

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

ESCOLA POLITÉCNICA

LIA CAROLINA VIOTTO NUNES

**Reintegração de Brownfields no cenário urbano:  
estudo de caso na zona sul de São Paulo-SP**

São Paulo

2022

**Reintegração de Brownfields no cenário urbano:  
estudo de caso na zona sul de São Paulo-SP**

**Versão Original**

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: Monica Stuermer

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

Nunes, Lia

Reintegração de Brownfields no cenário urbano: estudo de caso na zona sul de São Paulo-SP / L. Nunes -- São Paulo, 2022.  
32 p.

Monografia (MBA em 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.Contaminação Ambiental 2.Remediação do solo 3.Planejamento Ambiental 4.Planejamento Territorial Urbano I.Universidade de São Paulo. Escola Politécnica. Departamento de Engenharia Química II.t.

## **RESUMO**

Nunes, Lia. Reintegração de Brownfields no cenário urbano: estudo de caso na zona sul de São Paulo-SP. 2022. 28 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 discussão perante o gerenciamento de passivos ambientais sempre foi uma questão de alta relevância para os especialistas ambientais uma vez que a escassez dos recursos naturais compromete a preservação do planeta e afeta os seres humanos no tempo presente e as gerações futuras. No entanto, do ponto de vista econômico, esse assunto tem ganhado mais relevância nos dias atuais devido ao adensamento urbano e a falta de espaço nos grandes centros. Dessa forma, existe a necessidade do entendimento de melhores formas de se reintegrar áreas que contenham passivos ambientais ao cenário urbano. Essa pesquisa tem o intuito de apresentar um estudo de caso bem sucedido de reintegração de uma antiga área fabril com a presença de passivos ambientais. Para isso foi feita a análise do caso, onde foram levantados os principais estudos ambientais realizados na área pela empresa EBP Brasil Consultoria e Engenharia Ambiental (antiga Geoklock), que foi quem conduziu a investigação na época, entre o período de 1997 e 2010. Os principais estudos realizados na área foram as Investigações Preliminar e Confirmatória, Avaliação de Risco e etapas de remediação intercaladas com investigações complementares. O principal ponto levantado foi que à medida que as investigações avançaram e foram implantadas medidas de remediação, foi surgindo a necessidade de novas investigações devido a novos resultados encontrados. Isso é algo muito comum até os dias de hoje, o que muitas vezes encarece o projeto e estende o cronograma pela necessidade de identificação de fontes que justifiquem a presença de compostos em locais não investigados previamente. Esse ponto só reforça a necessidade da realização das etapas do diagnóstico de forma elaborada e profunda, para que não haja brechas nas etapas de remediação. Por fim, analisando todas as ações tomadas na área para o processo de gerenciamento da área contaminada, é possível dizer que as etapas seguidas neste processo foram bem desenvolvidas e são um exemplo a ser tomado na revitalização de brownfields.

Palavras-chave: Contaminação Ambiental. Remediação do solo. Planejamento Ambiental. Planejamento Territorial Urbano.

## **ABSTRACT**

Nunes, Lia. Brownfields reintegration in the urban scenario: a case study in the South zone of São Paulo-SP. 2022. 28 f. Monografia (MBA em Gestão de Áreas Contaminadas, Desenvolvimento Urbano Sustentável e Revitalização de Brownfields) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2022.

The discussion regarding the management of environmental liabilities has always been a matter of high relevance for environmental specialists since the scarcity of natural resources compromises the preservation of the planet and affects human beings in the present time and future generations. However, from an economic point of view, this issue has gained more relevance nowadays due to urban densification and lack of space in large centers. Thus, there is a need to understand better ways to reintegrate areas that contain environmental liabilities to the urban scenario. This research aims to present a successful case study of the reintegration of an old manufacturing area with the presence of environmental liabilities. For this purpose, a case analysis was carried out, in which it was taken in consideration the main environmental studies performed in the area by the company EBP Brasil Consultoria e Engenharia Ambiental (formerly Geoklock), which conducted the investigation at the time, between 1997 and 2010. The main studies carried out in the area were the Preliminary and Confirmatory Investigations, Risk Assessment and remediation steps interspersed with complementary investigations. The main point raised was that as the investigations progressed and remediation measures were implemented, the need for further investigations emerged due to new results found. This is something very common to this day, which often makes the project more expensive and extends the schedule due to the need to identify sources that justify the presence of compounds in places not previously investigated. This point only reinforces the need to carry out the diagnostic steps in an elaborate and profound way, so that there are no gaps in the remediation steps. Finally, analyzing all the actions taken, which followed the legal procedures of managing a contaminated area, it is possible to say that the steps followed in this process were well developed and are an example to be taken in the revitalization of brownfields.

Keywords: Environmental Contamination. Soil remediation. Environmental planning. Urban Territorial Planning.

## **SUMÁRIO**

1. INTRODUÇÃO
2. JUSTIFICATIVA
3. OBJETIVO
4. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA
  - Importância da reabilitação em áreas urbanas
  - Importância do incentivo financeiro e políticas públicas
5. MATERIAIS E MÉTODOS
6. ESTUDO DE CASO
  - 6.1 CONTEXTO FÍSICO E REGIONAL DA ÁREA DE ESTUDO
  - 6.2 CONTEXTO E HISTÓRICO DA ÁREA DE ESTUDO
    - Histórico da Área de estudo
    - Descrição do Processo Produtivo
    - Resíduos, Efluentes e Emissões Atmosféricas
7. SERVIÇOS EXECUTADOS
  - Avaliação Ambiental Preliminar - Fase I
  - Avaliação Ambiental da Área de Resíduos
  - Diagnóstico Ambiental - Fase II
  - Avaliação de Risco
  - Plano de Remoção de Solo - Fase I
  - Projeto de Remoção de Solo e Rebaixamento do Lençol Freático - Fase I
  - Projeto de Implantação da Estação de Tratamento de Águas Subterrâneas
  - Relatório Consolidado de Investigação, Remoção e Destino Final dos Solos Escavados - Fase I
  - Estudos Complementares - Amostragem de Água Subterrânea e Solo
  - Atualização da Avaliação de Risco
  - Plano de Remoção dos Solos - Fase II
  - Relatório Integrado
8. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS OBTIDOS
9. CONCLUSÕES
10. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

## 1. INTRODUÇÃO

A discussão perante o gerenciamento de passivos ambientais sempre foi uma questão de alta relevância para os especialistas ambientais uma vez que a degradação dos recursos naturais compromete a preservação do planeta e afeta os seres humanos no tempo presente e as gerações futuras. No entanto, do ponto de vista econômico, esse assunto tem ganhado mais relevância nos dias atuais devido ao adensamento urbano e a transição da população da vida rural para a vida urbana. A falta de espaço nos grandes centros urbanos tem aquecido cada dia mais o mercado imobiliário e valorizado cada espaço de terreno existente que esteja passivo a construções civis.

Esse mercado em crescimento encontrou, no entanto, um impasse em seu caminho a ser chamado neste trabalho de passivo ambiental. Esse conceito será utilizado aqui para tratar o acúmulo de danos ambientais que devem ser reparados a fim de que seja mantida a qualidade ambiental de um determinado lugar ( SANCHEZ, 2001).

Esse conceito tem dois vieses principais, o de acúmulo de danos ao ambiente e o de valor monetário. Os danos ambientais por muitas vezes não podem ser avaliados economicamente, eles tratam de perdas muitas vezes irreparáveis que afetam fauna e flora e nos deixam com uma escassez cada vez maior de recursos naturais. No entanto, para o viés financeiro, o passivo ambiental serve como uma forma de quantificar a reparação dos danos ambientais em determinado local a fim de possibilitar negociações e avaliações de viabilidade econômica de novos projetos, visando não a reparação total do dano, mas sim a minimização desse a níveis aceitáveis para que não haja risco em seu novo uso. Esse conceito passou a ter mais notoriedade recentemente, uma vez que o custo de reparação dos danos ambientais passou a ser levado em conta no preço de venda.

Com as mudanças estruturais na economia e a transição das grandes indústrias para as regiões adjacentes aos centros urbanos, as áreas que antes eram ocupadas por essas indústrias foram por muitas vezes abandonadas, gerando espaços vazios e subutilizados, denominados como *brownfields*. Esses espaços ociosos em meio ao cenário urbano passaram a gerar problemas sociais, econômicos e de segurança para a região em que se encontram, e foi a partir da necessidade de reintegração dessas áreas degradadas no mercado imobiliário que se passou a ter a valoração dos passivos ambientais (SANCHÉZ, 2004).

Apesar de todas as inviabilidades financeiras, os *brownfields* apresentam um grande potencial econômico, urbanístico e social, fazendo com que seja importante a sua reintegração no cenário urbano. Se a presença deste traz problemas na região em que se está inserido, as vantagens associadas à sua refuncionalização são uma oportunidade de criar novas potencialidades.

Nesse contexto, essa pesquisa vem com o intuito de apresentar um estudo de caso bem sucedido de reintegração de uma antiga área fabril com a presença de passivos ambientais, e que passou por todas as etapas do Gerenciamento de Áreas Contaminadas estabelecidas pelo órgão ambiental da região, a Cetesb (CETESB, 2001). Essa área foi pioneira na escala local e influenciou a região como um todo a uma mudança de uso, que se desenvolveu para ser hoje um dos maiores centros empresariais de São Paulo.

## **2. JUSTIFICATIVA**

A frequente mudança do uso e ocupação do solo nas diversas áreas das cidades ocasiona a geração de degradação ambiental consequentes das atividades desenvolvidas no local. Em muitos dos casos identifica-se a presença de riscos relacionados a esses passivos ambientais, que muitas vezes pelo alto custo de reparação, são abandonados. O abandono das áreas gera, além do risco à saúde humana, uma desvalorização imobiliária por desencadear violência, depredação, ocupação irregular, entre outros.

Dessa forma, existe a necessidade do entendimento de melhores formas de se reintegrar tais áreas ao cenário urbano, tais como o estudo de caso que será abordado no presente estudo.

## **3. OBJETIVOS**

O objetivo geral deste trabalho é de analisar a refuncionalização bem sucedida de um antigo brownfield pertencente a uma antiga indústria do ramo Agroindustrial localizada na zona Sul do município de São Paulo.

Para tal, pretende-se apresentar um descritivo das condições locais bem como as diversas etapas seguidas para a implantação e avaliação de um projeto de revitalização de mudança de uso da área.

Os objetivos específicos foram:

- (a) identificar e analisar algumas das etapas do processo de Investigação e Gerenciamento da área contaminada até a refuncionalização do brownfield em questão;
- (b) identificar os impedimentos encontrados ao longo do projeto e analisar as formas que se foram encontradas para contornar tais obstáculos;
- (c) levantar alternativas de parcerias e políticas públicas que incentivem e viabilizem mais casos como o apresentado;
- (d) apresentar os benefícios da refuncionalização de brownfields.

#### **4. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

##### **Importância da reabilitação em áreas urbanas**

Quando o assunto é debate acerca dos meios afetados pela poluição, historicamente as principais preocupações giravam-se acerca das águas superficiais e do ar atmosférico. Isso, de acordo com Marshall, 2014, se dá pelo fato de que o ser humano age por resposta ao emergencial e ao que está mais "visível". A percepção de risco do ser humano requer sinais físicos e visuais para mobilizar nosso senso instintivo de ameaça.

Com os principais rios cortando grandes cidades e a repercussão das emissões atmosféricas afetando a camada de ozônio, esses dois meios acabaram recebendo maior atenção e, consequentemente, foram alvos de políticas públicas desde a década de 40 em países como os Estados Unidos (SANCHEZ, 2001).

O fato é que levou-se anos até se perceber que em comparação às águas superficiais e ao ar atmosférico, a poluição dos solos e da água subterrânea são tão preocupantes quanto, ou por vezes até mais. Uma vez que o ar e a água superficial contam com fatores de atenuação e diluição devido à dispersão e a corrente constante, o solo e a água subterrânea são meios muito mais estáticos, com lento processo de alteração, com caráter cumulativo e baixa mobilidade dos poluentes. Além disso, as massas de solos contaminados podem representar uma fonte secundária de dispersão de poluentes no ar e nas águas, portanto não somente o impacto da poluição no próprio solo deve ser levado em conta, mas também seu potencial de contaminar outros meios.

De acordo com Lombardo (et. al., 2012), os solos e as águas subterrâneas de áreas contaminadas representam um risco à saúde pública por diversas razões, tais como o contato com as substâncias tóxicas pode se dar por contato dérmico, por ingestão ou por inalação de vapores ou do contaminante fixado a partículas sólidas. Os contaminantes que são transferidos para as águas subterrâneas podem ser captados por poços de abastecimento ou mesmo se infiltrar em redes de distribuição de água potável.

Conforme especifica Sanchez (2001), o grau de risco que o contaminante gerará à saúde humana está diretamente ligado ao tipo de uso do solo, assim como as características químicas do poluente, a litologia do solo e diversos parâmetros físicos e químicos que influenciam diretamente na mobilidade dos contaminantes. Enquanto o uso de solo para fins residenciais, recreativos e de uso agrícola requerem qualidade mais alta, pois a possibilidade de contato é maior, as áreas industriais e comerciais são menos exigentes. Vale ressaltar também que a remediação de uma área, independente do seu novo uso, requer somente que a toxicidade seja reduzida a níveis que não gerem riscos à saúde humana, e não aos padrões prévios à instalação da atividade poluidora.

Foi a partir do reconhecimento de que a qualidade do solo e das águas subterrâneas podem significar um risco para a saúde pública, uma vez que o ecossistema funciona em ciclos e, portanto, as substâncias poluentes circulam de um meio para o outro, incluindo organismos vivos, como os seres humanos, é que se passou-se a criar legislações sobre o assunto, e portanto a obrigação das empresas a se adequarem a nova responsabilidade social e ambiental.

A ocupação dos centros urbanos se caracterizou pela frequente mudança do uso e ocupação do solo nas diversas áreas das cidades, deixando para trás os passivos consequentes das atividades desenvolvidas no local. Um dos riscos mais comuns vêm de problemas em edificações construídas em áreas de antigas instalações industriais e aterros de depósitos irregulares de resíduos. Em muitos dos casos identifica-se a presença de biogás no local, o que pode causar risco de explosão, intoxicação e/ou asfixia (BEZERRA, 2015).

No Brasil, um dos primeiros casos de contaminação de solos que teve grande repercussão ocorreu nos anos de 1980, no município de Cubatão, quando foram descobertos depósitos de resíduos organoclorados, provenientes de uma indústria de defensivos agrícolas, que foram adquiridos por uma empresa que herdou o passivo ambiental na compra do terreno (GRANZIERA, 2011). Nessa mesma época, foi implantada a Política Nacional do Meio Ambiente no Brasil, sendo essa a primeira lei ambiental de maior impacto para as indústrias da época, pois essa lei trouxe importantes imposições para a responsabilização dos poluidores.

Além de ter levantado a atenção aos riscos associados aos contaminantes, esse caso, e os demais da época, trouxeram a perspectiva de um outro aspecto de grande relevância para os novos ocupantes de áreas com passivos, o aspecto financeiro. O fato dessa empresa específica ter adquirido um terreno com um passivo ambiental rendeu um prejuízo de cerca de US\$ 60 milhões de dólares até 1994 (SANCHEZ, 2001), sendo que o caso ainda não foi encerrado até os dias de hoje.

O alto custo relacionado ao fechamento, desmontagem, demolição, desativação das indústrias e de recuperação do solo e da água subterrânea contaminados leva ao abandono desses sites, gerando então um problema de gestão urbana. Uma vez que as áreas ficam ociosas elas criam problemas por desvalorizarem os imóveis no entorno, deteriorarem a imagem da cidade perante a investidores e opinião pública, e favorecerem a disposição irregular de resíduos e ocupação clandestina dos terrenos (MOERI, et. al., 2004), como é possível ver na Figura 1, um exemplo de brownfield em meio ao cenário urbano em São Francisco.

Figura 1 - Brownfield na área metropolitana de São Francisco, EUA.



Fonte: ca.gov

De acordo com Moeri (et. al., 2004) para auxiliar nessa dificuldade que muitas empresas encontram em direcionar recursos para que essas áreas voltem a ser parte integrante do tecido

urbano das cidades, é necessário que sejam definidas políticas públicas de gestão que proporcionem a divisão de custos entre o poder público e os agentes responsáveis pela contaminação. Para ele, é claro que a aproximação entre o setor público e a iniciativa privada é fundamental para a revitalização de *brownfields* no Brasil, assim como acontece em países como Estados Unidos, Alemanha e Suíça, conforme será melhor explicado no item a seguir.

### **Importância do incentivo financeiro e políticas públicas**

É de consenso de pesquisadores e das autoridades a importância de promover o desenvolvimento urbano de áreas ociosas e degradadas uma vez que essas causam não apenas danos ambientais, mas também danos no âmbito econômico e social. No entanto, esse consenso não se reflete nas ações tomadas pelas políticas públicas, uma vez que o cenário evidenciado nas metrópoles é o de grande procura imobiliária por territórios novos e adjacentes aos grandes centros, ampliando cada vez mais a mancha urbana. Esse efeito de migração das indústrias e centros comerciais ocasiona na segregação dos diferentes usos de solo, gerando para a população a dificuldade de locomoção e de moradia, onde cada vez mais essas áreas adjacentes, antes propensas a moradia devido ao baixo custo, hoje estão inflacionadas devido a alta procura de empresas (SANCHÉZ, 2004).

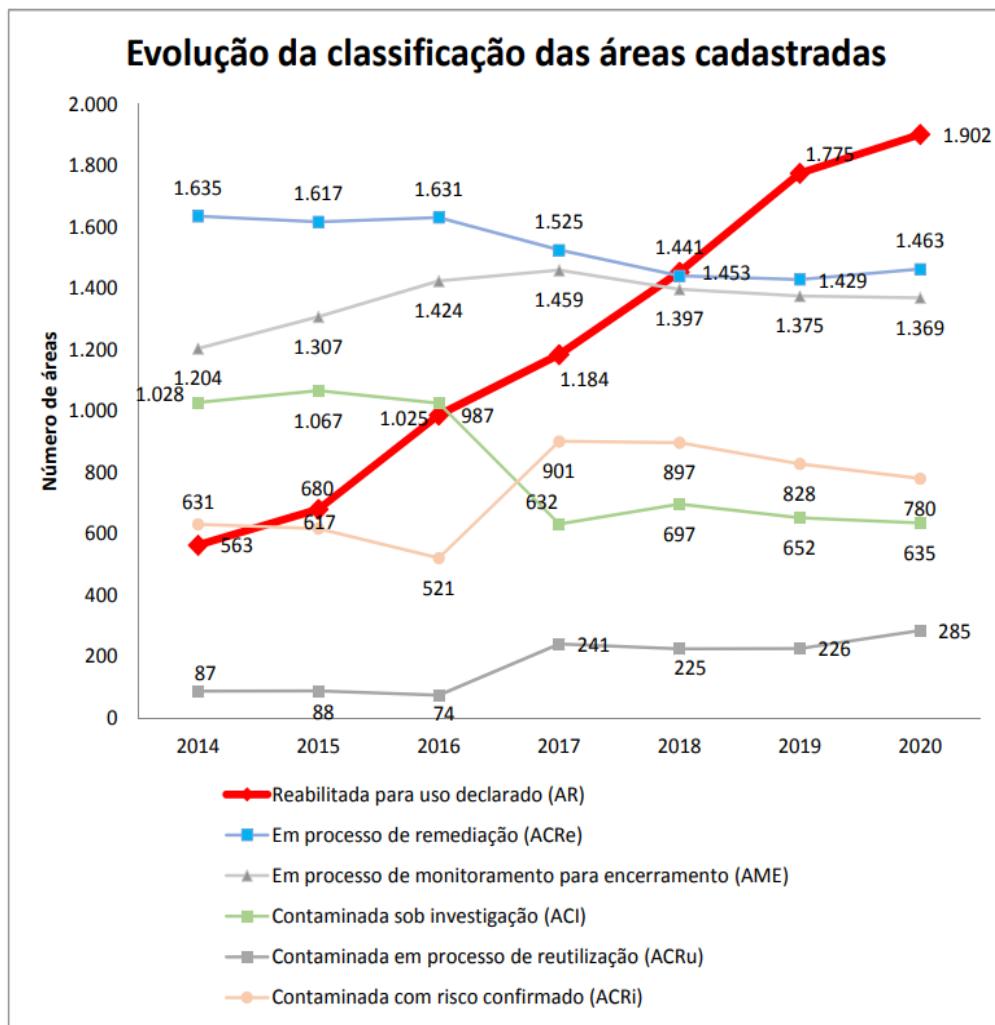
A falta de conhecimento de onde estão presentes essas áreas degradadas, ou mesmo a falta de um levantamento de possíveis empreendimentos mais suscetíveis a esse tipo de degradação, impede a atuação do poder público de tomar medidas preventivas e proativas, limitando suas ações a respostas reativas e muitas vezes emergenciais. Tais ações, além de envolverem um risco muito maior, envolvem diferentes esferas do âmbito jurídico, gerando diversos processos burocráticos, além de requererem um desembolso financeiro muito maior .

Em países em desenvolvimento, como o Brasil, a questão fica ainda mais preocupante que em países desenvolvidos. A falta de políticas públicas com relação à contaminação do solo e da água subterrânea gera uma preocupação ainda maior devido a maior desigualdade socioeconômica da população nesses países. Por se tratarem de pessoas em situações de maior vulnerabilidade, elas se encontram mais expostas aos riscos, como é o caso de ocupações irregulares de terrenos vazios pela população de baixa renda (BEZERRA, 2015).

No estado de São Paulo, tendo em vista essa preocupação, a Companhia Ambiental do Estado de São Paulo – CETESB, desde 2002, desenvolve um amplo projeto de levantamento de áreas contaminadas. Anualmente esta listagem das áreas contaminadas é divulgada, e com o passar dos anos verifica-se que a evolução do número de áreas cadastradas no estado é crescente.

Conforme o texto explicativo anexado junto a lista das áreas, com sua última publicação em 2020, o crescimento do número de Áreas Reabilitadas (1.902) teve um aumento de 7% em relação ao registrado em dezembro de 2019 (1.775) (CETESB, 2020). O gráfico apresentado na Figura 2 mostra o crescimento do registro de áreas desde 2014.

Figura 2. - Evolução da classificação das áreas cadastradas



Fonte: Cetesb, 2020.

De acordo com esse levantamento, as principais atividades potencialmente contaminadoras são: postos de combustível, industriais, resíduos e acidentes, agricultura ou causa desconhecida. A listagem divulgada em dezembro de 2020 apresenta 4.532 áreas contaminadas no estado de São Paulo, nos diferentes estágios de investigação e/ou remediação, sendo que os postos de combustíveis representam 70% e as indústrias cerca de 20% das áreas contaminadas do estado.

Tendo essa tendência em vista, além do levantamento de áreas já conhecidamente contaminadas, é feito também um levantamento de atividades potencialmente contaminadoras.

Com o foco principal nas atividades citadas acima, é feito um levantamento de empresas conforme a Classificação Nacional de Atividade Econômica (Cnae), e de acordo com a sua classificação ela pode ser considerada como potencialmente poluidora. A partir disso, o órgão ambiental pode passar a exigir dela um estudo de investigação em suas áreas de atuação de forma a agir preventivamente, identificando essas possíveis áreas antes de chegar em um momento crítico. Essas ações de identificação das áreas é de extrema importância pois direciona as instituições governamentais para onde destinar os esforços.

Na Alemanha, por exemplo, foi estabelecida uma Lei Federal sobre Ordenamento Territorial-Regional, que estabelece as diretrizes para um desenvolvimento espacial sustentável. Ela ordena que os estados criem programas de planejamento de uso do solo, e estabelece ainda normas específicas que priorizam a recuperação produtiva do solo urbano e o uso de áreas anteriormente ocupadas e abandonadas. Cabe então a cada estado criar estratégias de acordo com as suas condições regionais a fim de garantir o desenvolvimento urbano e sustentável e o uso socialmente justo do solo (SANCHEZ, 2001).

Nos Estados Unidos, a identificação de locais contaminados é um dos principais objetivos do governo com relação ao gerenciamento de áreas contaminadas. Nesse intuito, foi criado em 1980 o programa Superfund, um programa administrado pelo órgão ambiental americano (Environmental Protect Agency - EPA), onde além do inventário das áreas, o programa gera uma classificação dos sites segundo riscos ambientais, estabelecendo um critério de prioridade para alocar os investimentos de remediação.

Uma das consequências desse programa foi tornar obrigatório que as transações imobiliárias que envolvessem antigas áreas industriais ou terrenos potencialmente contaminados sejam avaliadas quanto ao uso atual e passado e explicitado contratualmente que foi feito um levantamento ambiental previamente à compra, o que exime o atual proprietário do terreno de responsabilidades perante aos danos ambientais encontrados posteriormente. Isso gerou uma alta na demanda dos serviços que conhecemos atualmente como “Due Diligence”, um estudo prévio à aquisição de um terreno, de forma a identificar a possível presença de um passivo já existente, e eximindo o comprador de responsabilidades futuras perante aquilo.

Tal ação permite que um comprador, que por vezes descarta a possibilidade de adquirir um terreno com um histórico de atividade industrial devido ao alto investimento financeiro para uma possível remediação de um passivo, leve em consideração adquirir tal terreno com base em uma negociação, visto que este está precavido quanto a gastos de recuperação desse terreno, o que nos leva ao objetivo em questão, de reinserir áreas ociosas do cenário imobiliário.

## 5. MATERIAIS E MÉTODOS

Para a realização desse trabalho será feito um estudo de caso, onde serão levantados os principais estudos ambientais realizados na área pela empresa EBP Brasil Consultoria e Engenharia Ambiental (antiga Geoklock), que foi quem conduziu a investigação na época, entre o período de 1997 e 2010. A empresa não será identificada e, portanto, não serão apresentadas fotos da área ou plantas com a localização e especificações da área.

A investigação foi bastante vasta, tendo sido feita pelos métodos estabelecidos pelo órgão ambiental da região (CETESB, 2001), abrangendo o estudo de Avaliação Ambiental Preliminar, Avaliação Ambiental Confirmatória, Avaliação de Risco, Investigações Complementares, Plano de Remediação, Relatórios de Acompanhamento, Monitoramento Ambiental, Projeção Futura do Passivo Ambiental e Boletim Técnico de Encerramento.

Parte das informações a serem citadas neste estudo são sigilosas e, portanto, algumas fontes de referência serão semi-informadas.

## 6. ESTUDO DE CASO

### 6.1 CONTEXTO FÍSICO REGIONAL DA ÁREA DE ESTUDO

A área analisada neste estudo fica localizada no município de São Paulo, na região sul.

Quanto ao relevo, a região onde se localiza o objeto de estudo está situada geomorfologicamente no Planalto de São Paulo e localmente a área encontra-se na planície fluvial do rio que passa a cerca de 50 metros do site. O terreno original era alagadiço e necessitou ser drenado para a instalação do empreendimento.

Quanto à pedologia, no contexto regional, a área de estudo encontrava-se originalmente no domínio de latossolos. Porém, localmente, o site se encontra em área de mancha urbana, com solo bastante alterado, não apresentando mais as características dos latossolos originais.

Quanto à geologia, a região é uma área de depósitos aluvionares que está sobre sedimentos areno-argilosos inconsolidados de origem aluvial. Este tipo de formação é composta por areias, cascalhos, siltes, argilas e constituintes de depósitos resultantes dos processos de erosão, transporte e deposição de rios (CPRM, 2017). Dados de sondagens feitas na área mostraram que a profundidade da rocha sã se encontra entre 20 e 40 metros.

Por fim, quanto à hidrogeologia, essa região encontra-se sobre o Aquífero São Paulo que é constituído por rochas sedimentares. Em aquíferos granulares, formados por sedimentos, a água

circula predominantemente pelos espaços existentes entre os grãos que constituem tais materiais, conhecidos como poros, o que fez com que esses aquíferos sejam conhecidos também por aquíferos porosos (CPRM, 2017). O nível d'água natural na região era de aproximadamente 2 metros. No entanto, com o grande número de obras com aproveitamento do subsolo na região, houve a necessidade de rebaixamento do lençol, sendo que durante os estudos na área o nível d'água foi mantido em aproximadamente 4 metros, por bombeamento (CSD-Geoklock, 1998).

## **6.2 CONTEXTO E HISTÓRICO DA ÁREA DE ESTUDO**

### **Histórico da Área de Estudo**

O terreno da área de estudo foi utilizado primeiramente por uma indústria de agroquímicos a partir da década de 70, ocupando aproximadamente 50.000 m<sup>2</sup>. Na época, a região em que se instalou o empreendimento era uma zona industrial, com a presença de apenas algumas residências no entorno. Com o tempo, a região foi se tornando altamente povoada, com a chegada não somente de residências, mas também de centros comerciais (CSD-Geoklock, 1997).

Operava na área a produção de inseticidas e herbicidas que não apresentou modificações significativas até o início dos anos 90, quando houve a desativação da unidade de formulação de inseticidas líquidos. Próximo aos anos 2000 iniciou-se a desativação do site, que posteriormente teve suas instalações demolidas e o terreno vendido.

Na época em que se iniciaram as investigações na área, no início da década de 90, aquela unidade fabril abrigava os processos de formulação e destinação dos produtos, sendo esses inseticidas em pó e herbicidas em pó, líquido e em suspensão concentrada.

Os primeiros estudos feitos na área consistiram em amostragem de solo e água subterrânea em seis pontos da fábrica, tendo sido detectada contaminação por compostos associados ao processo produtivo em alguns pontos, o que levantou a necessidade de uma investigação mais completa na área (CSD-Geoklock, 1997).

### **Descrição do Processo Produtivo**

A produção dos Herbicidas em pó era um processo de mistura e moagem, onde ocorria a formulação e a embalagem do produto. A geração de efluentes desse setor era proveniente das

lavagens de piso e de equipamentos de processo. Os efluentes eram entamborados e destinados à incineração.

Já a produção de herbicidas líquidos era realizada em reatores de mistura para posterior embalagem por enchimento automático. Os eventuais produtos derramados eram aspirados e reaproveitados no processo de formulação. Os efluentes gerados por esse setor também eram provenientes da lavagem de piso, tendo o mesmo destino de incineração.

O setor de produção dos herbicidas de Suspensão Concentrada também contava com os processos de formulação e embalagem. Nesse caso, além da lavagem do piso, também era utilizada água no processo produtivo, mas nessa unidade o efluente era direcionado a tanques de armazenamento onde ocorria a sedimentação dos sólidos em suspensão (CSD-Geoklock, 1997).

Os tanques utilizados para o armazenamento do efluente passavam por constante limpeza para remoção da borra, que por sua vez era entamborada e encaminhada para incineração.

A produção de inseticidas em pó se dava pelas etapas de formulação e embalagem também. A geração de efluentes desse setor era proveniente da lavagem do piso, assim como as demais, destinados à incineração.

A produção de inseticidas líquidos, que teve seu funcionamento desativado previamente aos demais, possuía o processo bastante similar ao de herbicidas líquidos, com a utilização de reatores de mistura e enchimento automático. Os efluentes gerados por esse setor, no entanto, eram a maior fonte de geração de efluentes da fábrica, que possuía o mesmo destino dos demais, ou seja, incineração (CSD-Geoklock, 1997).

### **Resíduos, Efluentes e Emissões Atmosféricas**

Os resíduos industriais gerados na linha de produção eram em grande parte provenientes da formulação dos herbicidas de Suspensão Concentrada, que por sua vez eram constituídos por alguns tipos de herbicidas que ficam remanescentes no peneiramento para remoção de impurezas do produto acabado, bem como as borras sedimentadas dos tanques. Esse mesmo processo também gerava resíduos de big bags contaminados, que ficavam armazenados no galpão até que fosse feita sua retirada. Todos esses resíduos eram classificados com Classe I (perigosos), possuíam CADRI e eram encaminhados para incineração (CSD-Geoklock, 1997).

Quanto ao lodo gerado pela ETE, proveniente do processo de decantação, era realizado uma coleta anual do mesmo, cujo destino também era incineração.

A fábrica gerava três tipos de efluentes líquidos, conforme descritos a seguir:

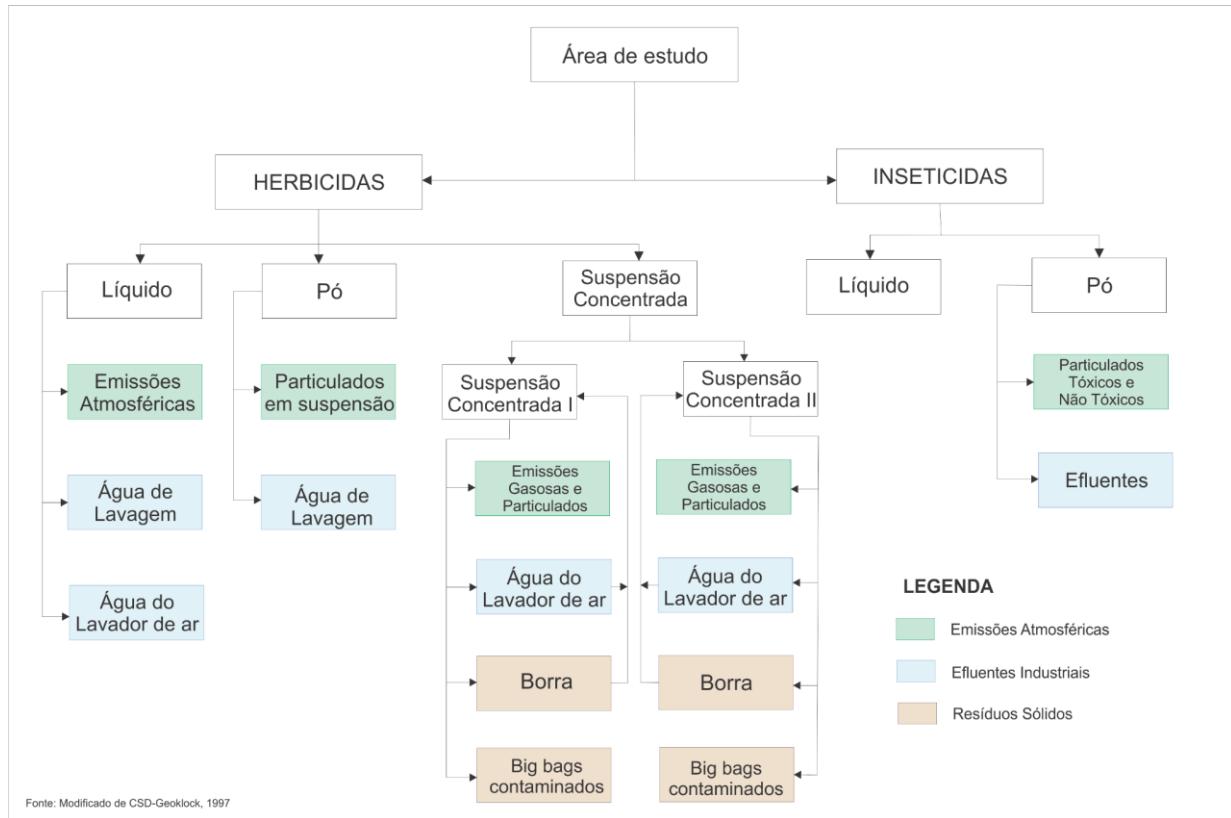
- Efluente Sanitário: proveniente de usos domésticos e coletados por um sistema independente de encaminhamento que conduzia a uma fossa séptica e posteriormente para uma Estação de Tratamento Biológico. Após tratamento o efluente era descartado no rio mais próximo;
- Efluente Industrial: O efluente industrial gerado na fábrica era constituído de emulsão com concentração de substâncias orgânicas, sendo seus principais componentes solventes aromáticos, tenso ativos, inseticidas e herbicidas. Este, até meados do início dos anos 90, era encaminhado para os tanques de armazenamento, diluídos, neutralizados o pH e direcionados para a estação de tratamento biológico. Após a desativação de uma parte da produção, a geração de efluentes diminuiu substancialmente, e o pouco efluente gerado a partir de então passou a ser entamborado e encaminhado para incineração;
- Águas Pluviais: a captação de água pluvial era feita por canaletas e encaminhada para o sistema público de coleta. No caso de derramamento de produtos na fábrica, onde havia a contaminação dessa água, ela era direcionada para uma caixa de contenção e desta era encaminhada para incineração.

A fábrica não possuía captação de água subterrânea por meio de poços tubulares, e todo o abastecimento era fornecido pela SABESP. Do total de água consumida, 40% era incorporada no produto final ou destinada a incineração e 60% era destinado para a estação de tratamento.

Quanto às emissões atmosféricas, a fábrica possuía torres com chaminés que emitiam os efluentes gasosos para a atmosfera. Todos os setores de produção da fábrica possuíam linhas de exaustão direcionadas a filtros manga para remoção de particulados, sendo que algumas linhas contavam ainda com lavadores de gases em seus setores de embalagem, por serem produtos com alta geração de particulados em suspensão. A empresa realizava também um controle periódico das condições atmosféricas no ambiente de trabalho dos funcionários.

O diagrama de blocos dos processos de geração de resíduos sólidos, líquidos e gasosos é mostrado na Figura 3, apresentando a origem de cada um destes conforme o processo produtivo.

Figura 3. - Unidades de Produção e respectivos resíduos gerados



Fonte: CSD-Geoklock, 1997.

## 7. SERVIÇOS EXECUTADOS

### Avaliação Ambiental Preliminar

Em no final da década de 90 foram iniciados os serviços de investigação na área através de uma Auditoria Ambiental - Fase I, com o objetivo de identificar e quantificar os pontos de desconformidade em relação à legislação ambiental vigente na época e à existência de passivos ambientais, nas quais teve-se o julgamento da necessidade de intervenções de eliminação da fonte ou remediação. No caso dos passivos, esses foram classificados em existentes e potenciais.

O estudo concluiu que existiam 11 focos potenciais de contaminação com relação ao solo e a água subterrânea, que são listadas a seguir:

1. Linhas de Encaminhamento de Efluentes: Era constituída de tubulações subterrâneas com linhas interligadas de efluentes sanitários e industriais, que abrangiam toda a área da planta. Apesar da rede ter sido desativada para o transporte de efluentes industriais, no relatório foi constatado que durante a auditoria foi possível visualizar o aporte de efluente

proveniente das lavagens sendo carreado para essas canaletas. Além disso, no passado havia sido constatada a utilização dessa tubulação para todos os tipos de efluentes líquidos sem discriminação entre suas fontes;

2. Área dos Compressores: Neste local foram observadas manchas de óleo no solo durante a auditoria, provenientes da drenagem dos compressores. A princípio o óleo da descompressão era drenado para uma caixa enterrada onde permanecia até o acúmulo suficiente para que fosse destinado para incineração;
3. Setor de Herbicidas e Suspensão Concentrada: unidade onde eram formulados os herbicidas de suspensão concentrada, onde o efluente gerado da lavagem era encaminhado por canaletas para os tanques de armazenamento;
4. Setor de Herbicidas Líquidos: ocorria nesse setor a formulação de herbicidas líquidos a partir da mistura de matéria prima com os princípios ativos. Durante a auditoria foram evidenciadas manchas no piso e o vazamento de algumas válvulas de encaminhamento do produto;
5. Setor de Inseticidas Líquidos: esse setor foi desativado no início da década de 90, porém por se tratar de um processo com grande quantidade de produtos sendo manuseados no passado, foi considerado pela empresa como um potencial de contaminação. Além disso, foi reportado um acidente nesse local com o derramamento de produtos não identificados;
6. Bacia de Tanques: área de tancagem de óleos minerais e óleo de soja. No passado serviu como armazenamento de solventes aromáticos. Apesar de possuir canaleta de contenção, foi constatado na época que alguns espaços próximos ao local eram desprovidos de impermeabilização;
7. Antiga área da Caldeira: na época em que foi realizada a auditoria, era um jardim que no passado ocupava a área de caldeiras. A área foi classificada pela possibilidade de contaminação por óleo combustível BPF que era utilizado no passado;
8. Área de armazenamento de resíduos entamborados: essa era uma área de armazenamento provisório de resíduos, provido (na época da auditoria) de piso de concreto e cobertura. Era provido também de uma caixa de coleta subterrânea, a qual recebia também efluentes da lavagem de algumas embalagens armazenadas no local no passado. Foi constatado ainda que no início da década de 90 essa área era utilizada para envase de inseticidas líquidos;
9. Tanque de armazenamento de efluentes: tratava-se de uma caixa aérea coletora concretada. Durante um tempo essa caixa foi utilizada como caixa pulmão dos efluentes industriais gerados nos setores de herbicidas e inseticidas.

10. Estação de tratamento biológico: a estação era provida de duas caixas principais, de armazenamento de efluentes no início do processo, e de armazenamento do efluente tratado. Ambas as caixas eram desprovidas de piso impermeabilizado;
11. Setor banho-maria: tanques em alvenaria onde ocorria o aquecimento de tambores de matéria-prima em banho-maria. Foi constatado que no passado ocorreu um acidente gerando um derramamento de produto.

Juntamente com a Avaliação Preliminar ocorria uma investigação confirmatória complementar especificamente na área de armazenamento de resíduos entamborados. Esse trabalho consistiu na execução de sondagens para amostragem de solo e medição in situ de VOCs. Os dados obtidos até o momento da Avaliação Preliminar mostraram que o solo encontrava-se contaminado com pesticidas organonitrogenados e organoclorados até uma profundidade média de 3,5 metros, com o foco principal na região onde ocorria o envase dos inseticidas líquidos.

Além dessa investigação, a empresa realizou por conta própria uma investigação da qualidade do solo da área. Em uma primeira campanha foram executados furos até 2 metros de profundidade com a análise de amostras de solo coletadas. Já em uma investigação posterior foram realizados 6 furos de até 60 cm, com a coleta de amostras a cada 20 cm. Os resultados apresentaram concentrações bastante elevadas de pesticidas organonitrogenados.

A partir disso, foi recomendado que a empresa fizesse um detalhamento da investigação a fim de identificar a extensão do problema e as fontes que estariam originando tal contaminação. Essa investigação detalhada foi proposta com as seguintes etapas:

- Avaliação do solo: foi proposto nessa etapa uma varredura da área com avaliação geoquímica superficial, a fim de identificar as principais áreas de interesse e assim otimizar a investigação vertical das áreas contaminadas;
- Avaliação da água subterrânea: os resultados da avaliação superficial do solo também serviram de indicador dos melhores pontos para alocação dos poços de monitoramento, a fim de delimitar a pluma de contaminação;
- Definição da metodologia de remediação: discussão das possíveis alternativas de remediação da área.

## Avaliação Ambiental da Área de Resíduos

Após a Avaliação Preliminar, foi executada uma investigação detalhada na área de armazenamento de resíduos entamborados. Foram realizadas 11 sondagens, com a profundidade média de 4m, que foram aprofundadas conforme as leituras de VOC realizadas *in situ*, sendo que o nível d'água se encontrava em aproximadamente 3,5 m. Foi constatada em todas as amostras a presença de pesticidas organonitrogenados e organoclorados, como DDDs, DDEs e DDTs.

A partir desses resultados concluiu-se que era bastante provável a contaminação estar ultrapassando os limites da área de resíduos, indo em direção a área de tancagem de efluentes, o que mostrou que a contaminação podia estar também associada a infiltrações advindas das redes de drenagem de efluentes.

Com base nisso foi recomendada a realização da investigação completa que havia sido proposta na Fase I, uma vez que os limites dessa contaminação eram desconhecidos.

## Diagnóstico Ambiental - Fase II

Posteriormente foi realizado um estudo de investigação que visou caracterizar a área no que se referia a existência de alteração da qualidade do solo e da água subterrânea proveniente das atividades desenvolvidas naquele local.

Para tal estudo, foram instalados 7 poços de monitoramento com o objetivo de obter dados sobre as condições de fluxo subterrâneo e da qualidade da água. Dessa forma, foram realizados serviços de instalação, desenvolvimento dos poços, ensaios de permeabilidade, levantamento topográfico e amostragem de água conforme a norma. Cada poço foi locado próximo as principais fontes identificadas na Avaliação Preliminar.

Para avaliação do solo foram realizadas sondagens com descrição litológica, observação de alteração da qualidade e medição de compostos voláteis *in situ*. As profundidades e os pontos amostrados foram guiados pelos resultados das medições de VOC.

Os ensaios realizados nos poços de monitoramento instalados mostraram uma alta condutividade hidráulica, na ordem de  $10^{-3}$  cm/s, o que é condizente com a litologia de Alúvio presente na área, sendo que a velocidade de fluxo da água obtida foi da ordem de 50 metros por ano.

A direção do fluxo subterrâneo, no entanto, foi uma surpresa neste relatório. Era de se esperar que o fluxo seguisse em direção ao corpo hídrico mais próximo, localizado a oeste do site. Porém, o que não se sabia até aquele momento, era que o fluxo estava sofrendo uma

influência do sistema de rebaixamento do lençol freático que estava em operação na área vizinha, localizada imediatamente a oeste. Dessa forma, o mapa potenciométrico deste site sofreu uma interferência, e passou a ter um formato mais radial, saindo do sul e indo para a direção norte, noroeste (rio) e nordeste (vizinho).

Os principais compostos encontrados em água subterrânea em concentrações relevantes foram alguns pesticidas organonitrogenados, pesticidas organoclorados e compostos orgânicos voláteis (VOCs), sendo que o principal poço com concentrações presentes foi o PM-04, localizado próximo a antiga área de Inseticidas Líquidos. No geral os principais resultados estavam concentrados na região sul do terreno, a montante do fluxo subterrâneo.

No solo foram encontradas evidências dos mesmos pesticidas encontrados na água, principalmente nas sondagens localizadas próximas a área de produção de herbicidas líquidos e da Estação de Tratamento Biológico, sendo que todas apresentaram algum indício dos compostos pesticidas organoclorados.

O relatório concluiu que esses foram indicativos de alterações relevantes ao ambiente e que, embora localizadas, poderiam representar restrições aos usos futuros, com a provável necessidade de implantação de medidas de recuperação ambiental. Além disso, dada a distribuição dos compostos encontrados em solo, além do processo produtivo, a contaminação foi associada a linha de transporte de efluentes líquidos domésticos e industriais como fontes.

## Avaliação de Risco

Em função da desativação do site em meados de 1999 e dos resultados identificados nos estudos anteriores, foi realizada uma Avaliação de Risco seguindo o guia OSHA-EPA, elaborado pelo órgão ambiental americano que determina os controles apropriados dos riscos relacionados à saúde e segurança.

Por não se saber o uso futuro na época da desativação, foi considerado apenas o uso do solo naquele presente momento para a determinação dos receptores de interesse. Esses foram: os trabalhadores da obra no site, trabalhadores dos comércios existentes na vizinhança (visto que nessa época já estava se iniciando uma tendência de mudança de um cenário industrial para comercial e residencial na região) e frequentadores das proximidades.

Os principais caminhos de exposição identificados foram:

- Trabalhadores do site: ingestão de solo, contato dermal com o solo e água subterrânea e inalação de vapores e material particulado em ambiente externo;

- Trabalhadores dos comércios e frequentadores da região: Inalação de vapores provenientes da água subterrânea em ambientes fechados e inalação de particulados provenientes da demolição.

Ao comparar os valores obtidos para solo nas investigações anteriores com os padrões de qualidade norte-americanos, foi observado que nenhum composto apareceu em concentrações superiores aos limites para o uso comercial e industrial, portanto concluiu-se que o solo do local não requeria uma remediação extensiva que abrangesse o site por completo.

Para água subterrânea, praticamente todos os compostos de interesse apresentaram concentrações acima da referência americana de potabilidade. O poço PM-04 foi o que apresentou maiores concentrações e os compostos pesticidas organonitrogenados foram encontrados em todos os poços com concentrações acima dos limites em questão.

Como não se conhecia o uso futuro da área, optou-se pela utilização do padrão de referência de potabilidade americano, mais conservativo, considerando a ingestão da água subterrânea.

Foram levantadas três principais áreas de interesse: a área de tancagem, a área do tanque de sedimentação, a ETE biológica e a área de produção de herbicidas líquidos. Além disso, o PM-04 foi o ponto que apresentou maiores concentrações, e estava localizado próximo à área do depósito de resíduos.

Como a ingestão da água era um cenário pouco provável, e o contato com o solo e a inalação de particulado poderia ser evitado com o uso de EPIs, concluiu-se que o cenário identificado na época não apresentava risco aos receptores potenciais.

## **Plano de Remoção de Solo**

Após a avaliação de risco foi feita a venda do terreno para um conjunto imobiliário e, portanto, foi-se definido o uso futuro da área que seria a construção de um prédio que abrigaria escritórios comerciais. Dessa forma, os limites utilizados na avaliação de risco atendiam à nova demanda, porém com os resultados apresentados viu-se a necessidade de uma intervenção para que o novo empreendimento pudesse se instalar.

Para isso, no final de 2001, foi realizado um plano de remoção de solo. Os trabalhos executados nessa etapa tiveram por objetivo subsidiar a implantação de uma parede diafragma que circundava todo o terreno, de forma a manter o rebaixamento do nível d'água.

Nesta primeira etapa foram executadas sondagens ao longo da linha de implantação da parede diafragma, distanciadas em 20 metros. A partir de cada uma destas sondagens foram

coletadas 2 amostras de solo, sendo a primeira no horizonte de aterro e, a segunda, no sedimento aluvionar silto-arenoso.

Em seis pontos, as sondagens avançaram até 10 metros de profundidade, onde foram coletadas amostras de solo nos horizontes arenoso e de solo de alteração de rocha.

Os resultados analíticos apontaram concentrações de xilenos em valores superiores ao valor de intervenção da CETESB em somente 01 das 18 amostras de solo coletadas. Já nas águas subterrâneas foram detectados pesticidas organonitrogenados e compostos orgânicos voláteis (VOC), porém em concentrações inferiores aos padrões de referência existentes (CETESB).

Em função da necessidade de remoção dos solos e rebaixamento do lençol freático, bem como da definição de locais para o destino final e/ou descarte destas matrizes, também foram estabelecidos critérios de classificação para os solos e águas subterrâneas, uma vez que, à época, não existiam padrões de referência nacionais aplicáveis ao caso.

Neste trabalho também foram apresentadas medidas de proteção aos trabalhadores, bem como as atividades a serem desenvolvidas durante as operações de remoção e destinação final dos solos na área da parede diafragma.

### **Projeto de Remoção de Solo e Rebaixamento do Lençol Freático**

Os serviços realizados neste projeto tinham por objetivo subsidiar as obras de implantação da primeira etapa, denominada como Fase I. Esta etapa contemplou a escavação da porção nordeste do terreno até a profundidade de 10 metros.

Para isso, foram executadas mais sondagens em uma malha regular de 20 x 20 metros. Em cada uma destas sondagens foram coletadas 2 amostras de solo, sendo a primeira no horizonte de aterro e, a segunda, no sedimento aluvionar silto-arenoso. Em cinco pontos as sondagens avançaram até 10 metros de profundidade, onde foram coletadas amostras de solo nos horizontes arenoso e de solo de alteração de rocha.

De acordo com os resultados analíticos nenhuma das amostras de solo e amostras de água subterrânea coletadas apresentou concentrações de pesticidas organonitrogenados e compostos orgânicos voláteis (VOC) superiores aos limites utilizados..

A partir das informações obtidas através das sondagens efetuadas ao longo da linha de implantação da parede diafragma e da malha regular 20 x 20 metros foi gerado um modelo geoquímico para a área.

Este modelo consistiu em um agrupamento de blocos tridimensionais que permitiu determinar as porções de solo impactadas através da interpolação dos teores detectados e dimensionar o volume de solo a ser removido, estimado em 190.000 m<sup>3</sup>.

### **Projeto de Implantação da Estação de Tratamento de Águas Subterrâneas**

Ainda em meados de 2002 foi elaborado o projeto de implantação de uma Estação de Tratamento de Águas Subterrâneas. Essa estação teve como principal objetivo remover a contaminação de pesticidas identificados nas águas subterrâneas bombeadas para implantação da parede diafragma.

O sistema contava com um pré-tratamento que tinha por objetivo remover os sólidos arrastados durante o bombeamento das águas. Após essa etapa, a água seguia para um tanque de controle de pH e misturadores estáticos de linha. Nesse tanque ocorria a adição de um agente floculante que, sob agitação lenta, promovia a aglutinação de sólidos em suspensão. Essas águas eram encaminhadas para um tanque de decantação e posteriormente por filtros de areia para a remoção de sólidos menores. Essas etapas faziam parte do processo físico-químico de remoção dos sólidos suspensos.

A partir daí se iniciava o processo de tratamento para a remoção dos contaminantes orgânicos. Após a passagem pelos filtros de areia, as águas eram encaminhadas para um conjunto de colunas de adsorção contendo leitos de carvão ativado. Por fim, a água que saia das colunas de carvão ativado seguia para o tanque de águas tratadas que eram lançadas no rio.

Era feito um monitoramento na saída da estação para garantir que as concentrações estavam condizentes com o necessário para o descarte no rio próximo à área, de classe 4. Caso contrário, as águas retornavam para o tratamento nos leitos de carvão ativado.

Após a implantação da estação foram feitos monitoramentos contínuos para avaliar a evolução dos dados ao longo da operação e o efeito que o tratamento estava tendo na pluma de contaminação presente na área.

Os acompanhamentos feitos até meados de 2007 mostraram que o sistema empregado apresentou eficiência no tratamento. Além disso, verificou-se que a concentração média dos pesticidas na entrada da estação também apresentou uma queda significativa desde o início da operação do sistema.

### **Relatório Consolidado de Investigação, Remoção e Destino Final dos Solos Escavados**

Visando a reintegração de parte da área a ser escavada na época, foram realizados novos trabalhos de investigação adicionais, o que resultou na elaboração de um novo modelo geoquímico para o local.

Desta forma, foram efetuadas sondagens em uma malha regular de 20 x 20 metros e coletadas amostras de solo. A metodologia de amostragem foi a mesma adotada durante os trabalhos realizados em 2001 e 2002.

A partir do novo modelo geoquímico gerado foi dado início aos trabalhos de escavação para a implantação da parede diafragma e execução da cava, bem como o rebaixamento do lençol freático.

### **Estudos Complementares – Amostragem de Água Subterrânea e Solo**

Em meados de 2004, em função do rebaixamento do lençol freático executado na Fase I, foi realizado um estudo complementar na área do empreendimento com o intuito de determinar contaminações residuais de solo e água subterrânea.

Os serviços executados consistiram na coleta de amostras de solo e amostras de água subterrânea na área escavada, e coleta de amostras de solo e amostras de água subterrânea na área não escavada.

As amostras de solo coletadas no fundo de cava (Fase I) não apresentaram concentrações dos pesticidas analisados. No entanto, nas águas subterrâneas foram detectadas concentrações de pesticidas organonitrogenados em valores superiores ao limite de descarte nas porções próximas ao talude do canteiro de obras.

Na área não escavada somente 02 amostras de solo apresentaram concentrações de ametrina superiores aos valores de referência, enquanto 08 poços localizados no limite sudeste

do terreno exibiram concentrações de pesticidas organonitrogenados acima do limite de descarte.

### **Atualização da Avaliação de Risco**

Em 2007 foi elaborado um novo estudo de avaliação de risco após o início das remediações para a área a ser implantado o novo empreendimento.

De acordo com as análises realizadas, nenhum composto foi selecionado como ambientalmente relevante no solo, não havendo restrições de uso e ocupação comercial. O único composto ambientalmente relevante nas águas subterrâneas foi um pesticida organonitrogenado, porém os potenciais riscos avaliados decorrentes da exposição à inalação de vapores em ambientes abertos e fechados para todos os receptores considerados apresentaram-se desprezíveis, não havendo restrições de uso e ocupação comercial.

Visto que as concentrações do pesticida organonitrogenado encontravam-se superiores ao padrão de potabilidade, recomendou-se a não utilização destas águas subterrâneas para fins de consumo.

### **Plano de Remoção de Solos – Fase II**

Após a finalização dos serviços da Fase I e da atualização da Avaliação de Risco, foi dado início a Fase II, que consistiu na escavação da área remanescente, bem como a cubagem e destinação final do solo removido.

Os trabalhos realizados consistiram na complementação e adensamento da malha 20 x 20 metros efetuada na Fase I, com a execução de sondagens e coleta de amostras de solos para a análise química de pesticidas organonitrogenados e compostos orgânicos voláteis (VOC).

Os resultados analíticos revelaram que as concentrações de pesticidas organonitrogenados e compostos orgânicos voláteis (VOC) eram inferiores aos padrões de referência adotados.

Desta forma, admitiu-se que os solos da Fase II encontravam-se dentro do padrão de qualidade ambiental, de modo que as porções que vieram ser removidas poderiam ser dispostas em aterro de inertes.

## **Relatório Integrado**

Por fim, em 2007, foi elaborado um relatório integrado que teve por objetivo fornecer os elementos necessários ao encerramento deste caso junto ao órgão ambiental.

O relatório concluiu, com base na compilação dos estudos ambientais realizados entre 1997 e 2007, que a área destinada à implantação do empreendimento não apresentava mais restrições de uso e ocupação comercial e/ou industrial.

Além disso, todos os compostos detectados durante a última campanha de monitoramento analítico apresentaram concentrações significativamente inferiores aos padrões de referência adotados. Portanto, nenhuma medida de intervenção adicional se fazia necessária nas águas subterrâneas.

Desta forma, foi solicitado o encerramento do processo junto ao órgão ambiental, que aceitou a proposta em 2010.

## **8. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS OBTIDOS**

Considerando o período em que este estudo foi realizado, a elaboração de uma Avaliação Preliminar como etapa inicial da investigação já destaca esse projeto dos demais. Na época, era muito comum os projetos partirem para a investigação de campo antes da determinação de áreas e compostos químicos de interesse. No entanto, atualmente, com a base bibliográfica existente, é possível encontrar ferramentas que ajudariam a evitar alguns imprevistos e mesmo otimizar as etapas dessa investigação.

Nesse estudo de caso percebemos que algumas etapas foram suprimidas em comparação ao que conhecemos hoje como o processo de gerenciamento de áreas contaminadas, estabelecido pelo manual da agência ambiental de São Paulo, a Cetesb (CETESB, 2001). Isso culminou em maiores custos no processo devido a necessidade de maiores investigações, como o processo de varredura para a procura de fontes, e a proposição de um método de remediação sem ao menos ter identificado por completo as dimensões da contaminação, o que culminou na necessidade de mais de uma frente de remediação.

Ao analisar o processo de investigação que essa área foi submetida foi possível perceber a importância de uma Avaliação Ambiental Preliminar bem estruturada que abrange todos os

aspectos relevantes de um site. Por exemplo, o imprevisto a respeito da direção do fluxo subterrâneo no Diagnóstico Ambiental - Fase II, causado pelo bombeamento do sistema em atividade no terreno vizinho, poderia ter sido evitado através da execução de uma Avaliação Ambiental Preliminar nos padrões que atualmente seguimos da Decisão de Diretoria 038 (CETESB,2017), que preconiza o levantamento e caracterização da vizinhança em um raio de 500m. Nesse levantamento, além de uma caracterização da vizinhança, são feitas pesquisas de poços de captação cadastrados no entorno, áreas contaminadas cadastradas, áreas de preservação e áreas sensíveis, caracterização física da região, levantamento histórico e fotogramétrico, entre outros.

Para o site propriamente dito, embora a atividade principal desenvolvida tenha se mantido ao longo do tempo, a planta passou pela operação de mais de uma empresa e por possíveis modificações estruturais. Desta forma, muitas informações foram perdidas ao longo dos anos a respeito da localização exata de possíveis fontes de contaminação, e por isso também a necessidade de um maior levantamento possível de informações na avaliação preliminar.

Adicionalmente, como se trata de uma planta antiga, não se tinham muitas informações a respeito das redes de drenagem existentes na área e como as mesmas foram se modificando ao longo dos anos. A localização de fossas sépticas e o possível lançamento de efluentes no rio são incertezas relacionadas a destinação de efluentes industriais e sanitários, o que não foi levado em conta no relatório da preliminar, bem como na elaboração do plano de investigação.

Durante a Avaliação Confirmatória, Fase II, foram feitas a instalação de 7 poços próximos as principais fontes do site. No entanto, muitos desses poços acabaram servindo como uma ferramenta de investigação pontual devido ao baixo adensamento da rede, avaliando somente a qualidade da água subterrânea da fonte a qual foi alocado. Essa estratégia impossibilitou, no entanto, a investigação da área como um todo e não levou em consideração todas fontes levantadas na Avaliação Preliminar, algo que, atualmente, é preconizado pela DD-038 (CETESB, 2017). Portanto, quando foram feitas as análises dos resultados analíticos dessa etapa de investigação não foi possível estabelecer qual era a fonte geradora da contaminação, e consequentemente não foi possível realizar o desenho de uma pluma, pois havia uma lacuna muito grande de informações.

Por haver algumas incertezas quanto ao período de instalação e utilização de alguns equipamentos, resíduos e efluentes gerados especificamente em cada área e ausência de plantas

antigas indicando a localização exata de todos os equipamentos e redes de drenagem de efluentes, é normal que seja necessária uma varredura em alguns pontos da fábrica, conforme foi feito durante a fase II para investigação do solo.

Na etapa de Avaliação de Risco também é possível identificar alguns pontos de melhoria, como por exemplo a necessidade de um maior detalhamento da pluma nos planos vertical e horizontal antes da elaboração do modelo conceitual para analisar os riscos. Os receptores e os meios de transportes foram bem identificados, no entanto, as áreas de maior ocorrência de contaminação ainda não estavam bem definidas e o desenho e o caminho da pluma também não. O centro da pluma foi determinado como sendo o PM-04 e os demais poços eram a extensão horizontal da pluma, no entanto, sabia-se haver mais fontes espalhadas pela fábrica, levantadas na Fase I, que poderiam estar contribuindo, mas que não foram investigadas.

À medida que as investigações avançaram e foram implantadas medidas de remediação, foi surgindo a necessidade de novas investigações devido a novos resultados encontrados. Isso é algo muito comum até os dias de hoje, o que muitas vezes encarece o projeto e estende o cronograma pela necessidade de identificação de fontes que justifiquem a presença de compostos em locais não investigados previamente. Esse ponto só reforça a necessidade da realização das etapas do diagnóstico de forma elaborada e profunda, para que não haja brechas nas etapas de remediação.

No entanto, apesar das melhorias que é possível identificar atualmente olhando o caso em outro contexto, esse foi um projeto muito bem sucedido visto o tamanho do passivo ambiental existente para a área. Considerando que na época tratava-se de uma área predominantemente industrial, a recuperação dessa área por si já se mostra um grande feito, se levarmos em conta ainda que houve uma mudança no zoneamento e o uso daquela região passou a ser residencial e comercial, o cenário se tornou mais restritivo quanto a limites aceitáveis para os compostos ali presentes, e portanto mais difícil de se alcançar as metas de remediação.

Analizando todas as ações tomadas na área para o processo de gerenciamento da área contaminada, comparando com o que seguimos hoje como diretrizes, é possível dizer que as etapas seguidas neste processo foram bem sucedidas.

## 9. CONCLUSÕES

A necessidade de reinserção de locais abandonados no cenário imobiliário já é uma questão trabalhada pelos agentes de interesse na atualidade. A questão principal ainda se trata do como fazer isso, principalmente se tratando de áreas com a presença de passivos ambientais.

As preocupações com prazos e investimentos necessários muitas vezes inviabilizam a comercialização de terrenos com alto potencial, no entanto, essa preocupação por sua vez não se trata de uma suposição sem fundamentos. Usando o estado de São Paulo como exemplo, até que houvesse a consolidação de uma norma que unificasse e estabelecesse diretrizes a serem seguidas nas etapas de diagnóstico de passivos (CETESB, 2017) não se era dada a devida importância às avaliações e investigações feitas nas etapas de diagnóstico do passivo, culminando em atrasos, aumento de investimento necessário e por muitas vezes não se resolia o problema.

Por isso a importância de apresentar um estudo de caso bem sucedido, que mesmo antes da implantação das diretrizes em 2017, e mesmo com os pontos a se melhorar e lições aprendidas, foi um caso muito bem desenvolvido com resultados positivos que mostrou a possibilidade sustentável financeiramente e ambientalmente de revitalização de brownfields e reinserção destes no cenário urbano. Essa área foi pioneira na escala local e influenciou a região como um todo a uma mudança de uso, que se desenvolveu para ser hoje um dos maiores centros empresariais de São Paulo.

Neste estudo de caso, de acordo com as análises químicas realizadas ao longo de todo o processo de investigação ambiental da área, na etapa de encerramento todas as concentrações obtidas para os compostos químicos de interesse tanto para solo quanto para água subterrânea encontraram-se dentro dos padrões de qualidade ambiental frente aos valores de referência da CETESB (2016) e EPA (2018), tanto para o uso comercial/industrial quanto residencial, não havendo restrições para tal fim.

Embora as pesticidas organonitrogenados tenham sido os compostos ambientalmente relevantes nesse projeto, é importante destacar que o estudo de avaliação de risco elaborado para o empreendimento mostrou que os potenciais riscos decorrentes da inalação de vapores em ambientes abertos e fechados encontravam-se dentro dos padrões de aceitabilidade para todos os receptores avaliados.

Uma vez que os teores destes parâmetros estavam acima do padrão de potabilidade, recomendou-se que as águas subterrâneas não fossem destinadas ao consumo humano. No

entanto, sabe-se que a área avaliada se encontra inserida em uma região urbana e sujeita a ações antrópicas o que, por si só, restringe o consumo das águas subterrâneas.

Por fim, analisando todas as ações tomadas na área para o processo de gerenciamento da área contaminada, é possível dizer que as etapas seguidas neste processo foram bem desenvolvidas e são um exemplo a ser tomado na revitalização de brownfields.

## **10. REFERÊNCIAS**

BEZERRA, R. (2015). Identificação e reutilização do patrimônio no processo de reinvenção das cidades : uma reflexão a partir da cidade de Almada. Revista de Ciências Sociais, Fortaleza, Vol. 46, Nº1. (pp. 69–92).

CETESB, 2016. Decisão de Diretoria nº 256/2016/E, de 22 de Novembro de 2016 - Valores Orientadores para Solos e Águas Subterrâneas no Estado de São Paulo.

CETESB, 2001. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. Manual de Gerenciamento de Áreas Contaminadas.

CETESB, 2017. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. Decisão de Diretoria Nº 038/2017/C, de 10 de fevereiro de 2017.

CETESB, 2020. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. Relatório de Áreas Contaminadas e Reabilitadas no estado de São Paulo.

CPRM – Serviço Geológico do Brasil;

CSD-GEOKLOCK, Geologia e Engenharia Ambiental Ltda., 1997. Avaliação Ambiental Preliminar – Fase I.

CSD-GEOKLOCK, Geologia e Engenharia Ambiental Ltda., 1998. Diagnóstico Ambiental – Fase 2.

EMBRAPA, 1999. Mapa pedológico do Estado de São Paulo - Escala 1:500.000.

GRANZIERA, Maria Luiza Machado. Direito Ambiental. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2011

LOMBARDO, Magda Adelaide; VOLPE, Larissa Lucciane; VASQUES, Amanda Ramalho - A importância da análise dos riscos de contaminação na reabilitação de brownfields urbanos. Territorium: Revista Portuguesa de riscos, prevenção e segurança. Nº 19 (2012) .

MARSHALL, G. 2014. Don't even think about it: Why our brains are wired to ignore climate change. Bloomsbury USA. 272 p.

MOERI, E.; COELHO, R.; MARKER, A. (orgs.), Remediação e Revitalização de Áreas Contaminadas: Aspectos Técnicos, Legais e Financeiros. São Paulo: Signus Editora, p. 79-90, 2004.

SÁNCHEZ, L.E. 2001. Desengenharia: o passivo ambiental na desativação de empreendimentos industriais. São Paulo, Edusp, 254 p.

SÁNCHEZ, L.E. Revitalização de áreas contaminadas. In: Moeri, E.; Coelho, R.; Marker, A. (orgs.), Remediação e Revitalização de Áreas Contaminadas: Aspectos Técnicos, Legais e Financeiros. São Paulo: Signus Editora, p. 79-90, 2004.

U.S. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. Regional Screening Levels (RSL) for Chemical Contaminants at Superfund Sites. Oak Ridge National Laboratory – ORNL. Maio, 2018.