



UNIVERSIDADE DE PERNAMBUCO
Escola Politécnica de Pernambuco
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil

MARCELO LUIZ GONÇALVES DE FREITAS

**AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE CONTAMINAÇÃO DE ÁREAS
URBANAS. ESTUDO DE CASO: ÁREA NO CAIS JOSÉ
ESTELITA, RECIFE-PE**

Recife, PE

2011



UNIVERSIDADE DE PERNAMBUCO
Escola Politécnica de Pernambuco
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil

MARCELO LUIZ GONÇALVES DE FREITAS

**AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE CONTAMINAÇÃO DE ÁREAS
URBANAS. ESTUDO DE CASO: ÁREA NO CAIS JOSÉ
ESTELITA, RECIFE-PE**

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-graduação
em Engenharia Civil, da Escola Politécnica de
Pernambuco da Universidade de Pernambuco
para obtenção do título de Mestre em Engenharia.

Área de Concentração: Construção Civil

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Fátima Maria Miranda Brayner
Co-orientador: Prof. Dr. Arnaldo Cardim de Carvalho Filho

Recife, PE

2011

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)
Universidade de Pernambuco – Recife

F866a Freitas, Marcelo Luiz Gonçalves de
Avaliação do potencial de contaminação de áreas urbanas. Estudo de caso: área no cais José Estelita, Recife-PE / Marcelo Luiz Gonçalves de Freitas. – Recife: UPE, Escola Politécnica, 2011.
76 f.

Orientadora: Dra. Fátima Maria Miranda Brayner
Dissertação (Mestrado – Construção Civil) Universidade de Pernambuco, Escola Politécnica, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, 2011.

1. Contaminação de solos 2. Contaminação ou degradação Ambiental 3. Contaminação de estruturas 4. Bacia do Pina. –
Dissertação – I. Brayner, Fátima Maria Miranda (orientadora).
II. Universidade de Pernambuco, Escola Politécnica, Mestrado em Construção Civil. III. Título.

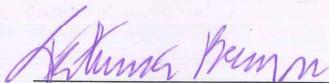
CDU 624.01

MARCELO LUIZ GONÇALVES DE FREITAS

**AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE CONTAMINAÇÃO DE ÁREAS
URBANAS. ESTUDO DE CASO: ÁREA NO CAIS DE JOSÉ ESTELITA,
RECIFE-PE**

BANCA EXAMINADORA:

Orientador:



Prof.^a. Dr.^a. Fátima Maria Miranda Brayner
Universidade de Pernambuco

Co-orientador:

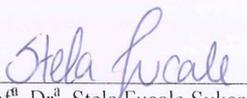


Prof. Dr. Arnaldo Cardim de Carvalho Filho
Universidade de Pernambuco

Examinadores:



Prof.^a. Dr.^a. Maria do Carmo Martins Sobral
Universidade Federal de Pernambuco
Examinador Externo



Prof.^a. Dr.^a. Stela Fucale Sukar
Universidade de Pernambuco
Examinador Interno

Recife, PE
2011

Obrigado, Senhor Deus, por me permitires
continuar na vida seguindo teus ensinamentos.

AGRADECIMENTOS

A Deus, por ter me permitido, com Sua imensa bondade, continuar vivo em minha caminhada de lutas e na constante realização de meus objetivos. Em tuas Mãos depus minha vida e minha fé e Tú me deste a oportunidade de retornar, para corrigir-me e tentar ser um ser humano melhor.

À Nossa Senhora da Conceição, minha Madrinha, minha Luz, a quem sempre dirijo minhas orações, meus agradecimentos e meus pedidos. Em todos os momentos de minha vida sempre estiveste presente, me confortando com Tua presença e realizando meus desejos.

Aos meus Pais Luiz de Freitas Lima e Darcy Gonçalves de Freitas, meus maiores incentivadores no trabalho e na vida. Vocês foram os únicos que, incondicionalmente, me apoiaram e me estenderam as mãos e os corações nos momentos mais difíceis da minha vida e que nunca, em tempo algum, duvidaram que esta vitória seria alcançada. Esta vitória é mais de vocês do que minha. Em tudo na minha vida me espelho em vocês.

Aos meus filhos Marcela Magalhães Santos Gonçalves de Freitas e Luiz de Freitas Lima Neto, minhas razões de ser e de viver. Por vocês me esforço em ser, além de um bom pai, um exemplo de vida e de perseverança.

Ao meu irmão Rodrigo Luiz Gonçalves de Freitas, que mais que irmão sempre foi meu amigo.

À Professora Fátima Brayner, pelo seu profissionalismo sempre presente em nossas reuniões de trabalho, exemplo de competência, de orientação e de paciência. Sem seu suporte, certamente, este trabalho não seria possível.

Aos amigos da minha turma Bianca Maria Vasconcelos da Silva, Luiz Fernando Bernhoeft e Petrônio Rocha de Araújo Lima, pela amizade construída ao longo de nossas convivências dentro e fora da sala de aula.

Ao bolsista da graduação Daniel Santos de Melo Lima, sempre interessado e investigativo, pelos momentos compartilhados na construção do seu trabalho e desta dissertação.

A Lúcia Rosani, secretária do PEC – Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil da Escola Politécnica da Universidade de Pernambuco, pelo apoio nas horas mais complicadas e necessárias.

A todos os professores e funcionários do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Escola Politécnica da Universidade de Pernambuco, pela contribuição à minha formação acadêmica e pessoal.

Aos demais amigos, familiares e a todos que colaboraram na execução deste trabalho.

Alice perguntou ao coelho: “Qual a estrada que devo seguir?”. O coelho respondeu: “Depende de aonde você quer chegar”. E Alice disse: “Eu não sei aonde eu quero ir”. E o coelho respondeu: “Então qualquer estrada serve”.

Lewis Carrol
Livro “Alice no País das Maravilhas”

RESUMO

A degradação das edificações ou a contaminação ambiental das áreas ocupadas pelas mesmas tem-se tornado fatores decisivos na escolha dos locais a serem utilizados por investidores no ramo imobiliário, que preferem utilizar áreas não ocupadas a arcar com o passivo ambiental gerado pelo abandono dessas áreas, cuja possibilidade de contaminação do solo ou subsolo é desconhecida por esses investidores, sejam públicos ou privados. Um imóvel em área contaminada pode ser fonte de poluição do ar, dos solos e subsolos e das águas, superficiais ou profundas, representando um risco na definição da reutilização ou não do imóvel ou da área onde ele esteja localizado. Deve-se considerar, ainda, a influência da contaminação dessas áreas nos terrenos e nos ambientes situados no entorno das mesmas. O objetivo deste trabalho consiste em analisar a situação de uma área potencialmente contaminada e/ou degradada pertencente à Rede Ferroviária Federal - RFFSA, no Cais José Estelita, bairro de São José, em Recife, e sua influência nas áreas situadas no seu entorno. A metodologia a ser utilizada foi a pesquisa (histórica e de campo), além da caracterização detalhada do local, utilizando os ensaios mais conhecidos até o momento. O resultado esperado será o conhecimento da situação atual do local sob os aspectos da contaminação e da degradação ambientais.

Palavras-chave: Contaminação de solos; Contaminação ou Degradação ambiental e de estruturas; Zona Estuarina; Bacia do Pina.

ABSTRACT

The degradation of buildings or the environmental contamination of areas occupied by the same has become crucial factors in the choice of locations for use by investors in the real estate industry, who prefer to use the occupied areas not bear the environmental liabilities created by the abandonment of these areas, The possibility of contamination of soil or subsoil is unknown by those investors, whether public or private. A property can be a source of contaminated air, soil and subsoil and water, superficial or deep, representing a risk in the definition of reuse or not the property or area where it is contained. You should also consider the influence of the contamination in those areas and the land environments located in the vicinity of them. The aim of this study is to examine the situation of the area potentially contaminated and / or degraded belonging to RFFSA in Pier Jose Estelita, neighborhood of San Jose, in Recife, and their influence in areas around the same. The methodology was used to search (historical and field), in addition to the detailed characterization of the site, using the tests best known until now, and of interviews with current and former officials of the site. The expected result is the current state of knowledge of the place under the aspects of environmental contamination and degradation.

Key words: Environmental contamination; Soil contamination; Environmental and structural degradation.

LISTA DE FIGURAS

Figura 01 - Visão aérea da região	32
Figura 02 - Visão superior da área ser estudada	34
Figura 03 – Localização dos pontos de coleta	41
Figura 04 – vagões de carga abandonados	53
Figura 05 – Área dos trilhos abandonada	53
Figura 06 – Pneus na área do pátio	54
Figura 07 – depósito de clínquer	54
Figura 08 – Local do estudo dividido em 3 áreas	55
Figura 09 - localização do ponto de coleta nº 1	56
Figura 10 - localização do ponto de coleta nº 2	56
Figura 11 – Trilhos enferrujados – área externa	57
Figura 12 - Trilhos enferrujados – área interna.....	57
Figura 13 – Vagão funcionando	57
Figura 14 – Óleos e combustíveis derramados.....	57
Figura 15 – Ponto de coleta de água	58
Figura 16 – Bueiro	59
Figura 17 – Visão aproximada do bueiro	59
Figura 18 – Localização do ponto de coleta nº 9	60
Figura 19 – Tanques de armazenamento.....	61
Figura 20 – Tanques e trilhos enferrujados	61
Figura 21 – Vagões em manutenção.....	62

Figura 22 – oficina de manutenção	62
Figura 23 – Localização do ponto de coleta n° 3	62
Figura 24 – Localização do ponto de coleta n° 4	62
Figura 25 – Localização do ponto de coleta n° 5	63
Figura 26 – Localização do ponto de coleta n° 6	63
Figura 27 – sucatas de vagões enferrujados	65
Figura 28 – pneus velhos e amontoados	65
Figura 29 – Localização do ponto de coleta n° 7	65
Figura 30 – Localização do ponto de coleta n° 8	65
Figura 31 – sucatas de vagões enferrujados	67
Figura 32 – Tonéis de melaço enferrujados	67
Figura 33 – sucatas de vagões enferrujados	67
Figura 34 – Área externa dos tonéis de melaço.....	67

LISTA DE TABELAS

Tabela 01 - Especificação dos pontos de coleta.....	42
Tabela 02 – Valores de Prevenção para solos.....	47
Tabela 03 – Valores de intervenção para águas subterrâneas.....	47
Tabela 04 – Valores de Prevenção para solos.....	49
Tabela 05 – Valores de intervenção para águas subterrâneas.....	49
Tabela 06 – Valores dos metais no ponto n° 1	56
Tabela 07 – Valores dos metais no ponto n° 2	56
Tabela 08 – Detecção de hidrocarbonetos no ponto n° 1.....	56
Tabela 09 - Detecção de hidrocarbonetos no ponto n° 2	56
Tabela 10 – Valores dos metais no bueiro	58
Tabela 11 - Detecção de hidrocarbonetos no bueiro	58
Tabela 12 – Valores para óleos e graxas no bueiro.....	58
Tabela 13 - Valores dos metais no ponto n° 9	60
Tabela 14 – Detecção de hidrocarbonetos no ponto n° 9	60
Tabela 15 - Valores dos metais no ponto n° 3	63
Tabela 16 - Valores dos metais no ponto n° 4	63
Tabela 17 - Valores dos metais no ponto n° 5	63
Tabela 18 - Valores dos metais no ponto n° 6	63
Tabela 19 – Detecção de hidrocarbonetos no ponto n° 3	64
Tabela 20 - Detecção de hidrocarbonetos no ponto n° 4	64
Tabela 21 - Detecção de hidrocarbonetos no ponto n° 5	64

Tabela 22 - Detecção de hidrocarbonetos no ponto n ^o 6.....	64
Tabela 23 - Valores dos metais no ponto n ^o 7	66
Tabela 24 - Valores dos metais no ponto n ^o 8	66
Tabela 25 - Detecção de hidrocarbonetos no ponto n ^o 7.....	66
Tabela 26 - Detecção de hidrocarbonetos no ponto n ^o 8.....	66

SUMÁRIO

Agradecimentos	v
Resumo	viii
Abstract.....	ix
Lista de figuras	x
Lista de tabelas.....	xii
Introdução	01
Objetivo geral	05
Objetivos específicos	05
Capítulo 1 - O processo contaminante	07
1.1 Histórico da contaminação no mundo	07
1.2 A questão da contaminação no Brasil	13
Capítulo 2 - Aspectos da contaminação na região central do recife	22
2.1 Breve histórico	22
2.2 A influência do pátio da RFFSA no estuário do Pina	26
2.3 O potencial de contaminação da região	29
Capítulo 3 - Estudo de caso	32
3.1 Caracterização da área	33
3.2 Definição da área de estudo	35
3.3 Contaminantes	36
Capítulo 4 – Metodologia	39

4.1 Coleta das amostras	41
4.1.1 Localização dos pontos de coleta	41
4.1.2 Ensaios	43
4.1.3 Quantificação de metais, hidrocarbonetos, óleos e graxas na água	44
4.1.4 Quantificação de metais e hidrocarbonetos nos solos na água	44
4.2 Valores orientadores do solo	45
Capítulo 5 – Resultados e discussões	50
5.1 Área I – Análise do solo	56
5.2 Área II – Análise da qualidade da água	59
5.3 Área II – Análise do solo	61
5.4 Área III – Análise do solo	63
Capítulo 6 – Conclusões	69
REFERÊNCIAS	71

Introdução

O advento da revolução industrial, que se iniciou no século XVIII, foi um marco, tanto para o desenvolvimento econômico e social quanto para a aceleração da poluição do meio ambiente. Desde então, incidentes e acidentes envolvendo a contaminação do solo e da água subterrânea por substâncias químicas de características perigosas foram registrados em diversos países do mundo. Entretanto, apenas nos anos 1970, aqueles de maior repercussão foram percebidos como eventos de conseqüências danosas ao meio ambiente e à saúde humana. O desconhecimento dos possíveis impactos das atividades potencialmente poluidoras e dos processos envolvidos na contaminação do solo e das águas subterrâneas foi uma das causas para o surgimento de vários passivos ambientais, os quais geraram riscos aos ecossistemas e à saúde humana. Muitas áreas também foram contaminadas pela disposição de resíduos no solo ou pela utilização de tecnologia inadequada de armazenamento e transporte de produtos químicos, mas que, à época, se tratavam das melhores técnicas disponíveis (ROSA, 2007).

Com o avanço da industrialização veio o agravamento dos problemas ambientais. Diante de um quadro no qual se via a utilização de uma profusão de novas substâncias e novos processos nas atividades produtivas, associado à precariedade das condições das instalações industriais, é presumível que, durante a Revolução Industrial, a ocorrência de contaminação do solo por substâncias nocivas à saúde tivesse sido um fato corrente (MORINAGA, 2007).

Na primeira metade do século XX, através de acidentes de grandes proporções, a sociedade mundial passa a reconhecer os efeitos perversos da contaminação ao homem e ao meio ambiente, particularmente nas grandes metrópoles, cujo espaço é caracterizado pela urbanização intensa (RAMIRES, 2008).

De acordo com a Companhia de Tecnologia e Saneamento Ambiental (CETESB, 1999), órgão público responsável pelas ações de controle ambiental no Estado de São Paulo, uma área contaminada pode ser definida como um local ou terreno, cujo

solo sofreu dano ambiental significativo que o impede de tomar suas funções naturais. Fetter (1999) explica que os compostos inorgânicos, os compostos orgânicos sintéticos, os materiais radioativos e as substâncias patogênicas encontram-se entre o grande número de materiais identificados como contaminantes do solo e da água. De acordo com Lima e Silva (2005), as atividades industriais produzem e utilizam uma grande quantidade de compostos orgânicos, como os hidrocarbonetos aromáticos solúveis. Os metais alumínio, cádmio, chumbo, mercúrio, níquel, e o zinco são exemplos de contaminantes inorgânicos que podem estar ligados à indústria química, mineração e agricultura. A contaminação do subsolo por estas substâncias é causada, muitas vezes, por vazamentos de tanques subterrâneos de armazenamento, derramamentos acidentais durante o transporte e manipulação dos produtos, vazamentos no sistema de produção industrial, ou práticas antigas de destinação final de resíduos, que eram consideradas procedimentos padrão adotados pelas indústrias.

Ao longo dos anos, acumularam-se no mundo áreas contaminadas como consequência de atividades industriais. Segundo Sousa (2001), a Europa acumula cerca de 750.000 locais contaminados. Segundo o mesmo autor, Alemanha, Holanda, Áustria, Suécia e Espanha somam 396.900 áreas contaminadas, enquanto a Inglaterra conta com 50.000 a 250.000 hectares contaminados.

A Holanda, no início da década de 1980, já possuía um inventário com mais de 4.000 áreas contaminadas. Em 1981, haviam sido iniciadas aproximadamente 350 investigações e 30 operações de remediação, a um custo estimado de 20 milhões de dólares. As principais fontes de contaminação do solo identificadas naquela ocasião associavam-se às áreas de disposição de resíduos de antigas indústrias desativadas (CUNHA, 1997).

De acordo com Toledo (2007), um estudo da Environmental Protection Agency (EPA), realizado em 2004 nos Estados Unidos indicava que 77.000 áreas foram consideradas áreas contaminadas e que este número atingirá 294.000 em 2033. O custo estimado para descontaminação variará entre 170 e 250 bilhões de dólares.

No Brasil, a CETESB divulgou em maio de 2002, pela primeira vez, uma lista de áreas contaminadas, registrando a existência de 255 áreas contaminadas no Estado de São Paulo. O registro das áreas contaminadas vem sendo constantemente atualizado e, após 7 atualizações (outubro de 2003, novembro de 2004, maio de 2005, novembro de 2005, maio de 2006, novembro de 2006, novembro de 2007 e novembro de 2008), o número de áreas contaminadas em São Paulo totalizou 2.514. Segundo a CETESB, o aumento constante do número de áreas contaminadas é devido à ação rotineira de fiscalização e licenciamento sobre os postos de combustíveis, as fontes industriais, comerciais, de tratamento e disposição de resíduos e ao atendimento aos casos de acidentes (NUNES,2008).

Mas, de acordo com Morinaga (2007),

“Apesar de tudo, a existência de contaminação não significa a inviabilização da possibilidade de utilização de uma área, desde que procedimentos adequados sejam adotados para a sua ocupação. Para isso, além dos aspectos técnicos, legais, administrativos e políticos, torna-se cada vez mais necessário que se tenha a consciência de que os processos naturais também fazem parte do meio urbano, para que projetos urbanísticos, arquitetônicos e paisagísticos passem a considerá-los como elementos condicionantes e não como meros aspectos acessórios, utilizados para dar um pretenso caráter ambiental.”

No Brasil, a falta de uma legislação específica à época das instalações de muitas indústrias justificaria, por si só, a despreocupação dos investidores com o impacto ambiental que seria causado devido às atividades dessas indústrias e, por consequência, pelos resíduos por elas lançados descontroladamente no meio ambiente. Daí, as questões atuais de poluição urbana no Brasil refletirem o passado marcado pelo modelo de industrialização, pelo processo de acumulação do capital, pelo crescimento urbano, pelo fenômeno da espoliação urbana e pela consequente forma de organização do espaço, os quais ocorrem com reduzida ou nenhuma participação e controle social (GÜNTHER, 2006).

Por essa razão, uma grande quantidade de áreas degradadas foi se acumulando. E o custo estimado para descontaminação dessas áreas é elevado, inviabilizando, na maioria das vezes, o investimento imobiliário em tais áreas. Além disso, demandam períodos de recuperação extremamente longos. Casos como o de um rio da China, o Second Songhua, que foi utilizado para despejo de mercúrio e metilmercúrio de 1958 a 1982, precisará de mais de 40 anos para a sua recuperação (SANCHEZ, 2001).

Ramires (2008) explica que, na dinâmica do uso e ocupação do solo no meio urbano, novas edificações surgem a partir da destruição ou modificação das antigas (sugerindo novos usos das mesmas), quando ocorre o reaproveitamento das construções já existentes. Esse processo pode acontecer em função da demanda do setor imobiliário e da construção civil.

Ou seja, o solo, no sentido de terra ou área, é um bem natural ou ambiental que pertence a particulares ou entidades públicas, configurando uma propriedade. Sendo propriedade, ele tem um valor monetário e comercial calculável (MARKER, 2003).

Elemento base do meio ambiente, o solo foi considerado por muito tempo um receptor ilimitado de substâncias nocivas descartáveis, como o lixo doméstico e os resíduos industriais, com base no pressuposto poder tampão e potencial de autodepuração, que poderia levar ao saneamento dos impactos criados. Porém, essa capacidade, como ficou comprovada posteriormente, foi superestimada, sendo que somente a partir da década de 1970 foi direcionada maior atenção à sua proteção (CETESB, 1999).

As áreas contaminadas assumem uma maior importância quando facilitam a exposição da população às substâncias tóxicas nelas presentes, implicando, conseqüentemente, em riscos à saúde. Essa exposição está diretamente relacionada ao tipo de uso e à forma de ocupação que se faz do solo. Por isso, o conhecimento da dinâmica urbana adquire papel fundamental na avaliação e no gerenciamento do problema, pois pode favorecer riscos mesmo em situações onde

as alterações do uso e ocupação do solo não tenham sido tão significativas (VALENTIM, 2007).

Nesse sentido, a CETESB vem desenvolvendo um acompanhamento do solo urbano voltado para os aspectos de contaminação, pois a complexidade do problema demanda não só uma preocupação técnica ambiental, mas o assunto também envolve as esferas administrativas e políticas.

A partir da década de 1980, de acordo com Sanchez (2001), este tema passou a ter relevância maior para a sociedade brasileira e, principalmente, para os gestores públicos, motivada pela repercussão da contaminação de solos por substâncias químicas (organoclorados) em Cubatão e São Vicente na Baixada Santista. Áreas contaminadas como estas interferem diretamente na possibilidade de limitação do uso do solo, impondo restrições ao desenvolvimento urbano (SANCHEZ, 1998).

As questões abordadas na presente pesquisa se referem às áreas urbanas contaminadas que interferem diretamente no meio ambiente e na sociedade, representando potenciais riscos ambientais.

O objetivo desta pesquisa é a análise da situação de áreas potencialmente contaminadas e/ou degradadas no bairro de São José, em Recife, Pernambuco, visando à criação de um banco de dados, de acordo com o nível de contaminação do solo ou da degradação do meio ambiente.

Os objetivos específicos desta pesquisa são:

- Definir os critérios para seleção dos pontos a serem analisados;
- Avaliar os contaminantes encontrados na área;
- Identificar os potenciais impactos gerados por esses contaminantes na área estudada.

A presente pesquisa limitou-se à região central da cidade do Recife e encontra-se estruturada nos capítulos a seguir.

O Capítulo 1 aborda o surgimento do processo de contaminação, apresentando casos de contaminação representativos no Brasil e no mundo, conceitos sobre áreas contaminadas, áreas degradadas, remediações e *brownfields*. Será efetuada uma análise do processo de industrialização e desconcentração industrial, notadamente em São Paulo.

O Capítulo 2 traz os aspectos da contaminação na região central do Recife, trazendo um histórico do desenvolvimento da região e associando este desenvolvimento às áreas potencialmente contaminadas da cidade, além de demonstrar a importância destas áreas na economia da região.

O Capítulo 3 apresenta o potencial de contaminação da região através de um estudo de caso: o pátio de manobras da Rede Ferroviária Federal S.A. (RFSSA), com suas linhas férreas e com os galpões do Instituto do Açúcar e do Alcool (IAA) situados em seu interior.

O Capítulo 4 mostra a metodologia da pesquisa para o alcance dos objetivos gerais e específicos, demonstrando os caminhos metodológicos percorridos até a presente data.

Finalmente, os Capítulos 5, 6 e 7 apresentam os resultados, a discussão e as conclusões da pesquisa.

Capítulo 1

O Processo Contaminante

Levando em consideração a contaminação crescente do meio ambiente, torna-se importante resgatar o processo histórico através do qual vem ocorrendo inúmeros eventos poluidores e contaminantes.

1.1 Histórico da contaminação no mundo

Uma das principais causas para a criação de vários passivos ambientais foi o desconhecimento dos possíveis impactos das atividades potencialmente poluidoras e dos processos envolvidos na contaminação do solo e das águas subterrâneas. E estes passivos ambientais resultaram na geração de riscos aos ecossistemas e à saúde humana (ROSA, 2007).

O município de Hamilton, às margens do lago Ontário, na província canadense do mesmo nome, começou a abrigar indústrias siderúrgicas desde o final do século XIX. As margens chegaram a ser aterradas para implantação de altos-fornos, aos quais se juntaram outras indústrias. A cidade cresceu em torno do lago, expandindo-se em área urbana. Com a finalidade de ampliar uma via pública, em 1993, a lâmina de um trator atingiu um antigo tanque subterrâneo, ainda contendo combustível (e, certamente, gases volatilizados), o que ocasionou uma explosão seguida de incêndio. Posteriormente, dois outros tanques, ainda parcialmente cheios, foram descobertos nas imediações. A obra teve que ser paralisada. Descobriu-se, mais tarde, que os solos estavam contaminados devido a antigos vazamentos dos tanques, que tiveram que ser escavados e transportados para um aterro de resíduos. Um ano após o acidente, a prefeitura preparou um projeto de construção de uma pista de 1,5 km atravessando essa antiga área industrial. A experiência anterior motivou a investigação prévia do terreno e descobriu-se que o solo estava altamente contaminado. A descoberta modificou o projeto da via, que foi construída sobrelevada, sobre um aterro, a um custo maior que o previsto inicialmente (SANCHEZ, 2001).

Os Estados Unidos, por terem um desenvolvimento industrial muito grande, apresentam também grandes problemas. O Love Canal, um canal construído para viabilizar uma usina de geração de energia que não chegou a ser implantada, tornou-se um dos piores casos de contaminação existentes nos EUA. O canal foi aterrado com resíduos químicos diversos de 1947 a 1953 e, sobre o terreno, foram assentadas uma escola e uma comunidade. Embora indícios de óleos e outras substâncias químicas tivessem sido notadas na década de 60, somente em 1976 surgiram as primeiras queixas dos moradores quanto a problemas de saúde. Em 1978 a escola foi fechada e cerca de 239 famílias foram removidas, além da evacuação de outras 768 residências no entorno. Este caso teve um aspecto tão significativo que levou o Congresso Americano a aprovar a lei do Superfund, fundo federal financiador para remediação de áreas contaminadas emergenciais (SANCHEZ, 2001).

Outro caso representativo é o de Lekkerkirk, localidade situada nas proximidades de Rotterdam, na Holanda. Em 1978, foi descoberto um caso grave de contaminação do solo e 268 casas construídas sobre uma área aterrada onde havia resíduos industriais tiveram de ser abandonadas quando os moradores começaram a sentir odores intensos e a notar a deterioração de tubulações plásticas de água no subsolo de suas casas. Compostos orgânicos penetraram lentamente nas tubulações de água e esgoto da região. Como resultado, uma escola e um ginásio de esportes foram demolidos e o local foi escavado para remoção dos resíduos quando se descobriu a existência de 1651 tambores de substâncias químicas misturados aos resíduos supostamente inertes de demolições ali depositados (SANCHEZ, 2001).

Na Inglaterra, as indústrias desativadas foram também responsáveis por muitos locais abandonados, desocupados ou subutilizados, denominados de *brownfields*. Nestes locais, a expansão é complicada por fatores como contaminação ambiental real ou percebida (PETTS, 2001). Segundo Foladori (2002), O Departamento de Meio Ambiente do governo britânico define este tipo de área (*derelict land*) como 'terreno degradado pelo desenvolvimento industrial, ou por outra causa, a ponto de não ser utilizado sem tratamento'. Aproximadamente um terço da superfície total de

terrenos abandonados se refere à áreas industriais ou assemelhadas, tais como zonas portuárias.

De acordo com Vasques (2006),

“o termo *brownfields* já é bem conhecido nos Estados Unidos, mas é pouco usado e conhecido noutros países, não existindo um consenso quanto ao seu uso. Ele é traduzido no seu sentido literal com “campos escuros/marrons” e foi inicialmente usado para distinguir-se dos chamados *greenfields* ou “campos verdes” que se referem às áreas agrícolas localizadas longe dos centros urbanos como espaços previamente não desenvolvidos, em boas condições, ou ainda áreas florestais, parques e estuários naturais”.

A cidade de Montreal, no Canadá, foi uma das primeiras a serem industrializadas na América do Norte e oferece diversos exemplos de fechamento, abandono e reconversão de imóveis industriais. Um povoado às margens de uma corredeira – os “rápidos de Lachine”, como eram chamados – transformou-se em um importante terminal de cargas abastecido pela ligação ferroviária transcanadense, em 1854. Para contornar os rápidos, foi construído um canal. As margens deste canal foram intensa e rapidamente ocupadas por indústrias, instalações de fundição, forjaria, armazenamento e montagem de locomotivas, oficinas de serragem, laminagem, pintura e envernizamento, além de um moinho de trigo e uma refinaria de açúcar. A dinâmica econômica levou ao fechamento ou mudança de inúmeras fábricas e à demolição de alguns edifícios industriais, gerando *brownfields* (pelo abandono) e disposição inadequada dos resíduos da demolição dos edifícios (SANCHEZ, 2001).

Na Europa, a presença dos *brownfields* é mais antiga que no continente americano, principalmente nos “velhos” países industrializados, como o Reino Unido, França, Alemanha e Bélgica, por exemplo. Muitas cidades européias apresentam *brownfields* como conseqüência da mudança da estrutura econômica e do declínio das

indústrias tradicionais. Entre os *brownfields* mais desafiadores na Europa estão os de grande porte, como, por exemplo, as antigas fábricas, os portos, as estradas de ferro, as minas, os locais militares e as propriedades cujo planejamento de reuso é complexo. Trata-se de áreas que requerem altos custos de refuncionalização. Quando a propriedade está fragmentada em vários donos, há a natural dificuldade em estabelecer os responsáveis pela limpeza (ou descontaminação, quando for o caso), reduzem-se as chances de reconversão, pois o grande problema destas reconversões é a presença de contaminação tóxica que precisa ser limpa para que o reuso seja permitido (VASQUES, 2006).

Nesse aspecto, Günther (2006) afirma que

“a presença de *área contaminada* – um caso particular de *área degradada*, em que a concentração de contaminantes ultrapassa valores de referência ambientalmente aceitáveis – torna mais complexo o processo de reinserção urbana. Tal área deve ser submetida à avaliação e *remediação* e, somente após, revitalizada”.

Dessa forma, são apresentadas três definições importantes para o entendimento da afirmação anterior: os conceitos de área contaminada, de área degradada e de remediação, apresentados a seguir:

- *Área contaminada* é a área, local, terreno, instalação, edificação ou benfeitoria que contém quantidades ou concentrações de matéria em condições que causem ou possam causar danos à saúde humana, ao meio ambiente ou a outro bem a proteger (Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo, documento interno, 2003);
- *Área degradada* é a área onde há a ocorrência de alterações negativas de suas propriedades físicas, tais como sua estrutura ou perda de matéria devido à corrosão e à alteração de características químicas, devido a processos como salinização, lixiviação, deposição ácida e introdução de poluentes (CETESB, 1999);

- *Remediação* é a ação de recuperação ambiental realizada em áreas contaminadas, que implica em intervenção direta, com o objetivo de conter, isolar, remover ou reduzir as concentrações de contaminantes presentes (GÜNTHER, 2006).

A degradação ambiental é mais acentuada em áreas de exclusão social, carentes de infra-estrutura e de serviços básicos, para as quais se dirigem as classes menos privilegiadas economicamente. As áreas contaminadas estão mais associadas a processos produtivos industriais e a atividades comerciais potencialmente geradores de situações de risco, a exemplo da comercialização de combustíveis. Elas ocorrem nos locais onde tais atividades foram implantadas ou no trajeto que a circulação de produtos utiliza, ou ainda nos locais de lançamento ou disposição dos resíduos resultantes dessas atividades (GÜNTHER, 2006).

As áreas abandonadas ou *brownfields* podem se constituir em áreas contaminadas, se apresentarem concentrações de contaminantes que configurem situação de risco à saúde dos expostos, mas, por outro lado, podem apresentar degradação ambiental não acompanhada de contaminação. Nos *brownfields*, se houver suspeita ou percepção da possibilidade de contaminação, mesmo que esta não seja efetiva, já será suficiente para dificultar sua reutilização (GÜNTHER, 2006). Isto explica a necessidade de medidas prévias a serem tomadas antes da reconversão ou reinserção da área no tecido urbano, de acordo com as condições em que ela se encontre e dependendo do nível de contaminação do solo contaminado ou degradado.

Seguindo essa linha, a CETESB (1999) indica, em seu “manual de gerenciamento de áreas contaminadas”, as precauções e os caminhos a serem tomados antes na reinserção de uma área contaminada ao tecido urbano, levando em consideração as características específicas de cada área.

No Japão, a região mineira e siderúrgica de Kitakyushu, situada na província de Fukuoka, no sul do país, passou por um processo de fechamento de indústrias

mineiras, siderúrgicas e químicas, deixando um grande número de terrenos, instalações industriais e moradias operárias desocupadas ou sub-ocupadas, além de um legado de danos ambientais (NOZAWA, 1992).

De acordo com Rosa (2007), a contaminação do solo por substâncias tóxicas pode ocorrer por diversas fontes, tais como:

- disposição inadequada de resíduos urbanos e industriais perigosos;
- acidentes com derramamento de produtos químicos, combustíveis e solventes;
- lançamento de efluentes industriais e urbanos no solo;
- infiltração ou derramamento de substâncias, tais como pesticidas, óleos, soluções químicas, etc.

Em Quebec, no Canadá, a indústria de reciclagem de baterias de automóveis Balmet, situada na localidade de Saint-Jean-sür-Richilieu, é outro grave exemplo de contaminação dos solos. Operando em desacordo com sua licença ambiental, diversas atividades eram realizadas diretamente sobre o solo não impermeabilizado, ocasionando sua contaminação por chumbo. O metal também foi transportado pelo vento e depositado sobre o solo dos arredores, afetando significativamente o estado de saúde de algumas crianças da região (SANCHEZ, 2001). A empresa entrou em falência e abandonou a fábrica, que, hoje, encontra-se aguardando definição para sua ocupação.

Na Alemanha, um dos casos mais famosos ocorreu no início dos anos de 1980, em Dortmund, na região carbonífera de Ruhr. A área de uma antiga coqueria, fechada em 1963, foi comprada pela prefeitura em 1965 e loteada muitos anos depois. Estudos realizados entre 1984 e 1986 confirmaram a contaminação do local e, como consequência, várias casas tiveram de ser desocupadas e demolidas (SANCHEZ, 2001).

1.2 A questão da contaminação no Brasil

No Brasil, com a aceleração do crescimento industrial nas décadas de 1940 e 1950, a contaminação das áreas industriais se deu pela despreocupação com os danos ambientais ocasionados pelos processos produtivos. Tais atitudes encontraram amparo na falta de legislação específica sobre o assunto e no controle deficiente. (TOLEDO, 2007).

Durante essas duas décadas, foram construídos prédios ou diversos tipos de infraestrutura no Brasil, notadamente em São Paulo. Quando o investimento não era mais rentável ou quando já se tinha amortizado o valor do investimento, tais prédios ou infra-estruturas (fábricas, indústrias químicas, comércios, entre outros) eram abandonados, gerando degradação e contaminação do solo e do meio ambiente (FOLADORI, 2002).

Um dos primeiros episódios de contaminação de solos que teve grande repercussão, no Brasil, ocorreu na Baixada Santista nos anos de 1980, quando foram descobertos diversos depósitos de resíduos organoclorados nos municípios de Cubatão e São Vicente. Provenientes da Clorogil, uma empresa fabricante de agrotóxicos existente na época, a fábrica foi comprada pela Rhodia S.A. que, ao mesmo tempo em que adquiria o empreendimento, herdava também o passivo ambiental deixado pela antiga empresa. Até 1994, a empresa teria gasto cerca de US\$ 60 milhões nas atividades de descontaminação (SANCHEZ, 2001).

Um caso de contaminação, na região de Campinas, ilustra o histórico descuido das grandes companhias quanto ao destino de seus resíduos tóxicos. Na área rural do município de Santo Antônio de Posse foi instalado, em 1974, o aterro industrial Mantovani que recebeu uma variada gama de resíduos industriais oriundos de, aproximadamente, 70 empresas de grande porte, tais como Dupont, Rhodia, Clariant, Boehringer, Alcan, Embraer, Daimler, Chrysler, Basf, Philips e Texaco. Em 2001, constatou-se a contaminação de poços rasos dos sítios vizinhos pela pluma de contaminação, obrigando a Secretaria Municipal de Saúde de Santo Antônio da Posse a interditar esses mananciais (VALENTIM, 2007). Suas atividades foram

encerradas em 1986 e a completa remoção dos resíduos tóxicos indicará a definição para o futuro uso do solo (CETESB, 1999).

A questão da contaminação do meio ambiente pelo mercúrio é motivo de preocupação nas áreas de garimpos de ouro, que representam a fonte emissora de mercúrio antrópico mais importante. Em Minas Gerais, no município de Descoberto, situado a 370 km de Belo Horizonte, Zona da Mata do estado de Minas Gerais, o metal foi encontrado por acaso em 2002, quando um morador da zona rural fazia correções na estrada de acesso à sua propriedade. Um corte efetuado no terreno, após longo período chuvoso, provocou o afloramento do mercúrio, em sua forma líquida. Nesta região moram 74 famílias, num total de 300 pessoas. A área em torno do foco, com cerca de 450 ha, é constituída por mata natural, muitas nascentes e cachoeiras, e diversas espécies de fauna e flora. E, contribuindo com a situação, o sistema de captação de água que serve à cidade de Descoberto, que está sob a responsabilidade da Companhia de Saneamento de Minas Gerais (COPASA), está situado à jusante da área afetada (ALEXANDRE, 2006).

Outro episódio conhecido foi a contaminação de solos causada pelas antigas Indústrias Reunidas Francisco Matarazzo, em São Caetano do Sul. A empresa, que fabricava produtos químicos como soda cáustica, cloro e derivados, ácido sulfúrico, ácido clorídrico, carbureto de cálcio, ferro-silício e BHC, começou a ser desativada em 1975 e concluiu sua paralisação em 1986. Estudos realizados nessa área indicaram contaminação por mercúrio e hexaclorociclohexano (CUNHA, 1997).

Em 1975, a Shell iniciou a construção de uma planta industrial para a fabricação de agrotóxicos, incluindo a produção de Endrin e Aldrin e o processamento de Dieldrin, três agrotóxicos organoclorados. A fábrica iniciou suas atividades no ano de 1977. Na primeira semana de fevereiro de 2001, a Shell admitiu publicamente a responsabilidade pela contaminação das chácaras vizinhas à área onde funcionou sua fábrica de agrotóxicos em Paulínia, São Paulo. Os agrotóxicos organoclorados Endrin, Dieldrin e Aldrin foram encontrados no lençol freático sob as chácaras localizadas entre a fábrica e o Rio Atibaia, um dos principais afluentes do rio

Piracicaba e que abastece de água, entre outras, as cidades de Americana e Sumaré (SUASSUNA, 2001).

De acordo com Sánchez (1998), existem quatro grandes problemas gerados por áreas contaminadas:

- existência de riscos à segurança das pessoas e das propriedades;
- riscos à saúde pública e dos ecossistemas;
- restrições ao desenvolvimento urbano; e
- redução do valor imobiliário das propriedades.

Em Mauá, no Estado de São Paulo, em 2000, em um conjunto habitacional composto de 72 blocos de oito andares cada, houve uma explosão, com vítimas, no interior de uma caixa d'água subterrânea. De acordo com as investigações ocorridas no local, a causa do acidente foi a migração de gases inflamáveis provenientes do subsolo contaminado. Os compostos orgânicos voláteis ali presentes mostraram que o local fora por muito tempo, antes da implantação dos prédios, um depósito de resíduos industriais. As investigações efetuadas contabilizaram 44 diferentes tipos de compostos orgânicos ali presentes, alguns deles altamente tóxicos, aos quais os moradores dos 43 blocos de prédios já ocupados na ocasião estavam expostos (VALENTIM, 2007).

Em 1958, a empresa francesa *Peñarroya Oxide S/A* instalou na cidade de Santo Amaro, no recôncavo baiano, a Companhia Brasileira de Chumbo, que ficou conhecida popularmente como Cobrac. Durante todo o tempo em que a fábrica estava em plena atividade, os trabalhadores não usavam a proteção adequada, o que permitiu um maior contato com a matéria-prima, considerada altamente tóxica pela Organização Mundial de Saúde (OMS). A população também começou a sentir os efeitos na saúde: vizinhos da metalúrgica, ex-trabalhadores e suas famílias, e principalmente as crianças, adoeceram por causa da exposição. Hoje, quatorze anos depois do fechamento da fábrica, Santo Amaro é considerada uma das cidades mais poluídas por chumbo no mundo. Na literatura mundial, é o caso-referência para estudar a contaminação por chumbo e cádmio (ALCÂNTARA; BORTOLIERO, 2008).

Também no Brasil, *brownfields* foram encontrados em grandes quantidades nas principais cidades que possuem um passado fabril, principalmente aquelas que passaram pelo processo de desconcentração industrial – fenômeno caracterizado pela transferência das unidades produtivas da capital em direção ao interior –, sendo notável o caso da metrópole paulistana. Com o crescimento das cidades (*urban sprawl*), muitas indústrias passaram a se localizar longe dos centros urbanos, por motivos de ruído, poluição, intenso tráfego, etc. Formaram-se, então, os distritos industriais nas áreas periféricas e as indústrias foram deixando as áreas centrais, onde ainda permanecem *brownfields* isolados, fragmentando o tecido urbano central (VASQUES, 2006).

Segundo Günther (2006), no contexto econômico e social dois aspectos merecem destaque na questão dos *brownfields*: o primeiro foi o fenômeno da desativação industrial, ocorrido principalmente a partir dos anos 1980, que resultou em *brownfields* em locais que no passado abrigavam indústrias em locais privilegiados e o segundo foi a ocupação do espaço contíguo às instalações industriais pela força de trabalho destas próprias indústrias, fenômeno verificado a partir de 1930.

Em Goiás, dois catadores de sucata invadiram o prédio abandonado do Instituto Goiano de Radioterapia, desativado desde 1985, configurando-se em um *brownfield*. Lá, eles encontraram um volume muito pesado, constatando ser um bloco de chumbo, e o venderam para o dono de um pequeno ferro-velho, que, vendo a luminosidade estranha e bonita da pedra, fez um anel para a sua esposa, com fragmentos do Césio-137. A cápsula de Cloreto de Césio fazia parte de um equipamento hospitalar utilizado para radioterapia que utiliza o césio-137 para irradiação de tumores, ou materiais sanguíneos (sangue e plasma sanguíneo). Após o ocorrido, os imóveis em volta do acidente radiológico tiveram os seus valores reduzidos a preços insignificantes, pois quem morava na região queria sair daquele lugar, mas o medo da população da existência de radiação no ar impedia a compra e construção de novas habitações. Muitas lojas e o comércio que existiam antes do acidente acabaram fechando ou mudando, sobrando alguns poucos comerciantes que ainda resistiam em continuar na região. O local onde ficava a casa dos dois

catadores de sucata pode ser localizado atualmente na Rua 57, no Setor Central, em um lote vazio, coberto por uma espessa camada de 7 metros de concreto para impedir possível vazamento de radiação. Este acidente deu a Goiânia o título de maior acidente radiológico do mundo (SEIBT, 2007).

Os vazamentos em dutos e tanques subterrâneos de armazenamento de combustíveis constituem-se em fontes de contaminação dos solos. E os maiores problemas de contaminação são atribuídos aos hidrocarbonetos monoaromáticos como o benzeno, tolueno, etilbenzeno e às três formas de xileno (*orto, meta e para*), denominados BTEX, que são os constituintes mais solúveis e mais móveis da gasolina (LOURENÇO, 2006). Mas há um dado muito importante a ser considerado: como os tanques subterrâneos de combustível possuem uma média de vida de 25 anos, os postos de combustíveis que não continuarem suas atividades após este período seriam potenciais geradores de *brownfields* cujo subsolo estaria impregnado de BTEX, ou seja, apresentariam alto grau de contaminação.

O episódio mais marcante de vazamento de combustível ocorreu na Vila Socó, em Cubatão, São Paulo. Em 1951, a Petrobrás construiu um duto de gasolina, que passava pelo subsolo da Vila Socó, quando a vila ainda não existia (a vila surgiu na década de 70). A vila era composta de barracos e palafitas de madeira, que chegou ao número de 1.000 barracos em 1980, abrigando aproximadamente 6.000 moradores. No dia 24 de fevereiro de 1984, o duto do oleoduto da Petrobrás rompeu devido à corrosão, ocasionando um enorme vazamento de combustível pelo terreno de mangue sob os barracos e palafitas da vila. Não se sabe qual foi o estopim, mas o que se seguiu foi um incêndio de proporções gigantescas. Oficialmente, 93 morreram (o equivalente ao número de corpos encontrados). Porém, estima-se que tenham morrido 453 pessoas (BAU, 2006). A área foi desocupada e, apesar de ainda apresentar sinais evidentes de contaminação em 1991, invasores voltaram a ocupar a mesma área onde ocorreu o desastre.

De acordo com Valentim (2007), a origem do problema de contaminação dos solos remonta à segunda metade do século XIX, com a gênese da industrialização

paulistana. Especialmente a partir de 1890, a indústria paulistana demandou localizações cujos atributos incluíam espaços amplos e planos, proximidade da água e de meios de transporte. Por causa da proximidade da ferrovia Santos-Jundiaí, às margens dos rios Tietê e Tamanduateí, as indústrias se fixaram em bairros como Lapa, Barra Funda, Bom Retiro, Brás, Mooca e Ipiranga.

São nesses bairros que se manifestam os primeiros problemas e desconfortos, tais como chaminés, barulho do tráfego e do maquinário pesado, do mal cheiro dos corpos d'água já poluídos dos terrenos cobertos por rejeitos da produção. Os bairros industriais perderam as vantagens locacionais características das primeiras décadas da implementação da indústria (VALENTIM, 2007).

Segundo Sanchez (2001), em São Paulo

“a indústria desenvolveu-se, inicialmente, no centro e no bairro do Brás, no começo do século XX, espalhando-se antes dos anos de 1930 para os bairros da Mooca e Barra Funda, ao longo dos eixos ferroviários. Muitas dessas indústrias não mais existem. Foram fechadas e os edifícios foram demolidos ou reciclados”.

Com os anos 50, surge uma nova configuração da industrialização nacional, elegendo São Paulo como pólo econômico nacional e privilegiando o capital estrangeiro, marcando esta década como os anos da “industrialização pesada”, com o incremento de bens de consumo e de produção, consolidando São Paulo na posição de liderança da economia nacional. Nos anos 60, observa-se a tendência de deslocamento dos investimentos da cidade de São Paulo para os municípios que hoje constituem a Região Metropolitana de São Paulo, legando à sorte de novos investidores o passivo estrutural potencialmente contaminado (VALENTIM, 2007).

Esse deslocamento ou transferência é um mecanismo conhecido há muito tempo na Europa. Na França, desde 1880, as indústrias de Paris começaram a mudar-se para a periferia da cidade e para as cidades mais distantes da capital francesa. A esse fenômeno, Sanchez (2001) denominou de *exurbanização industrial*, fenômeno que

ocorre quando empresas sediadas nos grandes centros das metrópoles transferem suas sedes para a região periférica das cidades ou para o interior. No Brasil, um exemplo dessa *exurbanização industrial* ocorreu na localidade de Itaú de Minas, onde uma fábrica de cimento construída em 1939, completamente envolvida pela urbanização e sem possibilidade de expansão física – a não ser adquirindo imóveis vizinhos – foi inteiramente desativada em 1987, quando uma nova já havia sido construída em terreno muito mais amplo, fora da cidade (SANCHEZ, 2001).

A opção de demolição dos edifícios é muitas vezes a mais simples, já que pode ser difícil e caro adaptar um edifício industrial para um uso distinto. Neste caso, os terrenos podem ser utilizados em sua totalidade ou em partes, ou seja, loteados. Basta que eles não estejam contaminados. São Paulo apresenta diversos casos de reutilização de edifícios e terrenos industriais para novas finalidades. Um dos exemplos é o SESC-Pompéia, antiga fábrica transformada em centro cultural e de lazer. A intenção inicial de demolir o prédio felizmente não se concretizou devido à indefinição do traçado da linha do metrô, permitindo a preservação do prédio (VALENTIM, 2007).

Apesar de ser a opção mais simples para a resolução do problema do descarte das benfeitorias, com a demolição dos edifícios surge outro problema de mesma magnitude ou ainda maior, que é o que fazer com os resíduos gerados da demolição dos edifícios e benfeitorias das fábricas e indústrias abandonadas, geradores de graves contaminações ambientais. E este problema se agrava ainda mais quando se constata que, se já havia dificuldade na escolha de locais para disposição final dos resíduos de demolição da construção civil, com a expansão desordenada do tecido urbano esse problema agravou ainda mais este cenário, onde os aterros e lixões eram o destino mais provável desses resíduos.

Dessa forma, de acordo com Valentim (2007),

“[...], os aterros e lixões, indústrias ativas e desativadas, áreas comerciais que manipulam substâncias nocivas (postos de gasolina, bases de distribuição de derivados de petróleo, depósitos de produtos químicos) e os acidentes envolvendo produtos tóxicos são considerados como potenciais fontes geradoras de contaminação ambiental”.

De acordo com Gusmão (2008),

“as demolições, na maioria dos casos, também se apresentam como uma grande fonte geradora desse resíduo, uma vez que, de um modo geral, vêm sendo realizadas sem processos relacionados e sem qualquer tipo de segregação”.

Grande parte dos passivos ambientais existentes está relacionada às indústrias que não mais exercem atividades no local onde foram originalmente instaladas e que foram parcial ou totalmente demolidas. Em razão desse passivo, ou seja, em razão desse legado ambiental, muitos dos usos do solo metropolitano mostram-se incompatíveis com o nível de contaminação nele presente, acarretando situações de risco para seus habitantes. Quanto mais intenso for o processo de expansão ou reestruturação urbana, maiores dimensões alcançam os problemas dos passivos ambientais, principalmente pelo abandono de áreas industriais (VALENTIM, 2007).

Daí, começou a ser incorporado nas práticas de determinadas indústrias e nas legislações ambientais existentes (tais como a Resolução CONAMA Nº 307/02), a partir da década de 1990, o conceito de ciclo de vida dos produtos, que contempla o ciclo de vida de um produto desde o “berço ao túmulo” (CARVALHO FILHO, 2001). Nos Estudos de Impacto Ambiental (EIA), por exemplo, isso está contemplado quando se distinguem as fases de planejamento, implantação e operação do empreendimento. Porém, a preocupação vai além dessas fases, culminando com a fase de desativação. O ciclo de vida deve considerar o que fazer com as instalações, uma vez que o empreendimento “nasce, cresce e morre”, e, com isso, gera-se degradação do meio ambiente. Essa preocupação pelo ciclo de vida completo,

incluindo o "cadáver" e seus efeitos no entorno, está em consonância com o princípio do "desenvolvimento sustentável", valorizando o reaproveitamento de partes do "cadáver" na reabilitação das estruturas existentes, quando possível (FOLADORI, 2002).

Capítulo 2

Aspectos da contaminação na região central do Recife

2.1 Breve histórico

Para efeito histórico, recorta-se o espaço temporal, situado entre a segunda metade do século XIX, período assinalado por grandes transformações econômicas e sociais, e de crescimento acentuado do núcleo urbano, estendendo-se o intervalo, para efeito de abordagem, aos anos setenta do século XX, correspondente a uma fase de crescimento acelerado e de significativas mudanças no arcabouço da cidade do Recife (LIMA, 2005).

A crescente ascensão da indústria têxtil no Estado a partir de 1860, principalmente por conta da Guerra da Secessão nos Estados Unidos, quando o abastecimento norte-americano para a indústria inglesa foi interrompido, gerando uma grande procura pelo algodão que, por isso, alcançou preços elevados (Pernambuco de A/Z).

Até 1939, o setor têxtil pernambucano cresceu ainda mais e passou a ocupar o primeiro lugar na produção industrial do Estado, desbancando o setor de alimentos que passou para a segunda posição. A partir de 1950, quando teve início a interiorização da indústria pernambucana, o setor de alimentos voltou a liderar a produção no Estado (Pernambuco de A/Z).

O Recife constituía-se em centro de polarização e irradiador da região Nordeste no século XIX, papel favorecido também pela abertura das estradas e ferrovias, em direção ao interior do Estado e a outros Estados da região. Ao aperfeiçoamento do processo produtivo, aliava-se a instalação de uma infra-estrutura de estradas de ferro que, partindo do Recife, adentravam o interior atingindo as zonas produtoras de açúcar e de algodão. As vias de circulação favoreciam o movimento da produção e o deslocamento paulatino da população do campo em direção à cidade (LIMA, 2005).

De acordo com Andrade (1979),

“O crescimento do Recife, na segunda metade do século XIX, não pode ser analisado apenas através de sua expansão pela planície do delta do Capibaribe; para ser compreendido é necessário também compreender a ampliação de sua função regional, de sua função de centro de comercialização de produtos agrícolas – do açúcar e do algodão e dos couros e peles, sobretudo – oriundos do interior. Daí a contribuição dada para o crescimento de sua função comercial-portuária pela implantação de estradas carroçáveis na primeira metade do século, e das ferrovias, a partir de 1858.”.

Foi também na segunda metade do século XIX que surgiram as máquinas a vapor e os primeiros transportes sobre trilhos. As estradas de ferro ajudaram no transporte dos bens produzidos nas fábricas. Cidades surgiram nas proximidades dos trilhos, por onde escoavam as riquezas da terra, como era feito na antiguidade, em que as cidades se situavam próximo aos rios, facilitando o embarque e desembarque dos produtos transportados pelas embarcações. O pioneiro na implantação das estradas de ferro no Brasil foi Irineu Evangelista de Souza, mais conhecido como o Barão de Mauá (SILVA; PEREIRA, 2008).

Um importante aspecto deve ser mencionado na evolução urbana do Recife: a implantação das linhas ferroviárias. A Recife - São Francisco foi a segunda ferrovia inaugurada no Brasil, no dia 8 de fevereiro de 1858, quando ocorreu o primeiro trem até a vila do Cabo, em Pernambuco. Esta ferrovia, apesar de não ter atingido a sua finalidade – o rio São Francisco – ajudou a criar e desenvolver as cidades por onde passava. Em 1852 os engenheiros ingleses Edward e Alfred Morney obtiveram a concessão para uma ferrovia ligando Recife ao rio São Francisco. Em 1853 foi organizada em Londres a Recife and São Francisco Railway Company, como a primeira empresa ferroviária inglesa a se estabelecer no Brasil. A construção da linha foi iniciada em 7 de setembro de 1855, e inaugurado o trecho inicial entre Cinco Pontas e Cabo em 8 de fevereiro de 1858, tornando-se assim a segunda estrada de ferro a operar no país, precedida apenas pela Estrada de Ferro Mauá. A linha chegou a Una, atual Palmares, em 1862. As maiores pontes por onde ela

passava eram a de Afogados e Motocolombó, com 116 e 97 metros (A HISTÓRIA DA CFN).

A concessão está descrita no Decreto nº 1246 de 13 de outubro de 1853, conforme a seguir:

“Tomando em consideração o que Me representáram Eduardo de Mornay o Alfredo de Mornay, a quem Fui servido Conceder o privilegio da construcção da estrada de ferro desde a cidade do Recife até o rio de S. Francisco por meio de uma companhia de nacionaes e estrangeiros, pedindo-Me a approvação dos estatutos para a mesma companhia, e ouvida a Secção dos Negocios do Imperio do Conselho de Estado (...)

Art. 1º Organizar-se-ha uma companhia ou sociedade anonyma intitulada - Companhia da estrada de ferro de Pernambuco desde a cidade do Recife até o rio de S. Francisco - com o fim de construir uma estrada de ferro, que deverá partir do porto do Recife e terminar no nivel superior daquelle rio acima da cachoeira de Paulo Affonso, em conformidade das condições annexas ao Decreto n. 1030 de 7 de Agosto de 1852 e do contracto celebrado na mesma data entre o Governo de Sua Magestade Imperial e os emprezarios fundadores Eduardo de Mornay e Alfredo de Mornay, com as alterações e additamentos constantes do Decreto e do contracto datados de hoje” (BRASIL, 1853).

Tal concessão foi cedida pelo Imperador D. Pedro I. As primeiras locomotivas foram importadas da Inglaterra, bem como os trilhos e os dormentes. A estação central foi montada no centro da cidade na esplanada das Cinco Pontas. As viagens foram abertas ao público do ano de 1858, devido a uma epidemia de cólera-orbo que se alastrou desde Belém do Pará, passando pela Bahia e chegando, finalmente, a Recife, e matando vários engenheiros responsáveis pela construção da estrada de ferro (SILVA; PEREIRA, 2008). Na viagem inaugural (1858), o primeiro trem transportou, de Cinco Pontas à vila do Cabo, mais de quatrocentas pessoas. (PINTO, 1949).

Porém, a estrada de ferro ligando o Recife ao São Francisco ainda não havia alcançado seu objetivo principal, que era a foz do rio. A continuação desses trabalhos foi dada a companhia francesa *Fives Lille* que se encarregou de fornecer o material, além dos trabalhos de revisão dos estudos, o que ficou ao cargo do engenheiro J. Ewbank da Câmara. A criação da estrada de ferro do São Francisco trouxe muitos transtornos, mas também muitas benfeitorias, como, por exemplo, a elevação de vilas a cidades, como o caso do Cabo, em 1877. Ao longo dos anos várias ramificações foram sendo integradas às já existentes: de Nazaré à Vila de Timbaúba, Timbaúba e Pilar. Percebe-se também, que as estradas de ferro tiveram um importante papel no transporte de mercadorias, como algodão e cana-de-açúcar (SILVA; PEREIRA, 2008).

Desde o início da década de 1950 estudos realizados pelo governo federal e também a Comissão Mista Brasil - Estados Unidos recomendavam a unificação das ferrovias administradas pela União em uma empresa de economia mista. Finalmente foi sancionada pelo presidente Juscelino Kubitschek a lei número 3.115 de 16 de março de 1957, criando a RFFSA - Rede Ferroviária Federal S. A., que entrou em funcionamento no dia 30 de setembro do mesmo ano. Com a criação da RFFSA foram reunidas 22 ferrovias, dentre elas a Rede Ferroviária do Nordeste, com sede em Recife, PE (A HISTÓRIA DA CFN).

A RFFSA foi criada com a finalidade de administrar, explorar, conservar, reequipar, ampliar e melhorar o tráfego das estradas de ferro da União a ela incorporadas. Ela assumiu o transporte de cargas e passageiros e foi dividida, em termos administrativos, em superintendências regionais, de acordo com as regiões Nordeste, Sudeste, Centro-oeste e Sul (LINS, 2004).

Em 1977, a RFFSA foi extinta. No mesmo ano, as linhas foram cedidas em concessão para a CFN - Cia. Ferroviária do Nordeste. Os trens de passageiros seguiram até os anos 1980. Somente sobram hoje os trens de subúrbio de Maceió e de Recife, que percorrem as duas pontas da linha (ANDRADE, 1989).

Mas há uma consequência histórica da construção da estrada de ferro Recife - São Francisco. Esta obra, através de seus trilhos e do pátio de manobras, implicou na criação de uma barreira física entre o bairro de São José e a frente d'água - Estuário do Pina. E esta barreira é, exatamente, a área pertencente à antiga RFFSA, situada no Cais José Estelita, bairro de São José, em Recife – PE (PINHO, 2007).

2.2 A influência do pátio da RFFSA no estuário do Pina

A Região Metropolitana do Recife (RMR) apresenta um ambiente caracterizado pela diversidade, expressa pelos diferentes ecossistemas presentes e pelas alterações causadas pela conjugação de fatores biológicos, climáticos, morfológicos e antrópicos. As formas de ocupação e uso do solo e as características sócio-econômicas são decisivas na forma como as alterações ambientais se processam e na extensão do impacto causado.

Como resultado desse processo na RMR surgiram diversos problemas, dentre os quais se destacam: (i) substituição de ecossistemas frágeis (mangues, matas e estuários) por áreas urbanas; (ii) ocupação de áreas alagadas, mediante a execução de aterros não controlados; (iii) ocupação de áreas de encostas; desenvolvimento desordenado de núcleos urbanos; (iv) aumento da frota de veículos circulantes e o conseqüente aumento da emissão de gases poluentes.

A prática de aterramento em solo recifense gerou conseqüências desafiantes na tarefa do fazer a cidade. Essa prática exigia cuidado na utilização de técnicas das mais rudimentares às mais sofisticadas. Isto porque, sendo o solo do Recife constituído por bacias naturais percorridas por rios, baixios e gamboas, apresentava-se facilmente alagável, resultando para as áreas ribeirinhas problemas de escoamentos das águas pluviais e de esgotamento sanitário. O aterramento das áreas alagadas no processo da formação da cidade foi uma ação percebida tanto pelo poder público como por particulares (LIMA, 2005).

O núcleo primitivo urbano da cidade nasceu com o Porto do Recife e era constituído originalmente por conjunto de estreitas ilhas e gamboas, resultante das ações de depósitos trazidos pelos rios e pelas correntes marítimas e do aterro de manguezais, em diversos momentos da história. A cidade ficou marcada, em meados do século XIX, pelas reformas da Av. Conde da Boa Vista e, no início do século XX, pelas reformas da Rua Sigismundo Gonçalves, no bairro do Recife. Ainda no início do século XX, o Bairro do Recife já se apresentava como local portuário e entreposto comercial. É neste contexto que se destaca a presença do Bairro de São José, que é contornado pelos braços do rio Capibaribe ao norte e a oeste e limitado ao sul pela bacia do rio do Pina (PINHO, 2007).

O bairro de São José, onde o está situado o pátio da RFFSA, é um dos mais antigos arruamentos do Recife, sendo que sua ocupação remonta ao século XVII. Desde essa época o bairro sempre se caracterizou como local de moradia, principalmente a partir de 1875 com a inauguração do Mercado de São José. Como ocorreu nas últimas décadas do século XX com os demais bairros centrais do Recife (Santo Antônio, Recife e parte da Boa Vista) e também os centros das grandes cidades brasileiras, o bairro de São José sofreu um processo de migração da população residente para outros bairros mais novos. Isto se deu com um aumento das atividades comerciais e a degradação dos imóveis e da infra-estrutura (PINHO, 2007).

Outro aspecto que deve ser destacado é que a área da RFFSA também funciona como uma barreira física à integração da cidade com a frente d'água, pois, contendo no seu interior os trilhos da linha férrea e um pátio de manobras, impede que haja interação entre o histórico bairro de São José e o estuário do Pina. Estes trilhos, hoje, estão pouco ativados em função da mudança de modalidade das cargas do Porto do Recife com a transferência de parte das atividades para o Porto de Suape. Porém, em virtude dos problemas que a área apresenta há anos, verifica-se a necessidade de uma intervenção em maior escala. A utilização de um planejamento mais amplo é fundamental para o êxito na revitalização de áreas como forma de reverter à situação de decadência e abandono em que se encontram (PINHO, 2007).

De acordo com Costa (1989),

“Nesse cenário, vê-se no Recife o declínio dos trens de subúrbio que enfrentavam o descontentamento da população, pois o trem de subúrbio foi ficando cada vez mais desconfortável e inconveniente, pois, devido ao grande espaçamento existente entre as estações, apresentava irregularidades nos horários além da morosidade das viagens, uma conseqüência dos conflitos do tráfego ferroviário com o trem urbano.”

Com a consolidação do Recife como importante centro comercial, tendo o bairro de São José como seu pólo, a cidade passou a ter seu crescimento para a periferia e a noção de centro começou a se diluir. Este processo de saída da população residente provocou uma deterioração dos centros urbanos, dando início a um processo de degradação e contaminação da área (PINHO, 2007).

Em resumo, o tecido histórico do bairro de São José é marcado geograficamente pela presença das águas, de eixos de transportes, de monumentos, de arruamentos comerciais, como também de galpões desativados, muitas vezes degradados e vazios. Mas ele representa um grande valor para a cidade do Recife, pois é um dos bairros mais antigos, fazendo parte da origem de sua formação urbana. O bairro é marcado pela forte concentração de atividades comerciais e de serviços, que veio aumentando desde os meados do século XX, atraindo milhares de pessoas diariamente. O bairro tem localização geográfica privilegiada e dispõe de boa infraestrutura, inclusive rede coletora de esgotos sanitários que não existe em muitos locais considerados “nobres” na cidade. É contornado pelos braços do Rio Capibaribe a norte e a oeste, e limitado ao sul e a leste pela bacia do Rio Pina. Mas a área vem sofrendo um processo de descaracterização nas suas edificações devido à mudança de uso, ao estado de abandono e à falta de conservação (PINHO, 2005).

2.3 O potencial de contaminação na região

Um sistema eficaz de transporte é essencial para o desenvolvimento econômico industrial, e a ferrovia é, sem dúvida, um exemplo disso. Foi o sistema de transporte responsável pelo florescimento da indústria desde a revolução industrial. Com o surgimento de outras vias de transporte, como rodovias, pontes, túneis rodoviários, ruas e avenidas urbanas, muitas ferrovias tornaram-se obsoletas, estações foram fechadas. Em alguns casos, trilhos foram arrancados e as oficinas e armazéns foram demolidos (SANCHEZ, 2001). Algumas ferrovias permaneceram operando em estado precário, dada a indefinição de seu destino, além da indefinição do que fazer com o local que as abrigava. Alguns Estados brasileiros redesenharam o transporte ferroviário de passageiros, dando-lhes função definida e importante no tecido urbano, caracterizada pelo alcance social de sua amplitude.

Por outro lado, alguns terrenos foram contaminados pelas atividades de transporte ferroviário de cargas. Locomotivas antigas à carvão produziam cinzas que eram lançadas na margem do caminho e nos pátios ferroviários de origem e destino. Essas cinzas podiam conter metais pesados e poluentes. As cargas transportadas eram ocasionalmente produtos perigosos, que também podiam vaziar quando do transbordo para outros meios de transporte ou por ocasião de acidentes. Além disso, vazamentos de óleo diesel e lubrificantes de locomotivas e vagões também são fatores de contaminação do solo, assim como os produtos tóxicos usados na preservação da madeira dos dormentes (estruturas de madeira que suportam os trilhos). Dessa forma, pátios de manobras e de transbordo, oficinas e áreas de manutenção são, hoje em dia, áreas suspeitas de contaminação em toda ferrovia (SANCHEZ, 2001).

Segundo Lima e Silva (2005), a investigação geoambiental de áreas contaminadas é um processo que compreende a coleta e análise conjunta de dados como: (i) propriedades químicas e físico-químicas do meio geológico e dos contaminantes; (ii) estratigrafia do subsolo e regime hidrogeológico da área; (iii) magnitude, natureza e extensão da contaminação do solo, da água subterrânea e da água superficial. Estas informações podem ser obtidas através de métodos diretos de investigação

como: sondagens de reconhecimento do subsolo, através do uso de ferramentas como o SPT (*Standart Penetration Test*), e sondagens a trado; ensaios de campo e de laboratório para determinar parâmetros hidrogeológicos (condutividade hidráulica e porosidade, etc); análises laboratoriais para a definição da granulometria e composição mineralógica dos solos; instalação de piezômetros e poços de monitoramento para traçar o regime hidrogeológico da área e também para a retirada de amostras da água subterrânea; análises químicas e físico-químicas do solo e da água superficial e subterrânea.

Assim como as estradas de ferro, a ausência de uma investigação ambiental nas indústrias abandonadas é um fator alarmante. Nesse sentido, Sanchez (2001) explica que a despreocupação com o abandono das indústrias desativadas, juntamente com o desconhecimento de seus processos produtivos e de seus despejos no meio ambiente (lastreados pela ausência de legislação ambiental, específica ou não), legaram às gerações atuais um passivo ambiental considerável, além de áreas potencialmente contaminadas e degradadas.

Após a ocorrência de diversos casos de contaminação e degradação ambiental causadas pelo abandono indiscriminado das áreas que foram anteriormente ocupadas por indústrias, sentiu-se a necessidade de criação de leis de proteção ambiental verdadeiramente preventivas, diferentes das já criadas, que apresentavam caráter simplesmente corretivo e redutor da extensão dos problemas existentes. A idéia é que fossem criadas leis de caráter preventivo, elaboradas com a preocupação de proteção ao meio ambiente (TOLEDO, 2007).

Nesse sentido, analisando a configuração da metrópole cuja inexistência de áreas novas e “limpas” é um dado espacial concreto, a Resolução CONAMA N° 307/2002 para gerenciamento de áreas contaminadas permite um reaproveitamento mais criterioso destas áreas, dando lugar a outras edificações ou a novos usos. Esse processo deve acontecer como resultado da demanda do setor imobiliário e da construção civil, acompanhado por um planejamento do poder público na avaliação dos riscos à saúde oferecidos por tais áreas.

A avaliação dos riscos à saúde humana é, portanto, um fator de fundamental importância e baseia-se nos dados toxicológicos conhecidos. O conhecimento do comportamento toxicológico de uma substância é o balizador da exposição segura do ser humano a esta substância, seja por ingestão, contato ou simples presença no mesmo ambiente, de acordo Toledo (2007). Ele explica que a análise de risco inicia-se pelo estabelecimento de uma avaliação ambiental que, na Política Nacional do Meio Ambiente (Lei 6938/81), figura como risco aos bens a proteger, que são os seguintes:

- A saúde e o bem-estar da população;
- A fauna e a flora;
- A qualidade dos solos, das águas e do ar;
- Os interesses de proteção à natureza / paisagem;
- A ordenação territorial e planejamento territorial e urbano;
- A segurança e a ordem pública.

Para os propósitos desta pesquisa, a avaliação do risco ambiental dar-se-á pelo conhecimento dos contaminantes existentes, sua concentração e sua potencial interferência direta ou indireta na saúde humana.

Locais como os galpões do Instituto do Açúcar e do Alcool (IAA), no Cais José Estelita, e a área adjacente a esses galpões, que vai da linha férrea pertencente à RFFSA até as proximidades da Rua Imperial, no bairro de São José, em Recife, Pernambuco, encontram-se atualmente em estado de abandono, tornando-se uma área com potenciais de degradação estrutural e ambiental consideráveis, sendo, portanto, merecedora de uma investigação mais profunda.

Capítulo 3

Estudo de caso

A análise da situação da área potencialmente contaminada pertencente à RFFSA, no Cais José Estelita, bairro de São José, em Recife, e sua influência nas áreas situadas no entorno da mesma, na medida em que esta área pode representar potenciais riscos ao meio ambiente e à sociedade (Figura 1).



Figura 1: visão aérea da região central do Recife. Fonte: PINHO (2007)

3.1 Caracterização da área

A geomorfologia da área litorânea sul da RMR – Região Metropolitana do Recife pode ser classificada em: Superfície dos Tabuleiros Costeiros e Faixa Litorânea (Brasil/MME, 1981).

Os Tabuleiros Costeiros caracterizam-se pelos relevos tabulares a colinosos, ou seja, predominantemente planos a suavemente ondulados, e com topos aplainados com cotas que variam de 30 a 100 m. Os tipo de solos encontrados são Podzólico Vermelho-Amarelo (Pires Advogados & Consultores, 2007). De acordo com Brasil/MME (1981), na parte Noroeste encontram-se extensos platôs eu chegam a 200 metros de altitude e, aproximando-se da costa, formam-se platôs recortados com cotas próximas aos 100 metros, morros sinuosos e colinas arredondadas. A cota de 10 metros marca a quebra pronunciada para a Planície Costeira.

A Faixa Litorânea corresponde à Planície Costeira e é constituída por sedimentos de origem marinha e flúvio-lagunar, compondo todo o litoral metropolitano, com larguras variadas (Brasil/MME, 1981). O Complexo Lagunar corresponde ao conjunto de sub-ambientes representados por mangues, zonas alagadas e depósitos de tálus e a Margem Oceânica é representada pela praia atual e os recifes de arenitos (Pires Advogados & Consultores, 2007).

A área em estudo localiza-se no Bairro de São José, na cidade de Recife, capital do Estado de Pernambuco. Ela localiza-se na extensão da Avenida Eng^o José Estelita, situando-se entre a Avenida Norte e o estuário do Pina, cujas coordenadas geográficas são as longitudes 34°53'25"W e 34°52'48"W e as latitudes 8°4'34"S e 8°4'20"S e cuja área do terreno é de aproximadamente 120.000 m². Trata-se de um local densamente urbanizado, com diversas terminações ferroviárias ainda em uso, além da grande quantidade de terminações rodoviárias situadas em seu entorno (Figura 2).



Figura 2 – visão superior da área estudada. Fonte: PINHO (2007)

— Área a ser estudada

3.2 Definição da área de estudo

O estudo foi desenvolvido na área delimitada, conforme Figura 2, pelo entorno do Cais José Estelita, envolvendo os galpões do IAA e a RFFSA – Rede Ferroviária Federal S.A., ocupantes da mesma área. Ela está situada entre duas vias importantes que fazem a ligação da região sul ao centro da cidade, no bairro de São José, Recife, Pernambuco. A área foi ocupada no final da década de 60, atualmente é de propriedade da União, uma vez que o seu antigo proprietário, a RFFSA, ainda se encontra em processo de extinção. Atualmente, a área se encontra arrendada à Companhia Ferroviária do Nordeste (CFN). O potencial de contaminação desta área é enorme, pois, além da possibilidade de contaminação do solo por derramamento de materiais transportados, a manutenção das locomotivas envolve utilização de óleo reparador e óleo combustível, além da oxidação natural das mesmas. Sua infraestrutura interna é caracterizada por um grande pátio ferroviário, onde são realizadas atividades de carga e descarga de materiais. O terreno possui estreita ligação com a região estuarina da Bacia do Pina, dada a proximidade entre eles.

Uma parte do pátio, aproximadamente 2/3 da área total, foi recentemente adquirida por um consórcio de empresas, cuja negociação se deu por um termo compromisso de compra e venda. Porém, até o momento, ainda não foi efetuada a posse da parte da área adquirida pelo referido consórcio. Daí, o responsável pela administração geral dos 2/3 do pátio continua sendo a Transnordestina Logística Ltda, sendo o terço restante administrado pelo passivo da RFFSA – Rede Ferroviária Federal S/A. Há um acordo de cooperação mútua entre os dois administradores da totalidade do pátio, trabalhando ao mesmo tempo funcionários da Transnordestina e da RFFSA, que, em seu terço administrado, possui uma oficina de manutenção de vagões e locomotivas.

3.3 Contaminantes

A análise físico-química bruta da água e do solo foi efetuada para a determinação da concentração dos seguintes materiais:

- zinco,
- cromo,
- chumbo,
- ferro,
- manganês
- óleos e graxas (só para água) e
- hidrocarbonetos totais (análise cromatográfica).

Na tabela periódica, os metais são, dentre os elementos químicos conhecidos, os que constituem os maiores grupos de elementos. Pelo fato de serem bons condutores de eletricidade e sua condutividade elétrica decrescer com a temperatura, os metais diferem dos não metais (maus condutores de eletricidade) e dos metalóides (condutividade elétrica baixa com o aumento da temperatura). Alguns metais traço são de grande interesse para o meio ambiente por causa de sua toxicidade (BISHOP, 2000).

No dicionário de Ecologia e Ciências Ambientais (1998), metais pesados são *aqueles metais com número atômicos de médio e altos, como o cobre, o cádmio, a prata, o arsênio, o cromo e o mercúrio, é que são tóxicos em concentrações relativamente baixas. Persistem no ambiente e podem se acumular em níveis que interrompem o crescimento das plantas e interferem na vida animal. Os detritos de atividades mineradoras e industriais e o lodo de esgoto são fontes de concentrações de metais pesados potencialmente prejudiciais.*

Apesar da poluição por metais ser associada à ação antrópica, a presença deles na crosta terrestre ocorre naturalmente, tanto em altas concentrações quanto em nível de traços, ou seja, quando as concentrações são muito pequenas. De acordo com Silva (2010), pode-se dividir as fontes de metais em duas partes distintas: fontes naturais (origem geoquímica, atmosférica e hidrosférica) e fontes antrópicas (mineração, agricultura, transportes, metalúrgica, eletrônica, química e disposição de resíduos). Daí, mesmo sendo associados à ação tóxica, nem todos os metais representam risco para o meio ambiente, sendo alguns deles até essenciais à vida humana.

A questão toma outra dimensão quando estas concentrações extrapolam os limites mínimos aceitos, causando sérios danos à biota. Outra peculiaridade dos metais é o fato de não serem modificados ou degradados, como ocorre aos contaminantes orgânicos. Desta forma, mantendo-se a fonte contaminante, ocorre a acumulação progressiva e persistente do metal no solo (BIONDI, 2010).

O problema se dá quando há um considerável aumento de suas concentrações, seja nos meios aquáticos, terrestre ou atmosférico, provocando reações adversas nos organismos, cujas populações são expostas e potencialmente contamináveis. E esse problema vem despertando interesse na comunidade científica. O estudo de Brayner (1998) em um viveiro de cultivo de peixes no estuário do rio Capibaribe (região metropolitana do Recife, em Pernambuco), que determinou as taxas de retenção de metais-traço por sedimentos orgânicos, apresentou níveis de metal bastante elevados, notadamente para o cromo e para o zinco, caracterizando contaminação da área por estes metais.

Outro exemplo foi a investigação dos níveis de metais-traço (cromo, cobre, manganês, chumbo, zinco, prata, titânio, etc) em solos do Complexo Industrial Portuário de Suape-PE, realizado por Teódulo (2003). Apesar de alguns metais serem detectadas na fração residual, sem comprometer os ecossistemas locais foi

detectada uma elevada concentração de cádmio, segundo referência para o solo (CETESB, 2001).

Portanto, a questão da toxicidade dos metais foi a referência na escolha dos metais elencados para o presente estudo.

A quantificação do nível de hidrocarbonetos e metais pesados (como o zinco, manganês, cromo, cobalto, chumbo, níquel e cromo) feita por Chagas (2003) em sedimentos superficiais estuarinos na área de intervenção do Complexo Industrial Portuário de Suape – PE sinalizam a importância do estudo do nível de concentração desses elementos na natureza como forma de identificar a variação dos mesmos nesse espaço.

O vazamento de tanques contendo derivados de petróleo, como a gasolina e o óleo diesel, pode acarretar problemas à população, oferecendo riscos à saúde pública e aos ecossistemas. O contato desses combustíveis com o meio físico pode ocorrer através de derramamentos durante a operação de transferência do produto para o tanque, vazamentos no sistema devido à corrosão, falhas estruturais do tanque ou da tubulação conectada ao tanque, ou mesmo por sua instalação inadequada. Tudo isso pode gerar riscos de incêndios, explosões e contaminação do solo, subsolo e da água subterrânea (ALMEIDA et al., 2007).

Capítulo 4

Metodologia

Foram efetuadas, preliminarmente, três visitas ao local do estudo, e executado um levantamento fotográfico detalhado do local de estudo, doravante denominado “pátio”, em alusão ao “pátio de manobras” representativo daquele local. De posse deste levantamento, foram definidos os locais do pátio onde seriam coletadas as amostras de solo e de água para análise da composição de prováveis elementos contaminantes.

Foram realizadas visitas aos seguintes locais, para obtenção de informações bibliográficas históricas e atuais a respeito do local de pesquisa:

- RFFSA – Rede Ferroviária Federal S/A;
- Transnordestina Logística S/A;
- CPRH – Agência Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos;
- IBAMA – Instituto Brasileiro de Meio Ambiente;
- EMLURB – Empresa de Limpeza Urbana de Recife;
- Estação Ferroviária Central do Recife;
- Centro Cultural do Banco do Brasil S/A;
- FUNDAJ – Fundação Joaquim Nabuco;
- Prefeitura da Cidade do Recife;
- Biblioteca Central do Recife.

No pátio da RFFSA, foram levantadas diversas informações a respeito do histórico do pátio e informações a respeito do processo de execução dos serviços de carga, transporte e descarga de materiais, além da identificação destes materiais, no intuito de serem identificados os que possuíssem maior poder contaminante e que pudessem sofrer derramamento no solo.

Na Unidade Regional Recife da RFFSA, constatou-se que os materiais mais comumente transportados eram cimento, açúcar, milho, gipsita, gesso, clínquer e ferro gusa, além do melaço que era armazenado em tanques externos localizados no próprio pátio de manobras. Não se constatou nenhum acidente representativo no pátio que pudesse contaminar mais decisivamente o solo. Porém, é de se esperar que, durante a locomoção dos trens e no carregamento ou descarregamento dos vagões, haja a possibilidade de derramamento ou vazamento de cargas, sugerindo contaminações em diversos locais.

Grande parte do acervo documental da RFFSA havia sido cedida ao Centro Cultural Banco do Brasil, localizado na agência Centro, para ser incorporada às exposições realizadas por aquele banco. O material hoje se encontra recolhido ao Centro Cultural do Banco do Brasil no Rio de Janeiro.

Esta visita ao pátio revelou-se a mais importante de todas, pois, através dela, foi possível verificar *in locu* as potenciais condições de contaminação existentes no solo e, conjuntamente com o levantamento fotográfico realizado, foi possível definir os locais de perfuração do solo e coletas de água para posteriores análises.

4.1 Coleta das amostras

4.1.1 Localização dos pontos de coleta

Os pontos de coleta de material foram definidos através da análise das informações elencadas no item anterior. Com o resultado da compilação desses dados, foram definidos 10 locais no pátio para coleta de material, sendo nove coletas de solo e uma coleta de água. São eles:

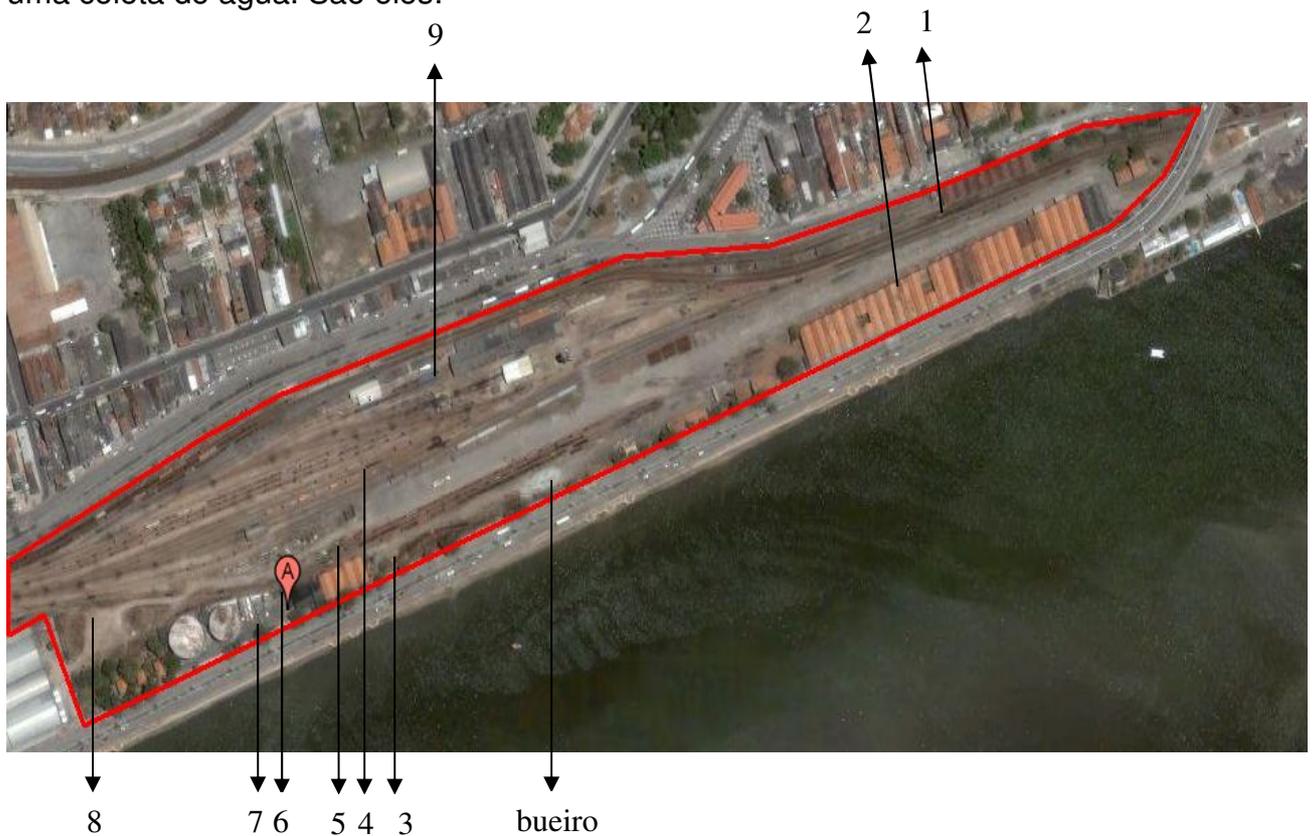


Figura 3: Localização dos pontos de coleta - foto de satélite. Fonte: Google Maps

Nº Furo	Coordenadas	Localização / Caracterização
1	8°4'23"S,34°52'57"W	Local com óleo no mecanismo de bifurcação dos trilhos
2	8°4'25"S,34°52'57"W	Área com sucatas dentro do armazém ferroviário
3	8°4'31"S,34°53'12"W	Zona do clínquer, também próxima a sucatas
4	8°4'29"S,34°53'14"W	Área com moderada quantidade de rejeito de clínquer sobre o solo, próximo vagões aparentemente abandonados e muito enferrujados
5	8°4'30"S,34°53'14"W	Local em frente ao armazém que era usado pelo Programa Rodando Limpo (reciclagem de pneus), onde se encontravam pneus velhos e amontoados
6	8°4'31"S,34°53'16"W	Óleo no mecanismo de bifurcação dos trilhos
7	8°4'32"S,34°53'16"W	Área dos tonéis de melaço
8	8°4'32"S,34°53'21"W	Área entre o depósito de clínquer e alguns vagões abandonados e enferrujados
9	8°4'27"S,34°53'11"W	Área junto ao tanque de armazenamento de óleo combustível, onde havia uma mancha que exalava um forte odor
Bueiro	8°4'29"S,34°53'8"W	perto do depósito de sucatas de locomotivas

Tabela 1: Especificação dos pontos de coleta

As coletas de solo foram executadas retirando-se uma amostra de material de cada furo a 0,50 metro da superfície. A coleta de água só foi possível ser executada à 1,00 metro, pois só havia água no bueiro até essa profundidade.

Para a realização das coletas de material dos pontos definidos no pátio foi necessária a obtenção da autorização de ambas as empresas, pois os locais de coleta estavam localizados em áreas do pátio sob responsabilidade das mesmas.

Os técnicos do Instituto de Pesquisa Tecnológica de Pernambuco (ITEP) foram os executores da coleta, transporte, realização dos ensaios de solo e de água do pátio e aquartelamento de todo material coletado, com o devido acompanhamento do Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil (PEC) da Escola Politécnica da Universidade de Pernambuco (POLI-UPE).

As coletas foram realizadas em dois dias distintos. Na data de 02/07/09, foram coletados os sedimentos de solo nos locais de número 1, 2, 3, 4 e no bueiro, indicados na figura 3. O restante das coletas foi realizado na data de 14/07/09, obedecendo-se os mesmos critérios de execução das coletas anteriores.

Nas datas indicadas, o pessoal especializado do ITEP compareceu ao local, munido dos equipamentos necessários para a coleta e recolhimento dos materiais. A escavação dos buracos foi executada por trado manual, recolhendo o material até 0,50 m e acondicionando em sacos impermeáveis apropriados, afixando em cada saco uma etiqueta com os dados necessários para identificação das coletas, além da data de cada uma delas.

Os materiais foram, então, recolhidos ao ITEP para que fossem realizados os ensaios indicados.

4.1.2 Ensaios

De acordo com Moraes (2010), solo é um conjunto de corpos naturais, formado de partes sólidas, líquidas e gasosas, tridimensionais, dinâmicas, constituídas por materiais minerais e orgânicos, que podem causar contaminação no solo.

Metais pesados formam um grupo de elementos que ocorrem naturalmente no ambiente, além de serem acessórios na constituição das rochas. Tais elementos são essenciais para plantas (Ni, Cu, Fe, Mn e Zn) e animais (Ni, Cu, Mn, Zn e Cr). Porém, a acumulação progressiva destes metais pode se tornar danosa a eles. Daí, a necessidade de serem conhecidos os teores naturais destes metais no solo para que possam ser comparados com os valores quantitativos a serem encontrados nos solos coletados e determinar o nível de contaminação dos mesmos (BIONDI, 2010).

Para a determinação da quantidade de metais existentes no solo, foi necessário, primeiramente, efetuar a dissociação dos mesmos do solo, para depois efetuar a leitura e determinação dos metais por ICP (plasma indutivamente acoplado). O método usado na dissociação foi a digestão ácida no microondas de matrizes

silicosas e organicamente baseadas (*method 3052*) e o método usado na leitura e determinação dos metais foi o *method 3500*, realizado pelo ITEP.

4.1.3 Quantificação de metais, hidrocarbonetos e óleos e graxas na água

Na análise físico-química da amostra de água para a quantificação dos metais na amostra d'água foi utilizado método LQA-PT-015/016. Tal análise foi realizada pelos técnicos do ITEP – Instituto Tecnológico de Pernambuco, efetuada em seus laboratórios.

A determinação da detecção dos hidrocarbonetos na amostra d'água foi feita por cromatografia gasosa. A amostra foi analisada por dois procedimentos para qualificar os componentes derivados de petróleo: a) Técnica de SPE e b) Técnica de head-space. A amostra foi submetida a um aquecimento de 80° C durante 30 minutos, em recipiente hermeticamente fechado, sendo posteriormente analisada em um cromatógrafo gasoso. A coluna capilar utilizada *Carbowax 20M* (60 m x 0,32 mm x 1,00 µ). o limite de detecção desta análise é de 10 ppm (por componente).

Na análise físico-química da amostra d'água para a quantificação de óleos e graxas foi utilizado o método SMEWW 5520 D – Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 21st edition, 2005.

4.1.4 Quantificação de metais e hidrocarbonetos nos solos e na água

Na análise físico-química dos solos para a quantificação dos metais foi utilizado o método SMEWW 3500 – Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 21st edition, 2005.

A determinação da detecção dos hidrocarbonetos nos solos foi feita por cromatografia gasosa. A amostra foi analisada por dois procedimentos para qualificar os componentes derivados de petróleo: a) Técnica de SPE e b) Técnica de head-space. A amostra foi submetida a um aquecimento de 80° C durante 30 minutos, em recipiente hermeticamente fechado, sendo posteriormente analisada em um cromatógrafo gasoso. A coluna capilar utilizada *Carbowax 20M* (60 m x 0,32 m x 1,00 µ). o limite de detecção desta análise é de 10 ppm (por componente).

4.2 Valores orientadores

Nas áreas urbanas, as atividades industriais se configuram como uma das principais causas de contaminação dos solos. Mas, as atividades antrópicas também são grandes responsáveis pela influência dos teores de metais existentes nos solos das áreas urbanas.

De acordo com Peron et alli (2004), solos urbanos referem-se a solos que se encontram em meio urbano e cuja função é a de ressaltar o uso do solo e apontar para um conjunto de possíveis modificações nas suas propriedades, típicas do meio urbano. Estas modificações podem ser naturais ou antrópicas, mas os termos solos antrópicos e solos urbanos não são modificados significativamente pelo uso intenso e continuado pela exploração mineral, urbana, etc.

Daí, o conhecimento do solo torna-se fundamental na capacidade de suporte de obras civis (OLIVEIRA, 2002) e na inertização de substâncias tóxicas (SCHLEUB et alli, 1998). Por isso, o conhecimento dos solos nas áreas urbanas e em seu entorno deve ser encarado como uma ferramenta significativa na expansão urbana (KELLER, 1996).

De acordo com o CONAMA (2009), valores orientadores são aqueles que permitem conhecer o nível de contaminação de um solo caso existam, pois pode o mesmo

conhecer o nível de contaminação de um solo caso existam, pois pode o mesmo estar ausente de contaminação. Existem três valores orientadores distintos: os Valores Orientadores de Referência de Qualidade (VRQs), Valores de Prevenção (VPs) e Valores de Investigação (VIs). Tais valores baseiam-se nas análises dos solos em condições naturais (sob a mínima interferência antrópica ou nenhuma interferência). Biondi (2010) conceitua tais valores da seguinte forma:

- Valores Orientadores de Referência de Qualidade (VRQs) → baseiam-se na avaliação dos teores naturais dos metais pesados, sem influência de atividade antrópica. Daí, deve-se considerar que um solo não está contaminado quando o teor de metais nele atuante seja igual ou inferior aos VRQs;
- Valores de Prevenção → são valores intermediário, situados entre os VRQs e os VIs. A quantidade de valores atuantes não interfere na capacidade de comprometer as funções do solo, tais como regulador da dispersão de substâncias do solo mediante atuação como filtro ambiental, sustentador da diversidade biológica e dos ciclos biogeoquímicos, etc. Quando estes valores são atingidos, devem ser identificadas as possíveis fontes de contaminação para que sejam extintas, e
- Valores de Investigação → valores acima dos quais haverá risco ao desenvolvimento dos demais organismos vivos, incorrendo em riscos à saúde pública.

Daí, pode-se dizer que contaminação é a ocorrência de um elemento em teor superior ao encontrado naturalmente em uma área (PIERZINSKI et alli, 2005). Mas, para que um elemento ou substância sejam caracterizados como contaminantes, faz-se necessário o conhecimento da ocorrência natural deles no solo.

Portanto, para interpretação dos resultados obtidos nos ensaios, serão utilizados os valores máximos permissíveis recomendados pela Resolução do CONAMA (2009), pelo fato de ela apresentar a situação ideal para a definição de valores orientadores no Estado de Pernambuco, com base na litologia, no relevo e no clima, representando os compartimentos geomorfológicos, pedológicos e geológicos mais característicos.

PARÂMETROS	RESULTADOS	UNIDADE
Chumbo	72	mg/kg
Cromo	75	mg/kg
Ferro *	-	mg/kg
Manganês *	-	mg/kg
Zinco	300	mg/kg

Tabela 2 –Valores de Prevenção para Solos

Fonte: CONAMA (2009) – anexo II

(*) – valores nulos constantes na tabela original

Com relação à investigação da água do bueiro, a Resolução CONAMA (2009) estabelece diretrizes para o gerenciamento ambiental de áreas quanto à presença de substâncias químicas, em decorrência de atividades antrópicas. Visando a análise da água coletada no bueiro, serão utilizados os valores de investigação para águas subterrâneas, em $\mu\text{g.L}^{-1}$, do anexo II do referido CONAMA:

PARÂMETROS	RESULTADOS	UNIDADE
Chumbo	10	$\mu\text{g.L}^{-1}$
Cromo	50	$\mu\text{g.L}^{-1}$
Ferro	2.450	$\mu\text{g.L}^{-1}$
Manganês	400	$\mu\text{g.L}^{-1}$
Zinco	1.050	$\mu\text{g.L}^{-1}$

Tabela 3 – Valores de Prevenção para Águas Subterrâneas

Fonte: CONAMA (2009) – anexo II

A tabela acima foi utilizada por não haver dados balizadores de águas subterrâneas para realizar-se estudo comparativo. Além disso, a situação apresenta similaridade com a proposta da Resolução CONAMA (2009).

A presença de óleos e graxas nos corpos d'água pode formar filmes na sua superfície, impedindo a transferência de oxigênio da atmosfera para a água. Quando em decomposição, reduzem o oxigênio, causando alterações no ecossistema aquático e levando à degradação ambiental. A contaminação por óleos e graxas também se dá através de derramamentos no transporte de óleos por embarcações, oriundos de vazamentos dos motores dos barcos e navios e do esgotamento doméstico destes (CARTONILHO et al., 2007).

Neste contexto, a Resolução CONAMA nº 357 (2005), que dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências, não estabelece limite para esse parâmetro. A recomendação é que óleos e graxas estejam virtualmente ausentes para as Classes 1, 2 e 3 das águas doces, e que na classe 4 iridescências são toleradas (CARTONILHO et al., 2007). Porém, em seu artigo 34, a Resolução CONAMA nº 357 (2005) explica os valores para óleos e graxas a serem seguidos:

Art. 34: os efluentes de qualquer fonte poluidora somente poderão ser lançados, direta ou indiretamente, nos corpos de água desde que obedeçam as condições e padrões previstos neste artigo, resguardadas outras exigências cabíveis:

.....

§ 4º Condições de lançamento de efluentes:

.....

V – óleos e graxas:

- 1. óleos minerais: até 20 mg/L;*
- 2. óleos vegetais e gorduras animais: até 50 mg/L.*

Portanto, é apresentado a seguir um sumário com as tabelas e dados a serem usados como parâmetros comparativos com os valores dos ensaios de solo e de água coletados no terreno:

PARÂMETROS (em mg/kg)	RESULTADOS
Chumbo	72
Cromo	75
Ferro *	-
Manganês *	-
Zinco	300

Tabela 4 –Valores de Prevenção para Solos
Fonte: Res. CONAMA nº 420 (2009) – anexo II
(*) – valores nulos constantes na tabela original

PARÂMETROS (em µg.L ⁻¹)	RESULTADOS
Chumbo	10
Cromo	50
Ferro	2.450
Manganês	400
Zinco	1.050

Tabela 5 –Valores de Prevenção para águas subterrâneas
Fonte: Res. CONAMA nº (2009) – anexo II

Óleos e graxas:

- óleos minerais: até 20 mg/L
- óleos minerais e gorduras vegetais: até 50 mg/L

Fonte: Res. Nº 357 CONAMA (2005) – art. 34

5 Resultados e discussões

Na Transnordestina Logística Ltda, procurou-se levantar informações semelhantes às da RFFSA. Foi constatado que, além dos materiais já elencados, há um movimento maciço de carga e descarga de clínquer no pátio. Verificou-se também que, por causa da grande quantidade de clínquer, uma nuvem de poeira gerada por este material recobre todas as benfeitorias existentes no local, inclusive se estendendo além dos limites do pátio.

Também foram encontrados pneus usados, em razoável quantidade, já usados, que a empresa de reciclagem BS Coolway Pneus coletava e transportava para a sua sede, para beneficiamento e reutilização, após a devida reciclagem, em parceria com outras empresas. Este programa era chamado de “Programa Rodando Limpo”.

Foram identificados diversos trilhos de trens não assentados ou instalados, que se encontram ainda hoje estacionados a céu aberto, acarretando em ferrugens depositadas no piso do pátio e sofrendo carreamento para o solo não impermeabilizado. Estes trilhos foram importados da China em grande quantidade e ocupam uma área considerável no pátio.

Na parte do pátio que margeia a Rua Engenheiro José Estelita, paralela à margem do curso d’água que banha o estuário do Pina, encontram-se encalhadas diversas carcaças de locomotivas e vagões, em avançado estado de ferrugem e oxidação, sendo responsáveis pela contaminação do solo situado sob eles. Além disso, alguns vagões encontram-se estacionados em dois trilhos locais sem indicar provável movimentação no futuro.

Em diversos locais foram encontradas poças de óleo, depositadas em encontros de trilhos (junções de bifurcação) e em solo não impermeabilizado, caracterizando locais potencialmente contaminados. Junto à oficina de manutenção, foram encontrados locais de depósitos de óleo combustível em grande quantidade no solo, de onde se exalava um forte odor característico de combustível. Naquele mesmo

local encontra-se um tanque de armazenamento de combustível, de onde, provavelmente, originou-se o vazamento e o derramamento de material combustível, responsável pelas poças de óleos encontradas no solo. O potencial de contaminação naquele local é muito grande.

Há no pátio uma grande área onde se encontram os armazéns por onde circulavam os trens de passageiros. A área encontra-se em avançado estado de degradação, com grande parte de sua estrutura afetada pela decomposição estrutural e coberta de matagal de altura elevada, caracterizando total abandono dos mesmos.

Pelo fato do terreno ser muito grande, a maior parte dele não é utilizada, apresentando-se em avançado estado de abandono, coberto de vegetação alta e com peças mecânicas e de locomotivas abandonadas no solo. Além disso, por não haver muita vigilância no local, foi encontrado lixo doméstico ao ar livre e pontos de queimada no solo, indicando uso de drogas ilícitas.

A proposta deste trabalho foi a análise da situação de áreas potencialmente contaminadas e/ou degradadas no bairro de São José, em Recife, Pernambuco, de acordo com o nível de contaminação do solo ou da degradação do meio ambiente. A determinação dos cinco metais (ferro, zinco, cromo, chumbo e manganês) e da detecção de hidrocarbonetos no solo e na água, além da determinação de óleos e graxas totais na amostra de água foi a diretriz tomada para o sucesso no alcance da proposta.

O manuseio de materiais que continham metais e hidrocarbonetos em sua composição - ou o manuseio dos próprios metais nos vagões de carga que circulavam no pátio da RFSSA - provocou derramamentos e espalhamentos no terreno, ocasionando contaminações não só do solo local, mas também em áreas do entorno. O transporte de clínquer ilustra bem esse fato. Foi constatado que resíduos do pó do clínquer manuseado no pátio foi encontrado em muros e paredes de diversas edificações situadas a 2 quilômetros de distância do mesmo. Além do

clínquer, a presença de outros contaminantes afetariam sobremaneira as áreas do entorno, como benfeitorias próximas ao pátio e o estuário do Pina.

No caso das áreas estuarinas, os sedimentos atuam numa barreira biogeoquímica para retenção dos metais, o que justifica a preocupação quando identificada a presença destes contaminantes. Foi constatada que a água aflora a 50 cm de profundidade, o que indica uma provável contaminação do estuário pelos metais estudados.

Os resultados encontrados ao longo do trabalho passam a ser mais preocupantes pelo fato do local estudado se encontrar completamente inserido numa região estuarina que apresenta características próprias adquiridas de dois ecossistemas, já que é uma zona de transição entre o rio e o mar, sofrendo influência de ambos. Conforme Balachandran et al (2005), o sedimento pode atuar como um reservatório, porém mudanças nas condições ambientais podem provocar a remobilização do metal acumulado. Além disso, Silva (2001) complementa que, como o sedimento pode ser um reservatório dos contaminantes metálicos lançados no ambiente aquático, essa análise passou a ser importante indicador do grau de poluição causado pela contaminação. Essa contaminação pode ser acentuada pelo curso dos rios, que são um importante caminho para o transporte de material do continente para os oceanos. E os metais são introduzidos na água do mar pela descargas fluviais, ventos, fontes hidrotérmicas, intemperismo das rochas e atividades antrópicas, aumentando a contaminação, pois as águas transportadas representam a maior fonte de metais particulados e dissolvidos. Silva et al. (2002) destacam que os metais pesados provenientes das descargas de efluentes domésticos e industriais liberados nos estuários são incorporados à biota e podem ser transferidos para populações humanas que usam organismos estuarinos como fonte de reserva alimentar.

A preocupação com os resultados encontrados ao longo deste trabalho é reforçada pois, segundo Feitosa (1998), o fato da Bacia do Pina estar situada em plena área

urbana do Recife (PE), representa um enorme potencial biológico, o qual é aproveitado pelos ribeirinhos. O fato de eles possuírem baixa renda e retirarem seus sustentos diários de lá da pesca artesanal de peixes, moluscos e crustáceos, faz com que essa área tenha um papel sócio-econômico de importância fundamental como fonte de subsistência para uma população de baixo poder aquisitivo.

Na área que foi delimitada no trabalho, foram observados, nos seus 9 (nove) pontos de coleta, flutuações nos valores obtidos nas análises realizadas, ou seja, nos valores dos contaminantes encontrados. Uma das prováveis causas está relacionada com o uso intenso pela RFFSA realizando transporte de diferentes produtos, tais como cimento, açúcar, milho, gipsita, gesso, clínquer e ferro gusa. E o manuseio destes materiais influenciou tanto a contaminação quanto a flutuação dos valores referenciados. Cabe ainda destacar que parte desta área está abandonada desde a década de 70, servindo de depósito dos mais diferentes materiais ao longo dos anos



Figura 4: vagões de carga abandonados
Fonte: acervo do autor



Figura 5: área dos trilhos abandonada
Fonte: acervo do autor



Figura 6: pneus na área do pátio
Fonte: acervo do autor



Figura 7: depósito de clínquer
Fonte: acervo do autor

A própria deterioração resultado da salinidade das estruturas componentes do pátio (como trilhos enferrujados, galpões deteriorados, vazamento dos tanques de melaço pelo tempo, etc) seria capaz de potencialmente contaminar o solo do terreno, e que seria, por causa das chuvas, carregada no terreno penetrando no solo local. Avelar et al (1997) constatou que contaminantes que penetram no ambiente aquático podem se associar ao sedimento de fundo, onde só não permanecem se os sedimentos sofrerem perturbações (como processos de dragagem, por exemplo).

Analisando os resultados obtidos através das análises, percebe-se claramente a divisão do terreno em três grandes áreas com características semelhantes, conforme figura 18, a seguir:



Figura 8: local do estudo dividido em 3 áreas. Fonte: Google earth

5.1 Área I – análise do solo

Pontos 1 e 2 :



Figura 9 – ponto de coleta n° 1
Local com óleo no mecanismo de bifurcação dos trilhos
Coordenadas: 8°4'23"S,34°52'57"W - foto de satélite
(Fonte: Google Maps)

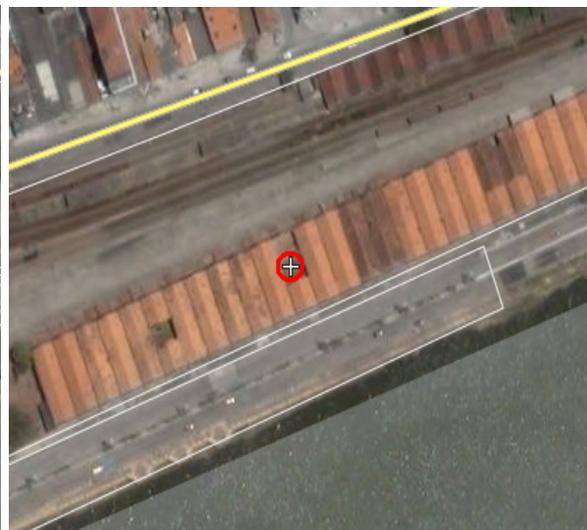


Figura 10 – ponto de coleta n° 2
Área com sucatas dentro do armazém ferroviário
Coordenadas: 8°4'25"S,34°52'57"W - foto de satélite
(Fonte: Google Maps)

Coleta de 0,00 m a 0,50 m	
Parâmetros (mg/Kg)	Resultados
Ferro (Fe)	33.420
Zinco (Zn)	160
Cromo (Cr)	050
Chumbo (Pb)	340
Manganês (Mn)	530

Tabela 6 – valores dos metais no ponto n° 1

Coleta de 0,00 m a 0,50 m	
Parâmetros (mg/Kg)	Resultados
Ferro (Fe)	37.670
Zinco (Zn)	120
Cromo (Cr)	90
Chumbo (Pb)	40
Manganês (Mn)	750

Tabela 7 – valores dos metais no ponto n° 2

Coleta de 0,00 m a 0,50 m	
SUBSTÂNCIA (% V/V)	RESULTADO
Hidrocarbonetos	Detectado

Tabela 8 – Detecção de hidrocarbonetos no ponto n° 1

Coleta de 0,00 m a 0,50 m	
SUBSTÂNCIA (% V/V)	RESULTADO
Hidrocarbonetos	Detectado

Tabela 9 – Detecção de hidrocarbonetos no ponto n° 2

A Área I apresenta como semelhantes os pontos 1 e 2 (em branco, na Figura 18). As quantidades de ferro são equivalentes (33.420 mg/kg para o ponto 1 e 37.670 mg/kg para o ponto 2), resultantes da presença de trilhos enferrujados, tanto na área externa (ponto 1) como na área interna dos galpões (ponto 2), indicando contaminação. A leitura do manganês (530 mg/kg para o ponto 1 e 750 mg/kg para o ponto 2), a leitura do zinco (160 mg/kg para o ponto 1 e 120 mg/kg para o ponto 2) e a leitura do cromo (50 mg/kg para o ponto 1 e 90 mg/kg para o ponto 2), mostram-se equivalentes pela proximidade dos valores demonstrados pelos ensaios. A leitura do chumbo (340 mg/kg para o ponto 1 e 40 mg/kg para o ponto 2) indica provável contaminação do solo superficial .



Figura 11: trilhos enferrujados - área externa
Fonte: acervo do autor



Figura 12: trilhos enferrujados - área interna
Fonte: acervo do autor

A detecção de hidrocarbonetos, tanto para o ponto 1 quanto para o ponto 2, indica contaminação do solo por derramamentos de materiais combustíveis, tanto das locomotivas quanto das cargas transportadas pelos vagões, como a exemplo dos combustíveis.



Figura 13: vagão funcionando
Fonte: acervo do autor



Figura 14: óleos e combustíveis derramados
Fonte: acervo do autor

5.2 Área II – análise da qualidade da água

Bueiro :



Figura 15 – ponto de coleta de água
Bueiro localizado perto do depósito de sucatas de locomotivas
Coordenadas: 8°4'29"S,34°53'8"W - foto de satélite
(Fonte: Google Maps)

Coleta de 0,00 m a 0,50 m	
Parâmetros (mg/L)	Resultados
Chumbo	0,01
Cromo Total	< 0,01
Ferro Total	0,35
Manganês Total	0,01
Zinco	0,02

Tabela 10 – valores dos metais no bueiro

SUBSTÂNCIA (% V/V)	RESULTADO
Hidrocarbonetos	Não detectado

Tabela 11 – Detecção de hidrocarbonetos no bueiro

PARÂMETROS	RESULTADOS	UNIDADE
Óleos e Graxas Totais	< 2.100	mg/L

Tabela 12 – Valores para óleos e graxas no bueiro

No bueiro, foram efetuados 3 tipos de ensaios: metais pesados para a identificação de ferro, zinco, cromo, chumbo e manganês, o de hidrocarbonetos e o de óleos e graxas. Comparando-se a leitura de metais pesados realizada no bueiro com os valores apresentados no anexo II do CONAMA (2009), cuja tabela está ilustrada na Tabela 3 do presente trabalho, observa-se que o valor da leitura de chumbo realizada no pátio (0,01 mg/L) encontra-se no valor limite permitido pelo referido CONAMA ($10 \mu\text{g/L}^{-1}$), representando um iminente risco de contaminação. A leitura do ferro (0,35 mg/L) ilustra que, apesar do bueiro encontrar-se em uma localização próxima às sucatas de vagões e locomotivas, ele não sofreu nenhuma interferência dos efeitos da oxidação dos mesmos, não houve penetração dos mesmos no bueiro. As leituras do manganês (0,01 mg/L) e do zinco (0,02 mg/L) apresentaram valores muito baixos, não causando contaminações no bueiro. A leitura do cromo ($< 0,01 \text{ mg/L}$) indicando valor aproximado de 20 % do valor limite aceitável pelo CONAMA ($50 \mu\text{g/L}^{-1}$) indica que o cromo, apesar de representativo, ainda não oferece risco de contaminação ao bueiro. A não detecção de hidrocarbonetos no bueiro indica que, apesar da proximidade dos vagões abandonados e enferrujados, não houve penetração de combustíveis no bueiro, caracterizando ausência de contaminação.



Figura 16: bueiro
Fonte: acervo do autor



Figura 17: visão aproximada do bueiro
Fonte: acervo do autor

O valor da leitura para óleos e graxas no bueiro ($< 2,1 \text{ mg/L}$) também não representa contaminação, dada a sua baixa concentração na água do bueiro, atendendo ao limite estabelecido pelo CONAMA (2005) art. 34 § 4º inciso V, de 20 mg/L para óleos minerais e 50 mg/L para óleos vegetais e gorduras animais.

5.3 Área II – análise do solo

Ponto 9 :



Figura 18 – ponto de coleta n° 9
 Área junto ao tanque de armazenamento de óleo combustível
 Coordenadas: 8°4'27"S,34°53'11"W - foto de satélite
 (Fonte: Google Maps)

Coleta de 0,00 m a 0,50 m	
Parâmetros (mg/Kg)	Resultados
Ferro (Fe)	2.480
Zinco (Zn)	31
Cromo (Cr)	150
Chumbo (Pb)	2,4
Manganês (Mn)	60

Tabela 13 – Valores dos metais no ponto n° 9

Coleta de 0,00 m a 0,50 m	
SUBSTÂNCIA (% V/V)	RESULTADO
Hidrocarbonetos	Detectado

Tabela 14 – Detecção de hidrocarbonetos no ponto n° 9

No ponto 9, por se localizarem os tanques de armazenamento de óleo combustível, apresentando manchas de óleo no solo e exalando fortes odores, a detecção de hidrocarbonetos seria um fato fortemente esperado pelo ensaio de hidrocarbonetos, o que se confirmou pela detecção da leitura da coleta de solo no local. A presença de alguns vagões em manutenção mecânica, efetuada pela oficina localizada ao lado dos tanques de armazenamento de combustível, mostra que o derramamento se dá de forma freqüente, contínua e significativa influenciando a contaminação do solo por hidrocarbonetos. Além disso, a presença de ferro na leitura do ensaio (2.480 mg/kg para o ponto 9) é confirmada, além de indicar equivalência com os demais pontos de proximidade (pontos 3, 4, 5, 6 e 7).

A leitura de cromo para este ponto (150 mg/kg) é significativa, indicando possíveis atividades de cromação em algumas partes das locomotivas que ali realizavam manutenção. A presença do chumbo (2,4 mg/kg) não foi significativa em comparação com os outros pontos de proximidade. A leitura do zinco (31 mg/kg) novamente confirma a equivalência com os pontos de proximidade (pontos 6 e 7).



Figura 19: tanques de armazenamento
Fonte: acervo do autor



Figura 20: tanques e trilhos enferrujados
Fonte: acervo do autor



Figura 21: vagões em manutenção
Fonte: acervo do autor



Figura 22: oficina de manutenção
Fonte: acervo do autor

5.4 Área III – análise do solo

Pontos 3, 4, 5, 6 :

nº3

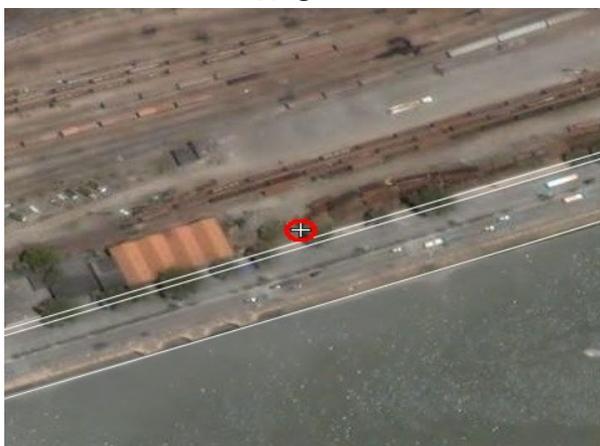


Figura 23 – ponto de coleta nº 3
Zona do clínquer, também próxima a sucatas
Coordenadas: 8°4'31"S,34°53'12"W - foto de satélite
(Fonte: Google Maps)

nº4



Figura 24 – ponto de coleta nº 4
Área com moderada quantidade de rejeito de clínquer sobre o solo, vagões abandonados e enferrujados
Coordenadas: 8°4'29"S,34°53'14"W - foto de satélite
(Fonte: Google Maps)

n°5

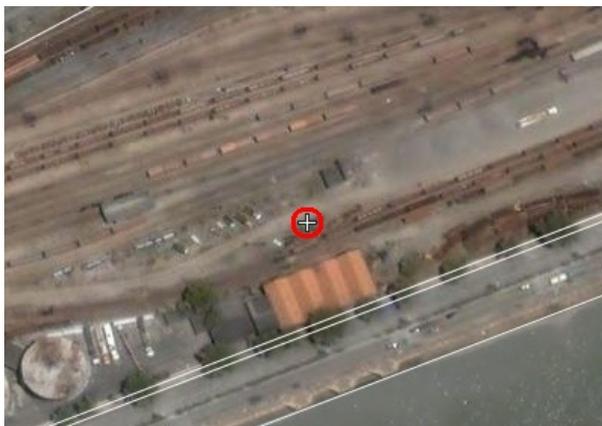


Figura 25 – ponto de coleta n° 5
Local com pneus velhos e abandonados
Coordenadas: 8°4'30"S,34°53'14"W - foto de satélite
(Fonte: Google Maps)

n°6



Figura 26 – ponto de coleta n° 6
Área com óleo no mecanismo de bifurcação dos trilhos
Coordenadas: 8°4'31"S,34°53'16"W - foto de satélite
(Fonte: Google Maps)

n°3

Coleta de 0,00 m a 0,50 m	
Parâmetros (mg/Kg)	Resultados
Ferro (Fe)	2.060
Zinco (Zn)	40
Cromo (Cr)	Não detectado
Chumbo (Pb)	24
Manganês (Mn)	40

Tabela 15 – valores dos metais no ponto n° 3

n°4

Coleta de 0,00 m a 0,50 m	
Parâmetros (mg/Kg)	Resultados
Ferro (Fe)	3.270
Zinco (Zn)	Não detectado
Cromo (Cr)	Não detectado
Chumbo (Pb)	28
Manganês (Mn)	80

Tabela 16 – valores dos metais no ponto n° 4

n°3

Coleta de 0,00 m a 0,50 m	
Parâmetros (mg/Kg)	Resultados
Ferro (Fe)	2.648
Zinco (Zn)	3
Cromo (Cr)	0,6
Chumbo (Pb)	30
Manganês (Mn)	78,5

Tabela 17 – valores dos metais no ponto n° 5

n°6

Coleta de 0,00 m a 0,50 m	
Parâmetros (mg/Kg)	Resultados
Ferro (Fe)	5.430
Zinco (Zn)	20,5
Cromo (Cr)	8,7
Chumbo (Pb)	54
Manganês (Mn)	78

Tabela 18 – valores dos metais no ponto n° 6

n°3

Coleta de 0,00 m a 0,50 m	
SUBSTÂNCIA (% V/V)	RESULTADO
Hidrocarbonetos	Não detectado

Tabela 19 – Detecção de hidrocarbonetos no ponto n° 3

n°4

Coleta de 0,00 m a 0,50 m	
SUBSTÂNCIA (% V/V)	RESULTADO
Hidrocarbonetos	Detectado

Tabela 20 – Detecção de hidrocarbonetos no ponto n° 4

n°5

Coleta de 0,00 m a 0,50 m	
SUBSTÂNCIA (% V/V)	RESULTADO
Hidrocarbonetos	Não detectado

Tabela 21 – Detecção de hidrocarbonetos no ponto n° 5

n°6

Coleta de 0,00 m a 0,50 m	
SUBSTÂNCIA (% V/V)	RESULTADO
Hidrocarbonetos	Não detectado

Tabela 22 – Detecção de hidrocarbonetos no ponto n° 6

Já na Área III, a presença de sucatas, vagões velhos, abandonados e enferrujados e dos pneus velhos e amontoados (presença de aço nos pneus) já indicariam a potencial presença de ferro e manganês, confirmados pelas análises realizadas para o ferro (2,060 g/kg para o ponto 3, 3.270 mg/kg para o ponto 4 e 2.648 mg/kg para o ponto 5) e pela leitura do manganês (40 mg/kg para o ponto 3, 80 mg/kg para o ponto 4 e 785 mg/kg para o ponto 5), que também demonstram equivalência entre si. A leitura do chumbo para os 3 pontos foi muito baixa. O mesmo fato se apresenta para os ensaios de zinco e cromo, com baixos valores e, em alguns casos, não detectados, também fato demonstrativo de ausência destes contaminantes. A presença de hidrocarbonetos detectados no ponto 4 configura presença de combustíveis no solo, provavelmente por derramamentos ou vazamentos das sucatas e vagões.

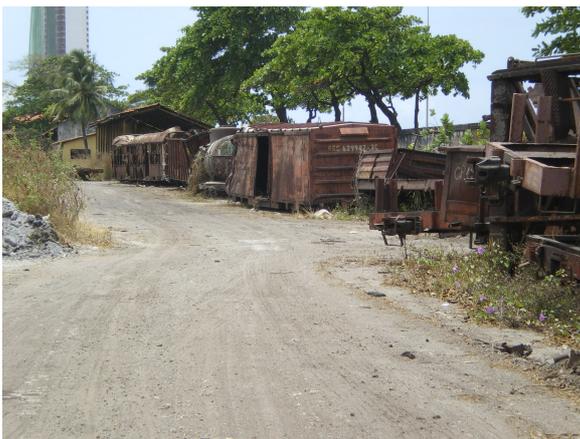


Figura 27: sucatas de vagões enferrujados
Fonte: acervo do autor



Figura 28: pneus velhos e amontoados
Fonte: acervo do autor

Pontos 7 e 8 :

nº7



Figura 29 – ponto de coleta nº 7
Área dos tonéis de melaço
Coordenadas: 8°4'32"S,34°53'16"W - foto de satélite
(Fonte: Google Maps)

nº8



Figura 30 – ponto de coleta nº 8
Área entre o depósito de clínquer e alguns vagões abandonados e enferrujados
Coordenadas: 8°4'32"S,34°53'21"W - foto de satélite
(Fonte: Google Maps)

n°7

Coleta de 0,00 m a 0,50 m	
Parâmetros (mg/Kg)	Resultados
Ferro (Fe)	8.825
Zinco (Zn)	30
Cromo (Cr)	6,5
Chumbo (Pb)	31
Manganês (Mn)	170

Tabela 23 – valores dos metais no ponto n° 7

n°8

Coleta de 0,00 m a 0,50 m	
Parâmetros (mg/Kg)	Resultados
Ferro (Fe)	8.825
Zinco (Zn)	30
Cromo (Cr)	6,5
Chumbo (Pb)	31
Manganês (Mn)	170

Tabela 24 – valores dos metais no ponto n° 8

n°7

Coleta de 0,00 m a 0,50 m	
SUBSTÂNCIA (% V/V)	RESULTADO
Hidrocarbonetos	Não detectado

Tabela 25 – Detecção de hidrocarbonetos no ponto n° 7

n°8

Coleta de 0,00 m a 0,50 m	
SUBSTÂNCIA (% V/V)	RESULTADO
Hidrocarbonetos	Não detectado

Tabela 26 – Detecção de hidrocarbonetos no ponto n° 8

Ainda na Área III, apesar dos trilhos no ponto 6 apresentarem resíduos de óleo no mecanismo de bifurcação, não houve detecção de hidrocarbonetos. A mesma não detecção ocorreu nos pontos 7 e 8. Mas, a presença acentuadas de ferro nos ensaios realizados nestes pontos (5.430 mg/kg para o ponto 6, 8.825 mg/kg para o ponto 7 e 25.000 mg/kg para o ponto 8), indicam contaminação no solo, provavelmente, causada pela grande movimentação nestas áreas devido às cargas e descargas de melaço efetuadas pelos caminhões e vagões que por ali transitaram. A presença do manganês em valores de ordem crescente (78 mg/kg para o ponto 6, 170 mg/kg para o ponto 7 e 230 mg/kg para o ponto 8) indicam o claro aumento dos valores nos pontos em direção à área de armazenamento de cargas do antigo IAA – Instituto do Açúcar e do Alcool. Os valores do cromo (8,7 mg/kg para o ponto 6, 6,5 mg/kg para o ponto 7 e 9 mg/kg para o ponto 8) e do chumbo (54 mg/kg para o

ponto 6, 31 mg/kg para o ponto 7 e 53,5 mg/kg para o ponto 8) mostraram-se baixos quando comparados com os valores da Tabela 2, indicando a não contaminação.



Figura 31 – sucatas de vagões enferrujados
Fonte: acervo do autor



Figura 32 – tonéis de melaço enferrujados
Fonte: acervo do autor



Figura 33 – sucatas de vagões enferrujados
Fonte: acervo do autor



Figura 34 – área externa dos tonéis de melaço
Fonte: acervo do autor

Capítulo 6

Conclusões

O presente trabalho destaca a importância do estudo para a cidade do Recife, considerando que essa área foi vendida a um consórcio de empresas cujo projeto propõe a construção de edifícios residenciais e comerciais. Existem projetos no âmbito municipal e estadual que visam a valorização do patrimônio material e cultural da cidade, através de um processo de requalificação urbana da área central da cidade do Recife. Os resultados encontrados na pesquisa de campo apontam para a necessidade de uma avaliação criteriosa da área visando sanar possíveis problemas de contaminação.

Os resultados encontrados são preocupantes com relação aos metais sob o ponto de vista do impacto ambiental na área estuarina, em particular pelo fato de ser, ainda hoje, realizada a pesca artesanal do sururu na Bacia do Pina. Conforme mostrado no presente trabalho, ao ser escavado o solo da área estudada, ocorreu afloramento d'água a apenas 50 cm de profundidade. Este fato mostra a contaminação da água do estuário, através das águas superficiais do terreno estudado, o que influenciaria diretamente a pesca artesanal do sururu (além de outras pescas artesanais, como a de outros moluscos e crustáceos), e sabe-se que o sururu tem a capacidade de reter contaminantes, o que poderia levar ao comprometimento da saúde da população que consome estes alimentos.

Outro fator preocupante é a presença de hidrocarbonetos, pois possuem um potencial de risco elevado dependendo da extensão da contaminação por BTEX, acrônimo formado pelas palavras representativas das substâncias químicas benzeno, tolueno, etilbenzeno e xileno. O BTEX é um composto volátil encontrado no petróleo e em seus derivados e possui característica de aderência ao solo. As substâncias deste composto possuem poder contaminante perigoso quando dispensados no meio ambiente, notadamente nas águas superficiais e subterrâneas. A presença de hidrocarbonetos no local estudado indica potencial contaminação do solo, cuja presença pode ter sido intensificada devido a vazamentos, tanto pela

armazenagem do composto em tanque no local quanto pelo derramamento ocasionado pelas locomotivas. O BTEX pode ser absorvido pela pele (além da inalação) e os trabalhadores que tiverem contato com o solo e com as águas superficiais sofrerão as conseqüências contaminantes na pele, além dos efeitos danosos no sistema respiratório.

Os dados mostram a necessidade de uma legislação mais rigorosa a respeito do assunto no Brasil, ainda inexistente em nível Federal. Com relação à poluição do solo, a lei do Estado da Bahia, nº 3.858/80, Decreto nº 28.687/82, foi elaborada pelo Sistema Estadual de Administração dos Recursos Ambientais/Seara, criado a partir do Centro de Recursos Ambientais da Bahia, mas não evoluiu. O Estado de São Paulo foi o precursor na legislação referente a contaminação do solo, iniciando um cadastramento de áreas contaminadas em 2002, registrando a existência, naquele ano, de 255 áreas contaminadas. Em 2009, sancionou a Lei nº 13.577 de 08 de julho, que dispõe sobre as diretrizes e procedimentos para o gerenciamento de áreas contaminadas no Estado, e que trata da definição e caracterização de áreas contaminadas, da instituição de um cadastro público para conhecimento dessas áreas, da responsabilidade do poluidor quanto à identificação e remediação dos locais identificados como contaminados, da classificação dessas áreas pelo risco que oferecem e das infrações e penalidades que o responsável por esses locais está sujeito.

Por fim, a realização deste trabalho possibilita reflexões sobre o futuro da cidade do Recife no que se refere às políticas de preservação ambiental. Dada a ausência de estudos sobre o tema na região, o mesmo torna-se elemento motivador de novas pesquisas sobre o assunto, sendo que, além de identificar novas áreas com potenciais de contaminação e/ou degradação, proporciona o interesse em aplicar técnicas de remediação das áreas que porventura se encontrem inseridas no contexto em tela, haja visto que torna-se tão ou mais importante requalificar tais áreas para que elas possam ser reinseridas no tecido urbano.

REFERÊNCIAS

ALCÂNTARA, M.M., BORTOLIERO, S.T. **Cidade de Chumbo**. Anais do XXXI Congresso Brasileiro de Ciências da Comunicação. Natal, RN, 2008.

ALMEIDA, F.B., SOUZA, D.M., LUIZ, J.G. **Contaminação por hidrocarbonetos em postos de serviços de Abaetetuba-PA: um estudo com georadar**. 4º PDPETRO, Campinas, SP. 2007.

ALEXANDRE, S.C. **Avaliação de área contaminada por mercúrio total em Descoberto – Minas Gerais. Dissertação de mestrado**. Universidade Federal de Viçosa, MG, 2006.

ALLOWAY, B. J. **Heavy metals in soils**. New Delhi, Blackie Academic & Professional, 1993. 339 p.

ANDRADE, M.C. **Recife: problemática de uma metrópole de região subdesenvolvida**. Recife: Universidade Federal de Pernambuco. Editora Universitária, 1979.

_____. **História das usinas de açúcar de Pernambuco**. Recife: Ed. Massangana, 1989.

AVELAR, W.E.P., ROMA, F., LONGO, L.L. **Poluição por metais pesados na bacia do rio Sapucaí-mirim (Nordeste do estado de São Paulo, Brasil), pela indústria de couro**. Arq. Biol. Tech. V.4, n.1, p. 205-212, 1997.

BALACHANDRAN, K.K.. et al. Heavy metal accumulation in a flow restriction, tropical estuary. **Estuarine, coastal and shelf science**, v. 65, n. 1-2, p.361-370, 2005.

BARACHO JR., J. et alli. **Valoração dos danos ambientais**. Artigo técnico tratado no Curso de Gestão e Direito Ambiental da Uniube, Julho de 2006.

BAU, Nara Lia. **Revista emergência**. São Paulo: Editora Abril, 2006. Disponível na página da internet: [HTTP://revistaemergencia.com.br/novo/imgbanco/imagens/ReconteudoPDF/Emerg%C3%AAncia_Resgate.pdf](http://revistaemergencia.com.br/novo/imgbanco/imagens/ReconteudoPDF/Emerg%C3%AAncia_Resgate.pdf). Acesso em 13 de novembro de 2008.

BIONDI, C.M. **Teores naturais de metais pesados nos solos de referência do estado de Pernambuco**. Tese de doutorado. Universidade Federal Rural de Pernambuco, 2010.

BISHOP, P.L. **Pollution prevention: Fundamentals and practice**. USA: McGraw-Hill, 2000, 700 p.

BRASIL. **Decreto nº 1246 de 13 de outubro de 1853** - Estatutos da Companhia da estrada de ferro de Pernambuco, desde a cidade do Recife até o rio de S. Francisco.

BRAYNER, Fátima Maria Miranda. **Determinação de taxas de retenção de metais-traço por sedimentos orgânicos em um viveiro de piscicultura em área estuarina urbana.** Tese de doutorado. São Carlos: USP/EESC, 1998.

CARTONILHO, M.M., TEIXEIRA, S.M.L. **Avaliação da contaminação de óleos e graxas nas águas do rio negro nas imediações do porto de manaus, como subsídio para controle ambiental.** 24^º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. Belo Horizonte, MG. 2007.

CARVALHO FILHO, Arnaldo Cardim de. **Análisis del ciclo de vida de productos derivados del cemento – aportaciones al análisis de los inventarios del ciclo de vida del cemento.** Barcelona, Espanha: Tese de doutorado da Universidad Politécnica de Cataluña, 2001.

CETESB - Companhia de Tecnologia e Saneamento Ambiental do Estado de São Paulo. **Manual de Gerenciamento de Áreas Contaminadas.** Relatórios Final e Preliminar. São Paulo, 1999.

Moreira, F.R., Moreira, J.C. **Os efeitos do chumbo sobre o organismo humano e seu significado para a saúde.** Rev Panam Salud Publica;15(2):119–29; 2004.

CONAMA – Conselho Nacional de Meio Ambiente. Resolução N^º 307 de 5 de julho de 2002. Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil. D. Diário Oficial da República Federativa do Brasil.

CONAMA – Conselho Nacional de Meio Ambiente. Resolução N^º 357 de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. D. Diário Oficial da República Federativa do Brasil.

CONAMA – Conselho Nacional de Meio Ambiente. Resolução N^º 420 de 28 de dezembro de 2009. 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. Diário Oficial da República Federativa do Brasil.

COSTA. Roberto Freyre. **Ferrovia, transporte de massa e trópico.** In: Seminário de Tropicologia: Trópico e cultura. Recife, 1989.

CUNHA, R.C.A. **Avaliação de risco em áreas contaminadas por fontes industriais desativadas – estudo de caso.** Tese de doutorado. Instituto de Geociências da USP, 1997, x + 152 p.

Dicionário de Ecologia e Ciências Ambientais. Henry W. Art. Editor-Geral; Prefácio de F. Herbert Borlmann; tradução Mary Amazonas Leite de Barros. Título Original The Dictionary of Ecology and Environmental Science. São Paulo: Companhia Melhoramentos, 1998.

FEITOSA, F.A.N. **Produção primária do fitoplâncton correlacionada com parâmetros bióticos e abióticos na Bacia do Pina**. Recife: UFPE, 1988. Originalmente apresentada como dissertação de mestrado, Universidade Federal de Pernambuco, 1988.

FETTER, C. W. **Contaminant Hydrology**. Macmillan Publishing Co, New York, NY, 1999, 498 p.

FOLADORI, G. **Revista ambiente & sociedade**. Resenhas / Book reviews – ano V, nº 10, 2002.

GÜNTHER, W.M.R. **Áreas contaminadas no contexto da gestão urbana**. São Paulo: São Paulo em Perspectiva, Fundação Seade, v. 20, n. 2, p. 105-117, abr./jun. 2006.

GUSMÃO, A.D. **Manual de gestão dos resíduos da construção civil**. Camaragibe, PE: CCS gráfica editora, 2008.

LIMA, R.M.C. **A cidade autoconstruída**. Tese de doutorado em planejamento urbano e regional. Rio de Janeiro: Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2005.

LIMA E SILVA, A.B. **Investigação Geoambiental de uma Área Contaminada por Resíduos Industriais**. Dissertação de Mestrado em Engenharia. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, UFRGS, Porto Alegre, 2005.

LINS, I.S.M. **Descentralização dos trens metropolitanos brasileiros: uma abordagem institucional do caso do Recife**. Dissertação de Mestrado, UFPE. Recife, 2004.

LOURENÇO, E.S.O. **Avaliação físico-química da remediação de solos contaminados por BTEX**. Dissertação de Mestrado, Universidade do Oeste do Paraná, Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas. Cascavel. PR, 2006.

MARICATO, E. **Brasil, cidades: alternativas para a crise urbana**, Petrópolis, RJ: Vozes, 2001.

MARKER, A. **A reabilitação de áreas urbanas degradadas**. Relatório de consultoria 01/01. Prefeitura Municipal de São Paulo, Secretaria Municipal do Verde e do Meio Ambiente, 2003.

MORAES, P.P.F. **Análise geoquímica-ambiental dos solos de Veredas da Bacia do Rio do Formoso, município de Buritizeiro, Minas Gerais, Brasil**. Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Minas Gerais, Instituto de Geociências, 2010.

MORINAGA, C.M. **Recuperação de áreas contaminadas: um novo desafio para projetos paisagísticos**. São Paulo: dissertação de mestrado da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da USP, 2007.

NUNES, G. **Contaminação do solo e água subterrânea por hidrocarbonetos de petróleo e o caso da gasolina brasileira.** Trabalho de conclusão de curso. Universidade de Santa Maria, Rio Grande do Sul, 2008.

OLIVEIRA, E. **Contaminação de aquíferos por hidrocarbonetos provenientes de vazamentos de tanques de armazenamento subterrâneo.** Dissertação de mestrado. São Paulo (SP): Universidade de São Paulo, Instituto de Geociências, 1992.

O'NEIL, P. Majors elements in the earth's crust – Iron. In: _____. (Ed). **Environment chemistry.** 2nd. Ed. New York: Chapman e Hall, 1994. Cap. 9, p. 151-168.

PETTS, J.A. **Urban agriculture in London.** Relatório da WHO – Regional Office for Europe EUR/01/5026025, 2001.

PINHO, J.L.V. **Habitação em Cinco Pontas: um instrumento de apoio na requalificação do bairro São José.** Trabalho Final de Graduação do curso de arquitetura e urbanismo. Recife: Universidade Católica de Pernambuco, 2007.

PINTO, E. **História de uma estrada-de-ferro do Nordeste.** Coleção Documentos Brasileiros, Rio de Janeiro, 1949.

PIRES, M.C. **Guia para avaliação do potencial de contaminação em imóveis,** São Paulo, SP: CETESB/GTZ, 2003.

RAMIRES, J.Z.S. **Áreas contaminadas e os riscos socioambientais em São Paulo.** São Paulo: dissertação de mestrado da Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da USP-Universidade de São Paulo, 2008.

ROSA, C.S. **Avaliação da gestão de áreas contaminadas de uma unidade industrial, localizada no município de Cubatão, São Paulo.** São Paulo: dissertação de mestrado do Instituto de Geociências e Ciências Exatas da Universidade Estadual Paulista, 2007.

SANCHEZ, L.E. **Desengenharia: o passivo ambiental na desativação de empreendimentos industriais.** São Paulo: Editora Universidade de São Paulo, 2001.

SEIBT, A.C., PASQUALETTO, A. **O passivo ambiental de prédios desocupados e a qualidade ambiental em Goiânia.** Goiás: Universidade Católica de Goiás, 2007.

SEIBT, A.C. **O passivo ambiental de prédios abandonados e a qualidade ambiental em Goiânia – Goiás.** Monografia de conclusão de curso. Universidade Católica de Goiás, GO, 2007.

SILVA, H. K. P. **Especiação de metais: uma ferramenta para educação ambiental.** Recife: UFRPE, 2001. Originalmente apresentada como monografia de graduação, Universidade Federal de Pernambuco, 2001.

SILVA, R. L. B. **Contaminação de Poços Rasos no Bairro Brisamar, Ítaquai, RJ, por Derramamento de Gasolina: Concentração de Btex e Avaliação da Qualidade da Água Consumida Pela População.** Tese de Doutorado em Ciências na área de Saúde Pública. Rio de Janeiro (RJ): Escola Nacional de Saúde Pública da Fundação Oswaldo Cruz, 2002.

SILVA, D.P.; PEREIRA, E.M.S. **Dos rios aos trilhos: evolução do transporte urbano ferroviário da cidade do Recife.** 4º Concurso de Monografia – A Cidades nos Trilhos, 2008.

SILVA, H. K. P. **Avaliação das concentrações de metais-traço e suas interações nos sedimentos e biota do parque dos manguezais, região metropolitana do recife (RMR), Pernambuco, Brasil.** Tese de Doutorado em Oceanografia. Recife (PE): Universidade de Pernambuco, 2011.

SOUSA, C. **Contaminated sites: the canadian situation in a international context** – Journal of environmental management, 62, 131-154, 2001.

SUASSUNA, K. **Contaminação em Paulínia por aldrin, dieldrin, endrin e outros compostos tóxicos produzidos e descartados pela Shell do Brasil S/A.** Campanha de Substâncias e Tecnologias Tóxicas, Greenpeace Brasil. São Paulo, 2001.

TAKAMATSU, A.A. **Avaliação da biolixiviação de metais pesados por bactérias do gênero *Thiobacillus* em lodos biológicos para utilização agrícola com fertilizante.** Dissertação de mestrado. Universidade Federal do Paraná, 1995.

TEÓDULO, M.J.R. **Avaliação dos níveis de metais-traços em solos do Complexo Portuário de Suape (CIPS) e sedimentos de correntes dos rios Massangana, Tatuoca e Ipojuca – PE.** Dissertação de mestrado. Universidade Federal de Pernambuco, 2004.

TOLEDO, M.P. **Proposta de metodologia para estabelecimento de uso e ocupação do solo em áreas contaminadas.** São Paulo: dissertação de mestrado da Escola Politécnica da USP, 2007.

TORRES, J.L.R.; , FABIAN, A.J.; SILVA, A.L.; PESSOA, E.J.; SILVA, C.; RESENDE, E.F. **Diagnóstico socioeconômico, ambiental e avaliação das características morfométricas da microbacia do córrego Alegria em Uberaba – MG.** Sociedade & Natureza, Uberlândia-MG, v.01, n. 37, p.35 -39, 2007.

VALENTIM, L.S.O. **Requalificação urbana, contaminação do solo e riscos à saúde: um caso na cidade de São Paulo.** São Paulo: Annablume; FAPESP, 2007.

VASQUES, A.R. **Considerações de estudos de casos sobre brownfields: Exemplos no Brasil e no Mundo.** Revista bibliográfica de geografia y ciencias sociales - Série documental de Geo Crítica, Universidad de Barcelona, vol. XI, nº 648, 30 de abril de 2006.

WHO – WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Chromium**. Environmental criteria 16. Geneva, 1988.

WHO – WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Manganese**. Environmental criteria 17. Geneva, 1988.

Sites da Internet:

CETESB – Companhia de tecnologia de saneamento ambiental. Cadastro de áreas contaminadas, 2006. Disponível em: acessada em 21 de novembro de 2008, às 21:32 hs.

WIKIPEDIA – A enciclopédia livre, consultada em:
<http://pt.wikipedia.org/wiki/26_de_abril>, acessada em 26 de outubro de 2008, às 16:23 horas.

PERNAMBUCO de A/Z – Disponível em: http://www.pe-az.com.br/economia/industria_textil.htm, acessada em 30 de outubro, às 21:22 hs.

A HISTÓRIA DA CFN – Disponível em: <http://www.cfn.com.br/historia.htm>, acessada em 22 de novembro de 2008, às 19:17 hs.