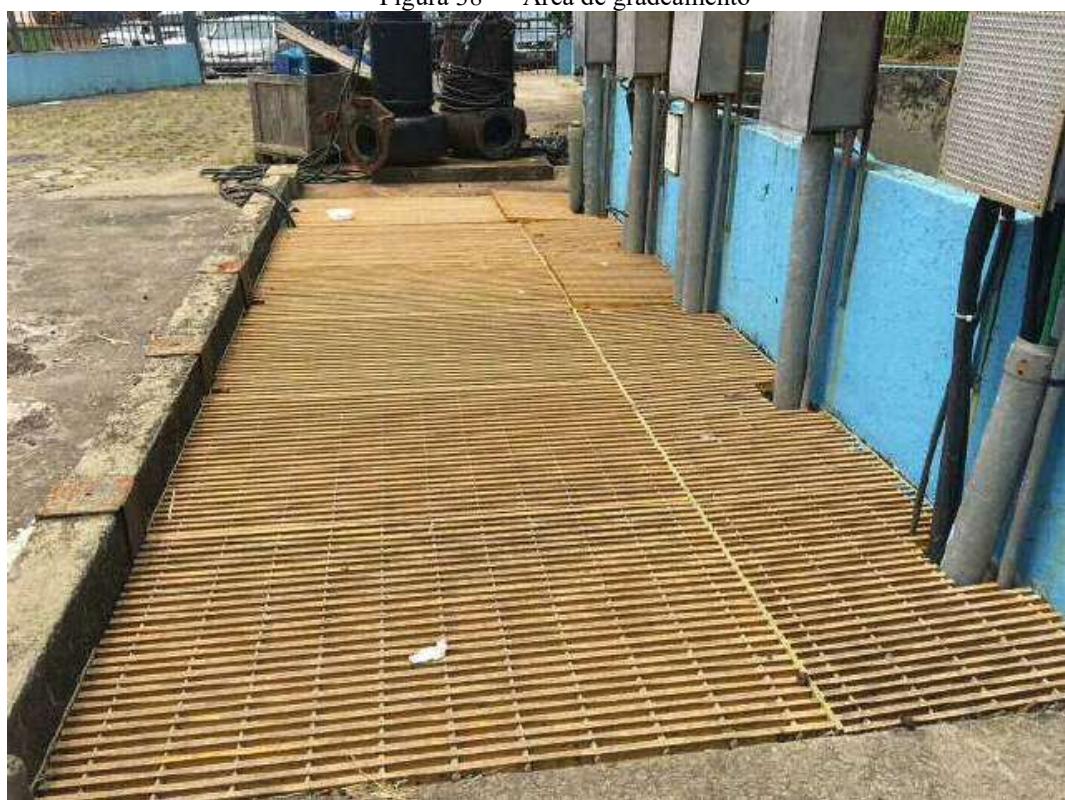
Fonte: Elaborado pela autora.

Figura 37 — Bombas de recalque



Fonte: Elaborado pela autora.

Figura 38 — Área de gradeamento



Fonte: Elaborado pela autora.

6.4.5 Áreas contaminadas no entorno da EEE Beta

A relação de áreas contaminadas da CETESB consultada corresponde ao período entre 2016 e 2020, com o objetivo de encontrar áreas onde o uso e ocupação do solo desenvolvam atividades que possam gerar passivos ambientais, tais como postos de combustíveis e indústrias. A Figura 39 e a Tabela 5 mostram os resultados da pesquisa das áreas contaminadas presentes no entorno da EEE Beta.

Figura 39 — Foto aérea: Áreas contaminadas registradas na CETESB



Fonte: Google Earth.

A Tabela 5 mostra a relação de áreas contaminadas no entorno da área a um raio de 500m.

Tabela 5 — Relação de Áreas Contaminadas no entorno da EEE Beta

ID	Atividade	Meio Impactado	Contaminantes	Fonte de Contaminação	Etapa do gerenciamento	Medidas (emergenciais, de controle institucional, de remediação)
1	indústria	subsolo	metais solventes aromáticos PAHs combustíveis automotivos outros vapores/gases	produção	avaliação preliminar investigação confirmatória investigação detalhada avaliação de risco plano de intervenção projeto de remediação remediação com monitoramento da eficiência e eficácia	medidas emergenciais monitoramento ambiental remoção de materiais (produtos, resíduos, etc) medidas de controle institucional uso da água subterrânea medidas de remediação extração de vapores do solo (SVE) remoção de solo/resíduo
		água subterrâneas				
2	posto de combustível	água subterrâneas	combustíveis automotivos	armazenagem	investigação confirmatória investigação detalhada e plano de intervenção remediação com monitoramento da eficiência e eficácia monitoramento para encerramento	medidas de controle institucional uso da água subterrânea medidas de remediação atenuação natural monitorada

Fonte: Elaborado pela autora.

6.4.6 Elaboração do Modelo Conceitual da área de estudo II

Com base nas informações obtidas durante a visita técnica, bem como ao longo do processo de avaliação dos documentos disponibilizados, verificou-se que, na área de estudo, atualmente, são desenvolvidas atividades de bombeamento de efluentes que chegam à Estação Elevatória de Esgotos Beta, através de tubulações/ramais subterrâneos. Os equipamentos identificados na área são: bombas tubulações e grelhas que fazem a separação e o bombeamento do efluente recebido através das tubulações subterrâneas, casa de força, onde se encontram os painéis de distribuição de energia.

De acordo com a avaliação da série histórica de imagens, não foram identificados estruturas e/ou indícios de atividades que pudessem ter ocasionado impacto no solo e na água subterrânea local.

Conforme citado acima, na área de estudo, não há registros de atividades que possam ocasionar impactos na qualidade do solo e do aquífero freático local. A vizinhança imediata é composta ao sul por praças e parques, bem como um terminal de ônibus. Cabe ressaltar que o terminal de ônibus sempre funcionou como ponto de passagem e transferência de veículos e pessoas, não havendo registro de atividades de manutenção dos veículos que transitam por ali.

A área imediatamente a oeste é cortada pela Avenida A, sendo que o lado oposto da referida avenida abriga pequenas praças com vegetação rasteira, comércios constituídos por sobrados e pequenos edifícios, além de residências e conjuntos residenciais modestos, como vilas e ocupações informais.

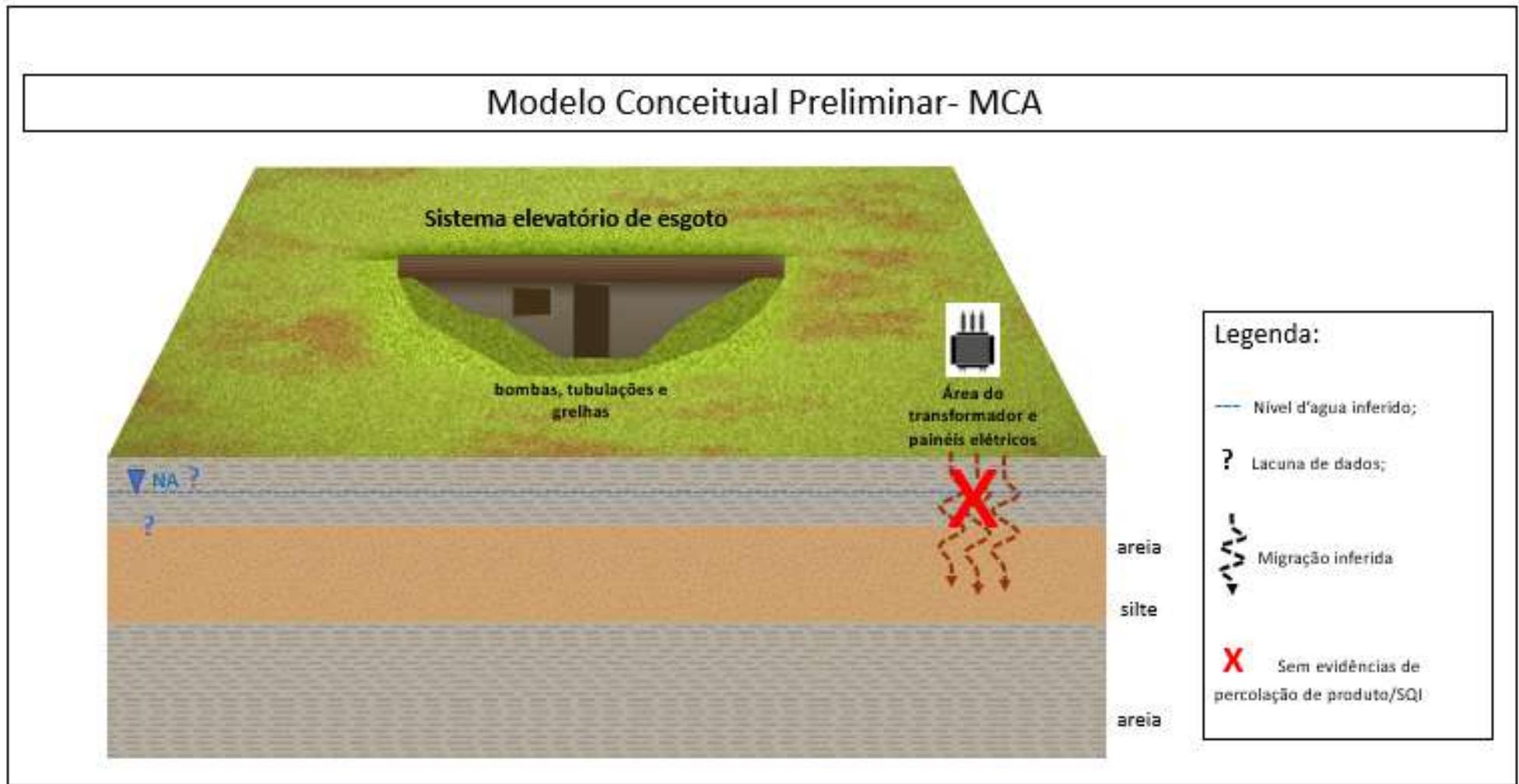
Quanto às duas áreas contaminadas identificadas na lista da CETESB, elas se encontram a aproximadamente 350 metros de distância da EEE Beta no sentido leste, ou seja, do lado oposto do Rio X. Dessa forma, devido à distância das áreas contaminadas e da presença do Rio X, desconsidera-se o possível impacto na água subterrânea da área de estudo.

No presente estudo, o modelo conceitual da EEE Beta foi classificado como MCA 1B (DD nº 038/2017/C, CETESB). O modelo conceitual MCA 1B é aplicado quando foram determinadas incertezas quanto à identificação, caracterização e localização de áreas fonte e/ou das fontes potenciais de contaminação associadas a essas áreas fontes e/ou incertezas quanto as SQIs.

De acordo com as observações levantadas ao longo deste estudo, bem como o posicionamento espacial da área em relação aos seus vizinhos imediatos e suas respectivas atividades, não foram identificadas áreas e/ou atividades suspeitas que pudessem implicar na contaminação do solo e da água subterrânea do aquífero freático local.

A Figura 40 apresenta o Modelo Conceitual Preliminar da EEE Beta.

Figura 40 — MCA Preliminar EEE Beta



Fonte: Autoria da própria autora.

As incertezas referentes à EEE Beta referem-se apenas a características geológicas e hidrogeológicas. No entanto, uma estação elevatória de esgoto em si é uma fonte potencial de contaminação.

7 CONCLUSÕES

O presente trabalho trouxe duas áreas de estudos referentes as Estações Elevatórias de Esgoto Alfa e Beta, onde o levantamento de informações existentes e observações de campo levaram a um estudo de avaliação preliminar e consequentemente a elaboração de modelos conceituais para estas áreas. Através das análises das informações disponíveis para estas áreas, foi possível identificar a existência ou não de fontes potenciais de contaminação. Na EEE Alfa, foram identificados três pontos sensíveis à qualidade do solo e água subterrânea com incertezas quanto a migração de: hidrocarbonetos, solventes orgânicos e metais. Já, na EEE Beta não foram identificados indícios de impacto no solo superficial decorrentes de atividades, pretéritas e atuais, desenvolvidas no local e a realização de estudos ambientais adicionais foi desconsiderada enquanto não ocorrerem mudanças significativas na área, ou seja, alterações expressivas das atividades ali realizadas.

A etapa de avaliação preliminar, com a apresentação de um modelo conceitual que contextualize todas a informação da área, mas que também apontem as incertezas, é imprescindível nas tomadas de decisões futuras em um processo de gerenciamento de áreas contaminadas. Portanto, para que as intervenções em uma área contaminada tenham sucesso, é necessário que a abordagem, os métodos e as ferramentas de obtenção de dados e as observações de campo sejam corretas e que o MCA possa fornecer informações que dê condições à equipe envolvida de definir os próximos passos, se continua ou se tem que retroceder no processo devido às lacunas identificadas. Também, não se deve esquecer que a cada e qualquer informação obtida, o MCA deve ser atualizado.

REFERÊNCIAS

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15515-1: Passivo Ambiental em solo e água subterrânea – Parte 1: Avaliação Preliminar. 2. ed. Rio de Janeiro, 2021.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 16210: Modelo Conceitual no gerenciamento de áreas contaminadas. 2. ed. Rio de Janeiro, 2022.

AB'SABER, A.N. Geomorfologia do sítio urbano de São Paulo. Ed. fac-similar – 50 anos. Cotia, SP: Ateliê Editorial, 349p., (algumas dobradas), il., mapas, 22 cm. 2007.

ALMEIDA, V. V. DE. Projeto materiais de construção metropolitana de São Paulo: estado de São Paulo / Organizadores Vidyā Vieira de Almeida, Roberto Loretí Jr. São Paulo: CPRM, 2019. 106 p.

AMADIO, D. Desenho urbano e bairros centrais de São Paulo: um estudo sobre a formação e transformação do Brás, Bom Retiro e Pari. Tese de Doutorado. FAU – USP Universidade de São Paulo. 2004.

ASTM - AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. International, designation: E1689_95 - Standard Guide for Developing Conceptual Site Models for Contaminated Sites, 2008.

BRASIL. Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Poder Executivo, Brasília, DF, 2 set. 1981, p. 16509. Disponível em: <https://www2.camara.leg.br/legin/fed/lei/1980-1987/lei-6938-31-agosto-1981-366135-publicacaooriginal-1-pl.html>. Acesso em: 10 janeiro de 2022.

BUENO, E. S. A área urbana e as áreas naturais da região metropolitana de São Paulo: de compartimentos fisiográficos a categorias geográficas. Orientador: Sueli Angelo Furlan.2013. 318 p. Dissertação (Mestrado em Geografia Física) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2013.

CETESB - COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. Decisão de Diretoria nº 038/2017, de 7 de fevereiro de 2017. Procedimento para a Proteção da Qualidade do Solo e das Águas Subterrâneas. Disponível em: <<https://cetesb.sp.gov.br/wp-content/uploads/2014/12/DD-038-2017-C.pdf>>. Acesso em: 18 out. 2021.

CETESB - COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. Manual de Gerenciamento de áreas contaminadas. (recurso eletrônico). São Paulo, 2021. Disponível em: <<https://cetesb.sp.gov.br/areas-contaminadas/documentacao/manual-de-gerenciamento-de-areas-contaminadas/informacoes-gerais/apresentacao/>>. Acesso em: 10 janeiro de 2021.

CETESB - COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. Relação de Áreas Contaminadas e Reabilitadas. Disponível em: <<http://areascontaminadas.cetesb.sp.gov.br/relacao-de-areas-contaminadas/>>. Acesso em: 10 01 de dezembro de 2021

CERH – CONSELHO ESTADUAL DE RECURSOS HÍDRICOS. Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH nº 02, de 08 de setembro de 2010. Disponível em: <http://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=14670>. Acesso em: 12 outubro de 2021

CONAMA - CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE; MMA - MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. Resolução nº 420, de 28 de dezembro de 2009. Dispõe sobre critérios e valores orientadores de qualidade do solo e água subterrânea quanto à presença de substâncias químicas e estabelece diretrizes para o gerenciamento ambiental de áreas. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Poder Executivo, Brasília, DF, 30 dez. 2009. Disponível em: <<https://cetesb.sp.gov.br/areas-contaminadas/wp-content/uploads/sites/17/2017/09/resolucao-conama-420-2009-gerenciamento-de-acr.pdf>>. Acesso em: 5 de dezembro de 2021.

CONEMA - CONSELHO ESTADUAL DE MEIO AMBIENTE; Resolução nº 42, de 17 de agosto de 2012. Dispõe sobre as atividades que causam ou possam causar impacto ambiental local e fixa normas gerais de cooperação federativa nas ações administrativas decorrentes do exercício da competência comum relativas à proteção das paisagens naturais

notáveis, proteção do meio ambiente e combate à poluição em qualquer de suas formas. Disponível em: <https://www.rio.rj.gov.br/dlstatic/10112/5063790/4186761/Res_CONEMA_42_12.pdf>. Acesso em: 5 de dezembro de 2021.

CONEMA - CONSELHO ESTADUAL DE MEIO AMBIENTE; Resolução nº 44, de 14 de dezembro de 2012. Dispõe sobre a obrigatoriedade da identificação de eventual contaminação ambiental do solo e das águas subterrâneas por agentes químicos, no processo de licenciamento ambiental. Estadual. Disponível em: https://www.inea.rj.gov.br/cs/groups/public/@inter_pres_aspres/documents/document/zwff/mda4/~edisp/inea_008835.pdf. Acesso em: 5 de dezembro de 2021.

COPAM - CONSELHO ESTADUAL DE POLÍTICA AMBIENTAL. Deliberação Normativa nº 116, de 27 de junho de 2008. Dispõe sobre a declaração de informações relativas à identificação de áreas suspeitas de contaminação e contaminadas por substâncias químicas no Estado de Minas Gerais. Diário do Executivo, Poder Executivo, Belo Horizonte, 28 jun. 2008. Disponível em: <<http://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=7974>>. Acesso em: 19 de novembro de 2021.

CPRM - COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINEIRAIS- Serviço Geológico do Brasil, 2006. Mapa Geológico da cidade de São Paulo. Disponível em: <https://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/upload/meio_ambiente/arquivos/eva_fabrica_dos%20_sonhos/figura_7_3_1_1.pdf>. Acesso em: 10 janeiro de 2022.

CRUMBLING, Deana M. Summary of Triad Approach. U.S. Environmental Protection Agency Office of Superfund Remediation and Technology Innovation: Superfund Triad Support Team. 2004. Disponível em: <<http://www.triadcentral.org/ref/doc/triadsummary.pdf>>. Acesso em: 28 out. 2021.

DAEE - DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA. Pesquisa de Dados dos Recursos Hídricos do Estado de São Paulo. DAEE, São Paulo, 2021. Disponível em: <<http://www.aplicacoes.daee.sp.gov.br/usosrec/fchweb.html>>. Acesso em: 7 de novembro de 2021.

DATAGEO - SISTEMA AMBIENTAL PAULISTA. Base Territorial Ambiental Unificada. DATAGEO; Infraestrutura de Dados Espaciais Ambientais do Estado de São Paulo — IDEA-SP, São Paulo, 2021. Disponível em: <<https://datageo.ambiente.sp.gov.br/>>. Acesso em: 12 de novembro de 2021.

FREITAS, M. S. Estratigrafia de alta resolução e geoquímica orgânica da Formação Tremembé, Terciário da Bacia de Taubaté, na região de Taubaté-Tremembé, São Paulo. 2007.

FUSP - Fundação de apoio à Universidade de São Paulo - Plano da Bacia do Alto Tietê, Sumário Executivo, Comitê da Bacia Hidrográfica do Alto Tietê, FUSP - Fundação de Apoio à Universidade de São Paulo FEHIDRO - Fundo Estadual de Recursos Hídricos, 2009. Disponível em: <https://sigrh.sp.gov.br/public/uploads/documents/7111/pat_sumario_executivo.pdf>. Acesso em: 19 de outubro de 2021.

GEOPORTAL - Multispectral Sistemas e Serviços Ltda. Memória Paulista, imagens aéreas de 1958 da região metropolitana de São Paulo. Disponível em: <<https://www.geoportal.com.br/memoriapaulista>>. Acesso em: 10 de janeiro de 2022.

LANGERGRABER, G.; MUELLECKER, E. Ecological Sanitation – a way to solve global sanitation problems? Environment International. Volume 31, Issue 3, April. 433-444 pp., 2005.

INEA - INSTITUTO ESTADUAL DO AMBIENTE. A preservação do Meio Ambiente do Estado do Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://www.inea.rj.gov.br>>. Acesso em: 30 nov. 2021.

IPT- INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS. Guia de elaboração de planos de intervenção para o Gerenciamento de áreas contaminadas. 1. ed. rev. São Paulo: IPT, 2014. Disponível em: <https://www.ipt.br/institucional/campanhas/48-guia_para_gestao_de_areas_contaminadas.htm>. Acesso em: 23 de setembro de 2021.

MINAS GERAIS. Conselho Estadual de Política Ambiental. Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH nº 02, de 08 de setembro de 2010. Institui o Programa Estadual de

Gestão de Áreas Contaminadas, que estabelece as diretrizes e procedimentos para a proteção da qualidade do solo e gerenciamento ambiental de áreas contaminadas por substâncias químicas. Publicado no Diário do Executivo- Minas Gerais em 16/09/2010. Disponível em: <http://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=14670>. Acesso em: 10 de dezembro de 2021.

NARA – Núcleo de Pesquisas em Avaliação de Riscos Ambientais – News in Risk. Nitratos e Nitritos. Vol. 1, nº 1, junho, 2014.

OLIVEIRA, A. O Bairro Multicultural de São Paulo — A História do Bom Retiro. São Paulo in Foco, São Paulo, 15 jun. 2016. Disponível em: <<https://www.saopauloinfoco.com.br/o-bom-retiro/>>. Acesso em: 10 de dezembro de 2021.

OLIVEIRA, S. M. A. C.; VON SPERLING, M. Potenciais Impactos de Sistemas Estáticos de Esgotamento Sanitário na Água Subterrânea — Revisão de literatura. Revista Brasileira de Recursos Hídricos (RBRH). Volume 16 n.4, 95-107. 2011.

PAYNE, F.C.; QUINNAN, J.A.; POTTER, S.T. Remediation Hydraulics. CRC Press, Boca Raton, 408 p.2008.

RICCOMINI, C. O Rift continental do sudeste do Brasil. São Paulo. 1989. 256p., anexos. Tese (Doutorado) – Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1989.

SÁNCHEZ, L.E. Desengenharia: O passivo ambiental na desativação de empreendimentos industriais. São Paulo: Edusp/Fapesp, 2001. 256 p.

SÃO PAULO (estado). Cadernos do Projeto Estratégico de Aquíferos –Número 1. São Paulo, 2009. Disponível em: <<http://www.igeologico.sp.gov.br/downloads/livros/Jurubatuba.pdf>>. Acesso em: 12 de dezembro de 2021.

SÃO PAULO (estado). Lei nº 13.577, de 8 de julho de 2009. Dispõe sobre diretrizes e procedimentos para a proteção da qualidade do solo e gerenciamento de áreas contaminadas, e

dá outras providências. Diário Oficial [do] Estado de São Paulo: seção I: Executivo, v. 119, n. 127, p. 1, 9 jul. 2009. Disponível em: <<http://dobuscadireta.imprensaoficial.com.br/default.aspx?DataPublicacao=20090709&Cadeerno=DOE-I&NumeroPagina=1>>. Acesso em: 12 de dezembro de 2021.

SÃO PAULO (município). Lei nº 4.805, de 29 de setembro de 1955. Dispõe sobre ruídos urbanos, localização e funcionamento de indústrias incômodas nocivas ou perigosas, e dá outras providências. Casa Civil do Gabinete do Prefeito, Prefeitura de São Paulo, Poder Executivo, São Paulo, 30 set. 1955. p. 43. Disponível em: <<http://legislacao.prefeitura.sp.gov.br/leis/lei-4805-de-29-de-setembro-de-1955/detalhe>>. Acesso em: 12 de dezembro de 2021.

SÃO PAULO (estado). Secretaria dos Negócios Metropolitanos; EMPRESA METROPOLITANA DE PLANEJAMENTO DAGRANDE SÃO PAULO. Atlas da Região Metropolitana de São Paulo: texto. São Paulo: EMPLASA, 1983.

SÃO PAULO (estado). Área de Proteção Ambiental. Várzea do Rio Tietê. Plano de Manejo. Secretaria de Estado do Meio Ambiente. Fundação Florestal, 2013. Disponível em: <http://arquivos.ambiente.sp.gov.br/consema/2014/01/1_Volume-Principal.pdf>

SEMPLA - SECRETARIA MUNICIPAL DE PLANEJAMENTO URBANO. O Uso do Solo. Prefeitura de São Paulo, Urbanismo e Licenciamento, São Paulo, 2021. Disponível em: <https://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/licenciamento/desenvolvimento_urbano/urbanismo/index.php?p=238135>. Acesso em: 09 de dezembro de 2021.

SIAGAS - SISTEMA DE INFORMAÇÕES DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS. Serviço Geológico do Brasil — CPRM, Brasília, 2021. Disponível em: <http://siagasweb.cprm.gov.br/layout/pesquisa_complexa.php>. Acesso em: 10 de dezembro de 2021.

SUTHERSAN, S.; QUINNAN, J.; WELTY, N. The New ROI: Return of investment by utilizing smart characterization methods. *Ground Water Monitoring and Remediation*, 35 (3): 25-33. 2015.

USACE - US ARMY CORPS OF ENGINEERS. Environmental Quality – Conceptual Site Models, 2012. Disponível em: <https://www.publications.usace.army.mil/portals/76/publications/engineermanuals/em_200-1-12.pdf>. Acesso em: 12 de outubro de 2021.

USEPA - UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. Comprehensive Environmental Response, Compensation and Liability Act — CERCLA. Superfund: CERCLA Overview, 4 jan. 2021. Disponível em: <<https://www.epa.gov/superfund/superfund-cercla-overview>>. Acesso em: 12 de setembro de 2021.

USEPA - UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. Environmental Cleanup Best Management Practices: Effective Use of the Project Life Cycle Conceptual Site Model. EPA 542-F-011, July 2011. Disponível em: <<https://www.epa.gov/sites/default/files/2015-04/documents/csm-life-cyclefact-sheet-final.pdf>>. Acesso em: 12 de setembro de 2021.

WHO - Guide to on-site sanitation. Part 1: Foundations of sanitary practice. World Health Organization, 1992.