

Universidade Federal de Santa Catarina
Curso de Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental

**GERENCIAMENTO DO RISCO À SAÚDE HUMANA NUM
TERMINAL DE ARMAZENAMENTO DE PETRÓLEO**

Deise Paludo

FLORIANÓPOLIS, (SC)
DEZEMBRO/2004

Universidade Federal de Santa Catarina
Curso de Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental

**GERENCIAMENTO DO RISCO TOXICOLÓGICO NUM
TERMINAL DE ARMAZENAMENTO DE PETRÓLEO**

Deise Paludo

**Trabalho apresentado à Universidade
Federal de Santa Catarina para Conclusão
do Curso de Graduação em Engenharia
Sanitária e Ambiental**

Orientador
Prof. Dr. Henry Xavier Corseuil

FLORIANÓPOLIS, (SC)
DEZEMBRO/2004

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO TECNOLÓGICO
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL

**GERENCIAMENTO DO RISCO TOXICOLÓGICO NUM
TERMINAL DE ARMAZENAMENTO DE PETRÓLEO**

DEISE PALUDO

**Trabalho submetido à Banca Examinadora como parte dos requisitos
para Conclusão do Curso de Graduação em Engenharia Sanitária e
Ambiental–TCC II.**

BANCA EXAMINADORA:

**Prof. Dr. Henry Xavier Corseuil
(Orientador)**

Prof. Dr. Fernando S. P. Sant’Anna

Prof. Dr. Sebastião R. Soares

FLORIANÓPOLIS, (SC)
DEZEMBRO/2004

*Aos meus pais,
Germano e Justina, com todo
o meu amor! Aos gurus,
Ezequiel e Giovanni, com
imensas saudades!*

AGRADECIMENTOS

Agradeço, com muito esmero ao Professor Henry e ao Márcio pela orientação e confiança depositada. Cordialmente, agradeço ao Alexandre por transmitir tranquilidade e presteza nos momentos mais turbulentos.

Lá do fundo do coração agradeço ao Alexandre, Marcos e José Luiz por ensinarem-me o significado da palavra união; à Heloise e em especial à Tatiane simplesmente por serem minhas amigas; à Helen pelo incentivo e descontração. Ao Carlos e à Patrícia, meus grandes mestres na arte viver e trabalhar em equipe, agradeço com imenso carinho todos os momentos que passamos juntos. Ao Pai do Céu agradeço por Ele ter me presenteado com todos vocês!

RESUMO

Terminais de armazenamento são estações de recebimento, armazenagem e transferência de petróleo e seus derivados, como gasolina e óleo diesel. No Brasil existem cerca de 50 terminais de armazenamento e distribuição, que podem ser terrestres, marítimos, fluviais ou lacustres. A contaminação do solo e da água subterrânea nas áreas dos terminais de armazenamento está freqüentemente associada às operações de limpeza dos tanques, falhas de operação e vazamentos em dutos ou tanques provocados por corrosão. A toxicidade dos compostos de petróleo e a suscetibilidade dos terminais aos acidentes com vazamentos justificam a necessidade de gerenciamento do risco de ocorrência de efeitos adversos à saúde humana. Para tanto, são utilizadas metodologias de análise e gerenciamento do risco. O objetivo geral do trabalho foi desenvolver o “Processo de Identificação de Áreas Contaminadas”, que é parte da metodologia de análise de risco desenvolvida pela CETESB intitulada “Gerenciamento de Áreas Contaminadas”, no Terminal Marítimo Almirante Barroso, localizado na cidade de São Sebastião, litoral norte de São Paulo. Este Terminal corresponde a maior instalação de recebimento e embarque de derivados de petróleo da América Latina. Os resultados obtidos satisfazem as etapas do Processo de Identificação de Áreas Contaminadas, ou seja: a Definição da Região de Interesse como um raio de 500 m em torno do Terminal e os Objetivos do Gerenciamento; a Identificação da Área Potencialmente Contaminada, que corresponde a área inserida nos limites do Terminal; a Avaliação Preliminar, que indicou a presença de possíveis receptores a jusante do Terminal, considerando a direção do fluxo da água subterrânea; a definição da estratégia de amostragem com base na investigação geofísica e a confirmação da contaminação na Investigação Confirmatória, depois da comparação das concentrações do local com os valores orientadores apropriados para áreas industriais.

ABSTRACT

Storage terminals are special buildings used for receiving, storing and transferring crude petroleum and its derivatives. There are about fifty storage terminals in Brazil, and they can be terrestrial, marine, fluvial or lacustrine stations. Soil and groundwater contamination in storage terminals is often associated to storage tank cleaning, operation failures, releases due to pipe and tank corrosion. Petroleum compound toxicity and terminal susceptibility to releases justifies the need of risk analysis and management of adverse human health effects. This work aimed primarily at developing the “Identification Process of Contaminated Areas”, which is the first part of the risk analysis methodology developed by CETESB entitled “Management of Contaminated Areas”, at Almirante Barroso Marine Terminal, located in São Sebastião, north cost of the State of São Paulo. Almirante Barroso is the largest storage terminal in Latin America used for receiving and distributing crude petroleum and its derivatives. The results satisfy the stages of the “Identification Process of Contaminated Areas”, which are: (1) Definition of the Interest Area, as a ray of 500m around the Terminal, and the objectives for “Management of Contaminated Areas”; (2) the Identification of the Potentially Contaminated Area, which corresponds to the area within the Terminal boundaries; (3) the Preliminary Assessment, which indicated the presence of possible receptors downstream to the Terminal, according to groundwater flow direction; and (4) definition of the sampling strategy on the basis of geophysical investigation, and the contamination confirmation after comparing site concentrations to reference values for industrial areas.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	1
2. OBJETIVOS	2
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	3
3.1 TERMINAIS DE ARMAZENAMENTO DE PETRÓLEO	3
3.2 ANÁLISE DE RISCO	4
3.2.1 AVALIAÇÃO DE RISCO À SAÚDE HUMANA	4
3.2.2 GERENCIAMENTO DO RISCO	7
3.3 METODOLOGIAS DE ANÁLISE DE RISCO	8
3.3.1 METODOLOGIA HOLANDESA	8
3.3.2 AÇÃO CORRETIVA BASEADA NO RISCO – RBCA	9
3.3.3 GERENCIAMENTO DE ÁREAS CONTAMINADAS	12
4. METODOLOGIA	15
4.1 PROCESSO DE IDENTIFICAÇÃO DAS ÁREAS CONTAMINADAS	17
4.1.1 DEFINIÇÃO DA REGIÃO DE INTERESSE	18
4.1.2 IDENTIFICAÇÃO DE ÁREAS POTENCIALMENTE CONTAMINADAS	18
4.1.3 AVALIAÇÃO PRELIMINAR	18
4.1.4 INVESTIGAÇÃO CONFIRMATÓRIA	19
4.2 PROCESSO DE RECUPERAÇÃO DAS ÁREAS CONTAMINADAS	20
5. RESULTADOS	21
5.1 DEFINIÇÃO DA REGIÃO DE INTERESSE	21
5.2 IDENTIFICAÇÃO DE ÁREAS POTENCIALMENTE CONTAMINADAS	22
5.3 AVALIAÇÃO PRELIMINAR	23
5.4 INVESTIGAÇÃO CONFIRMATÓRIA	27
5.5 PRÓXIMAS ETAPAS PARA O GERENCIAMENTO	39
6. CONCLUSÕES	40
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	41
8. ANEXO	42

1. INTRODUÇÃO

A indústria do petróleo cresce progressivamente desde os anos trinta até hoje. O aperfeiçoamento das técnicas de exploração e o descobrimento de novos campos petrolíferos estimulam a construção de superpetroleiros transoceânicos, terminais de armazenamento, terminais de carga e descarga de petróleo e derivados, refinarias e oleodutos interestaduais e internacionais. Como consequência, aumentam também a quantidade de petróleo e derivados que são liberados no meio ambiente provenientes da limpeza de tanques e vazamentos de navios petroleiros ou de vazamentos decorrentes das operações de carga e descarga nos portos e terminais.

Desde 1980 até o ano de 2002 foram registrados pela Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB) 149 casos de acidentes com dutos provocando vazamentos de petróleo e derivados, atingindo e contaminando áreas litorâneas, metropolitanas e do interior do Estado de São Paulo. A toxicidade dos compostos de petróleo e a suscetibilidade dos terminais aos acidentes com vazamentos justificam a necessidade de gerenciamento do risco de ocorrência de efeitos adversos à saúde humana decorrentes da exposição aos contaminantes nestas áreas. Para tanto, são utilizadas metodologias de análise e gerenciamento do risco.

Em áreas contaminadas por petróleo, a seleção de soluções corretivas baseadas no risco permite direcionar e restringir a coleta de dados àqueles necessários à tomada de decisão, evitando desperdício de tempo e volumosas quantias de dinheiro, e principalmente, permite destinar de forma eficiente os recursos humanos e financeiros de modo a alcançar níveis toleráveis de risco e exposição; e foi ao encontro destas intenções que se cumpriu o presente trabalho.

A metodologia de Gerenciamento de Áreas Contaminadas adotada para este trabalho é baseada nos procedimentos apresentados no Manual de Gerenciamento de Áreas Contaminadas, elaborado pela CETESB. Esta metodologia é constituída por dois processos: Processo de Identificação de Áreas Contaminadas e o Processo de Recuperação de Áreas Contaminadas. O propósito deste trabalho foi realizar as primeiras etapas do gerenciamento, referentes ao Processo de Identificação de Áreas Contaminadas, no Terminal Marítimo Almirante Barroso, localizado na cidade de São Sebastião/SP. O Terminal Marítimo Almirante Barroso (TEBAR) é propriedade da companhia Petróleo Brasileiro S/A (PETROBRAS), o maior terminal da América Latina especializado na carga e descarga de grânéis líquidos. Este terminal ocupa cerca de cento e trinta hectares e possui capacidade para armazenar perto de dois milhões de m³ de petróleo e derivados.

2. OBJETIVOS

Objetivo geral

Apresentar um estudo de caso com as etapas iniciais do Gerenciamento de Áreas Contaminadas para o Terminal Marítimo Almirante Barroso, de armazenamento de petróleo e derivados, localizado no Estado de São Paulo.

Objetivos específicos

1. Desenvolver o “Processo de Identificação de Áreas Contaminadas” considerando como cenário o Terminal Marítimo Almirante Barroso;
2. Definir os objetivos do Gerenciamento de Áreas Contaminadas para o Terminal;
3. Caracterizar o meio-físico e o entorno Terminal;
4. Definir a estratégia de amostragem de solo e água subterrânea para Investigação Confirmatória;
5. Comparar os resultados das análises de solo e água subterrânea com os valores orientadores apropriados para o tipo de ocupação da área do Terminal;

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Terminais de Armazenamento de Petróleo

Terminais de armazenamento são estações de recebimento, armazenagem e transferência de petróleo e seus derivados, como gasolina e óleo diesel. Os combustíveis são transportados por redes de dutos para outras bases, unidades industriais e para carga e descarga de navios. No Brasil existem cerca de 50 terminais de armazenamento e distribuição, que podem ser terrestres, marítimos, fluviais, lacustres.

O transporte de petróleo e derivados entre píeres, terminais marítimos e fluviais, campos de produção de petróleo e gás, refinarias, companhias distribuidoras e consumidores é realizado por oleodutos, que são tubulações construídas com chapas de aço, tratadas contra corrosão para transportar petróleo e seus derivados por distâncias especialmente longas. Em sua maioria são subterrâneos existindo também dutos aéreos e submarinos, situados nas imediações das plataformas de petróleo e dos terminais. Os traçados das linhas de dutos podem ser encontrados em áreas urbanas, rurais, passando sob ruas, avenidas e rodovias; fazendas, serras, rios, mares e manguezais. Por intermédio da distribuidora Transpetro, a Petrobras opera uma extensa malha de aproximadamente 10.000 quilômetros de dutos (TRANSPETRO, 2004-a).

A contaminação do solo e da água subterrânea nas áreas dos terminais de armazenamento está freqüentemente associada às operações de limpeza dos tanques, falhas de operação e vazamentos em dutos ou tanques provocados por corrosão. A CETESB (2004) classifica da seguinte forma as causas dos acidentes com oleodutos:

- Causas naturais: associadas as ações da natureza, como erosão, deslizamentos ou movimentações do solo;
- Ações de terceiros: vinculadas a perfurações não intencionais por empreiteiras durante obras de engenharia e também atos de vandalismo;
- Falhas operacionais: eventos associados a falhas dos operadores, que podem ser decorrentes de atividades indevidas, por exemplo, sobrepressão e erros nas manobras de válvulas durante a transferência de produtos entre as diversas instalações (terminais, refinarias, estações intermediárias);
- Falhas mecânicas e de manutenção: associadas aos defeitos ou mau funcionamento de válvulas, flanges e juntas, além do desgaste ou fadiga dos materiais e manobras indevidas durante os trabalhos de manutenção das linhas de dutos.

Mesmo que construídos e operados dentro dos padrões de segurança, os dutos estão sujeitos a corrosão, erosão, deslizamentos de terra e ação de terceiros, causas de vazamentos! Em função da alta pressão no interior dos dutos e da periculosidade dos

combustíveis transportados, os danos ambientais, sociais e econômicos não costumam ser pequenos.

3.2 Análise de Risco

A análise de risco é um processo para levantar a possibilidade de ocorrência de impactos causados por situações de perigo, que é definido como uma ameaça às pessoas, seres vivos, propriedades, ecossistemas e/ou meio ambiente; uma situação que prenuncia um efeito não desejado. O risco é a quantificação do perigo, obtido numa associação da probabilidade de ocorrência e das consequências de um efeito adverso quando considerada a possível ocorrência de exposição a uma circunstância de perigo.

A análise de risco permite ações pró-ativas, identificação e prevenção de problemas antes que eles ocorram, além disto, a remediação com base nos riscos tem por finalidade impedir que as condições de exposição previstas na avaliação de risco sejam atingidas (FINOTTI, 1997), sendo composta por duas etapas: a avaliação e o gerenciamento do risco.

3.2.1 Avaliação de Risco à Saúde Humana

A avaliação do risco à saúde humana é um processo utilizado para quantificar o risco, chegar a uma medida numérica da possibilidade de ser provocada uma doença. Seu objetivo é subsidiar as decisões do gerenciamento, determinando a necessidade de remediação do local. Os resultados servem de orientação para estabelecer as concentrações que devem ser alcançadas na área.

A incerteza é parte dos projetos de avaliação de risco, principalmente devido às extrapolações necessárias ao cálculo das doses de referência e doses de exposição. Por conta disto, a escolha e justificativa dos coeficientes nos cálculos das concentrações nos pontos de exposição, dose-resposta e quantificação do risco deve ser conduzida sob uma abordagem conservadora.

De acordo com a CETESB (2001), as metodologias para avaliação de risco à saúde humana em áreas contaminadas geralmente assemelham-se à elaborada pela Agência de Proteção Ambiental Americana (USEPA), que compreende quatro etapas:

Identificação do perigo

Com o objetivo de definir os perigos oferecidos pela área impactada, devem ser levantadas informações sobre: os contaminantes presentes, suas concentrações, distribuição no espaço, seu comportamento no meio físico contaminado (solo, ar, águas superficiais e subterrâneas), propriedades físicas, químicas e toxicológicas; propriedades dos meios físicos que interfiram no transporte, atenuação e persistência dos contaminantes; isto para que seja possível caracterizar a contaminação, identificar e justificar as concentrações e a interferência dos meios físicos na quantificação da exposição e no modelamento matemático de transporte e transformação dos contaminantes.

Avaliação da toxicidade

Consiste em associar a dose de exposição e o efeito nocivo provocado num receptor. Pode ser conduzida em duas fases:

- Identificação dos efeitos adversos: procura responder qual é o incremento na incidência de um efeito adverso à saúde humana (carcinogênicos ou não) provocado pela substância em avaliação;
- Determinação da dose-resposta: é a etapa de quantificação da toxicidade, de onde resultam os coeficientes usados no cálculo do risco. Aqui, faz-se uso de estudos clínicos, epidemiológicos, com animais e fatores de incerteza para extrapolação dos resultados para humanos, assim são estabelecidas as doses limites, abaixo das quais não se observam efeitos nocivos. Os efeitos toxicológicos para compostos carcinogênicos são analisados com base no Fator de Potência (SF), que denota o risco decorrente de exposição diária a 1mg/kg/dia do composto durante toda a vida (Corseuil et al, 2002), enquanto os compostos não-carcinogênicos são avaliados com base na Dose de Referência (RfD).

Avaliação da exposição

Resulta na estimativa da dose de ingresso ou, dose diária média, a que está sujeito o receptor. Segundo CETESB (1999) pode ser conduzida em três fases:

- Caracterização da exposição: levantamento do uso e ocupação do solo (localização dos pontos de exposição), clima, vegetação, hidrogeologia, geologia, e hidrologia;
- Identificação dos caminhos de exposição: determinar como os receptores podem ser expostos, portanto, identificar o meio físico contaminado (fonte), como o contaminante se desloca para atingir o receptor (mecanismos de transporte) e as vias de ingresso (inalação, ingestão e/ou contato dérmico);

- Quantificação da exposição: corresponde à estimativa das concentrações no ponto de exposição, obtida por monitoramento ou modelagem matemática, e ao cálculo do ingresso, que é a dose disponível para absorção, vide Equação (1).

$$I = C \times \frac{IR \times EF \times ED}{BW \times AT} \quad (1)$$

onde,

I = dose de ingresso [mg/kg.dia]
 C = concentração do contaminante [mg/kg ou ml/kg]
 IR = taxa de contato [L/dia ou kg/dia]
 EF = frequência de exposição [dias/ano]
 ED = duração da exposição [ano]
 BW = peso corporal [kg]
 AT = período de exposição [dias]

A exposição é definida como o contato de um organismo com um composto químico ou contaminante. Se a exposição ocorre ao longo do tempo, a exposição total (ED) pode ser dividida por um período de tempo de interesse (AT), para ser obtida uma taxa de exposição média por unidade de tempo (CETESB 2001), por exemplo, um trabalhador permanece cinco anos empregado em uma área contaminada, com jornada de trabalho de 8 horas/dia. Neste caso, a ED = 5 anos e AT = tempo em que o trabalhador permaneceu na área contaminada, em dias.

Caracterização do risco

É a síntese das etapas anteriores e consiste em quantificar o risco relacionando a dose disponível no ponto de exposição com a dose-resposta a fim de determinar se a população avaliada está sujeita a algum efeito toxicológico do contaminante (CORSEUIL *et al*, 2002). Para os compostos sistêmicos, não carcinogênicos, um HI-Índice de Risco (Equação 2) superior a um (1) indica ocorrência de dano e vice-versa.

$$HI = \frac{I}{RfD} \quad (2)$$

onde,

HI = índice de risco
 I = dose de ingresso [mg/kg.dia]
 RfD = dose de referência [mg/kg.dia]

O potencial de efeitos carcinogênicos é verificado pelo incremento nos casos da doença (Equação 3), normalmente expresso em termos de um caso a cada dez mil (10^{-4}) ou um milhão (10^{-6}) de organismos. O valor SF (fator de potência) é utilizado para estimar a probabilidade de ocorrência de um caso adicional de câncer em uma população, decorrente da exposição a contaminantes carcinogênicos. É a relação entre a dose e a resposta carcinogênica (CETESB, 2001).

$$Risco = I \times SF \quad (3)$$

onde,

Risco = risco carcinogênico
I = dose de ingresso [mg/kg.dia]
SF = fator de potência [1/mg/kg.dia]

3.2.2 Gerenciamento do risco

A Recuperação de uma área contaminada pode ser entendida como o processo de aplicação das ações corretivas necessárias para isolar, conter, minimizar ou eliminar uma contaminação, com vistas à utilização dessa área para um determinado uso. Conforme uma citação da CETESB (2001), essa definição considera que o princípio da “aptidão para um determinado uso” é mais viável técnica e economicamente do que o princípio da “multi-funcionalidade” (restaurar as condições naturais, viabilizando todos os tipos de uso de uma área). Dessa forma, o gerenciamento baseado no risco pode ser planejado a partir da combinação das seguintes abordagens:

- mudança do uso da área para minimizar o risco;
- remoção ou destruição dos contaminantes para a eliminação do risco;
- redução da concentração ou contenção dos contaminantes para eliminar ou reduzir o risco.

Metas de remediação com base no risco toxicológico

São chamadas Metas de Remediação Baseadas no Risco as concentrações aceitáveis, que não causam perigo à saúde humana, quando considerado o cenário utilizado na caracterização do risco. Estas metas são determinadas retrocedendo o processo de cálculo, quando estipulado um risco aceitável, $Risco = 10^{-6}$ para compostos cancerígenos, por exemplo (CETESB, 2001).

3.3 Metodologias de Análise de Risco

As metodologias de análise de risco são diferenciadas nas que usam valores orientadores pré-estabelecidos e nas que empregam avaliação de risco caso-a-caso (CASARINI *et al*, 2001). Ambas divergem, essencialmente, nos critérios para definição dos cenários de uso e ocupação do solo.

As avaliações de risco caso-a-caso demonstram ter uma relação custo/benefício desfavorável, a exemplo das usadas pelos Estados Unidos no Programa “Superfund”, para recuperação de áreas contaminadas (CETESB, 2001). Por outro lado, o uso de valores orientadores não considera a especificidade de cada sítio, como o uso e ocupação do solo, litologia, hidrogeologia e demais propriedades que definem os caminhos de exposição (CASARINI *et al*, 2001).

Pelos motivos citados, a tendência mundial é adotar um “meio termo” entre ambos os métodos, usando os valores orientadores nas etapas de diagnóstico de áreas contaminadas, monitoramento e prevenção da poluição e remeter a avaliação de risco caso-a-caso para as áreas confirmadamente contaminadas (CASARINI *et al*, 2001).

3.3.1 Metodologia Holandesa

A Holanda foi o primeiro país a formalizar um programa para avaliação de contaminação e estabelecimento de níveis de intervenção; para tanto, o Ministério da Habitação, Planejamento e Meio Ambiente holandês formulou a chamada “Lista Holandesa” ou “Lista ABC”, uma lista de valores orientadores para ser utilizada como guia nas avaliações de risco e remediação de áreas contaminadas.

Atendendo a Lei de Proteção do Solo da Holanda, a metodologia holandesa segue o princípio da multi-funcionalidade, que considera todas as funções do solo (agricultura, ecologia, transporte e suprimento de água potável) na elaboração dos valores orientadores. Os valores orientadores são derivados de modelagens de avaliação de risco e consideram os efeitos toxicológicos e ecotoxicológicos (CASARINI *et al*, 2001). Estes valores são usados para enquadrar o solo e as águas subterrâneas em três níveis de qualidade:

- Valor de Referência (S): indica o nível de qualidade para “solo limpo”;
- Valor de Intervenção (I): indica o limite de qualidade, acima do qual existe risco à saúde humana e ao ambiente. Quando for excedido num volume de 25 m³ de

solo ou em 100 m³ de água subterrânea, indica que existe contaminação e a remediação é necessária.

- Valor de Alerta (T): representa a média entre o valor S e o valor I, indica alteração das propriedades funcionais do solo, pode requerer investigações detalhadas e monitoramento, quando excedido;

Considera-se que a exposição aos contaminantes pode ser pelas vias direta (ingestão de solo, absorção dérmica, inalação de gases e partículas) ou indireta (ingestão de vegetais contaminados e ingestão de água). O ingresso diário total de um contaminante é calculado pelo somatório das contribuições dessas vias de exposição. Então o valor de Intervenção para saúde humana é definido como a concentração de uma substância no solo ou na água subterrânea, que resulta num ingresso diário total igual a concentração de ingresso diário tolerável (CASARINI et al, 2001).

“Uma contaminação no solo não é aceitável se o risco para a saúde humana exceder o Risco Máximo Tolerável (MTR)”, segundo a CETESB (2001), este é o princípio do método desenvolvido pelo ministério holandês para estabelecimento dos valores de intervenção. Considerando a saúde humana, para substâncias não carcinogênicas o nível de risco máximo tolerável é determinado pelo Ingresso Diário Tolerável (TDI). Quando a dose de exposição ultrapassa o TDI, a contaminação não é aceitável e a intervenção é necessária. Também podem ser usados outros índices como a Dose de Referência (RfD), definida pela EPA. Para substâncias carcinogênicas o risco admitido para a saúde humana é de 10⁻⁴ significando que existe a possibilidade de ocorrer um caso adicional de tumor letal em cada 10.000 pessoas (CASARINI et al, 2001).

3.3.2 Ação Corretiva Baseada no Risco – RBCA

Em 1995, nos Estados Unidos, a ASTM (American Society for Testing and Materials) editou a metodologia RBCA (Risk-Based Corrective Action) desenvolvida pela USEPA (United States Environmental Protection Agency) lançando um guia para aplicação da Ação Corretiva Baseada no Risco em locais atingidos por derramamentos de petróleo onde a metodologia é descrita em dez passos:

Passo 1: Avaliação inicial da área

Consiste em coletar as informações necessárias para a classificação inicial da área e execução da Etapa 1, cada etapa sucessiva exigirá novos dados específicos do local. Os dados coletados devem conter um histórico das atividades e vazamentos; permitir a identificação dos contaminantes; localização da(s) fonte(s) e pontos de maior

concentração no solo e na água subterrânea; locação dos possíveis receptores humanos ou não (pontos de exposição); identificação dos mecanismos de transporte e vias de exposição (migração de vapores, água subterrânea); geologia e hidrogeologia da região (profundidade do lençol freático, direção e gradiente do fluxo, por exemplo) e finalmente, uma avaliação qualitativa dos impactos aos receptores (ASTM, 1995).

Passo 2: Classificação da área e ação-resposta inicial

É a classificação da área quanto ao grau de perigo à saúde humana. Sítios que apresentem perigo imediato, como exemplo risco de explosão, recebem “Classificação 1” e implicam em ações emergenciais como evacuação do local. “Classificação 2” é conferida aos sítios onde o perigo está associado a exposições agudas (0 a 2 anos), a “Classificação 3” está associada ao perigo provocado por exposições crônicas (maior que 2 anos) e os locais onde não se verifica perigo potencial recebem “Classificação 4”. A norma ASTM (1995) traz tabeladas as características que orientam a classificação dos sítios e possíveis respostas iniciais.

Passo 3: Etapa 1

As concentrações dos contaminantes obtidas no primeiro passo, em amostragens de solos e águas subterrâneas, serão comparadas com valores orientadores, aqui chamados RBSL (Risk Based Soil Level). Os RBSLs são derivados de avaliações de risco para cenários típicos de exposição, sem considerar a especificidade do sítio, e podem ser obtidos em tabelas já existentes (ASTM, 1995). Na Etapa 1, admite-se que o ponto de exposição está sobre a fonte, onde verifica-se a maior concentração, hipótese que confere um caráter bastante conservador à Etapa.

Passo 4: Avaliação da Etapa 1

Ao final de cada Etapa os valores alvo (neste caso os RBSLs) são comparados com as concentrações nos pontos de exposição, se estas excederem os valores alvo devem ser providenciadas ações de remediação ou conduzidas as demais Etapas da avaliação de risco para determinar ações mais flexíveis (ASTM, 1995).

Passo 5: Etapa 2

Devem ser levantados dados específicos do local contaminado: as vias de exposição que de fato ocorrem, tempos de permanência da população no local, geologia e hidrogeologia da área contaminada, além de outros dados necessários para subsidiar uma avaliação de risco específica, com vistas à obtenção dos chamados SSTL (Site-specific target level), valores alvo estabelecidos para as condições específicas do local.

A quantidade total de contaminante absorvida por dia pelo receptor é comparada, no caso de contaminantes não carcinogênicos, com limites aceitáveis como Dose de

Referencia (RfD) determinado pela EPA. Para compostos carcinogênicos não há um limite seguro de exposição onde o risco de contrair câncer seja nulo, então, usa-se uma probabilidade aceitável de um caso adicional de câncer entre 10.000 ou 1.000.000 pessoas, o que significa um risco de câncer 10^{-4} a 10^{-6} . Estes coeficientes de risco são os mesmos admitidos no cálculo dos RBSL na Etapa 1, de maneira que a diferença entre as duas etapas está em substituir o conservadorismo da Etapa 1 pela especificidade do sítio na Etapa 2 (ASTM, 1995).

Passo 6: Avaliação da Etapa 2

Comparação dos valores alvo, SSTL (Site-specific target level), com as concentrações nos pontos de exposição, se estas excederem os valores alvo devem ser providenciadas ações de remediação ou conduzidas as demais Etapas da avaliação de risco para determinar ações mais flexíveis (ASTM, 1995).

Passo 7: Etapa 3

Caso os dados analíticos específicos do local, comparados aos valores SSTL indiquem concentrações alvo deveras restritivas para conduzir um plano de remediação, pode-se recomendar a coleta de dados ainda mais específicos do local e da população exposta, efetuando-se avaliações mais detalhadas, que incluem o uso de modelos sofisticados de transporte de massa e análise probabilística, aumentando significativamente o custo da avaliação (ASTM, 1995).

Passo 8: Avaliação da Etapa 3

Como nos Passos 4 e 6, este também possui caráter decisório, a diferença é que não são recomendadas mais investigações, devendo-se optar por proceder uma ação corretiva ou apenas monitoramento.

Passo 9: Programa de remediação

O programa de remediação deve ser conduzido quando as concentrações no sítio estiverem acima dos RBSL ou SSTL determinados e/ou análises adicionais forem julgadas impraticáveis ou desnecessárias (FINOTTI, 1997). O programa de remediação deverá ser conduzido para que as concentrações alvo (RBSL ou SSTL) sejam atingidas.

Passo 10: Monitoramento e manutenção

O monitoramento do sítio é útil e deve ser mantido, em muitos casos, para demonstrar a eficácia do programa de remediação e/ou acompanhar a situação da área.

3.3.3 Gerenciamento de Áreas Contaminadas

Assim como na RBCA, a metodologia de Gerenciamento de Áreas Contaminadas proposta pela CETESB fundamenta-se numa estratégia construída em etapas seqüenciais, de maneira que a informação obtida em cada etapa é a base para a execução da etapa posterior. Aqui também se faz uso de uma lista de valores orientadores para diagnosticar a necessidade de proceder uma avaliação de risco específica para o local. A lista dos valores orientadores próprios para o Estado de São Paulo foi elaborada sobre o princípio da “aptidão para o uso” e também propõe três níveis de valores orientadores:

- Valor de referência de qualidade (R): indica o nível de qualidade para um solo considerado limpo ou a qualidade natural das águas subterrâneas;
- Valor de alerta (A): indica uma possível alteração da qualidade natural dos solos e águas subterrâneas, com caráter preventivo e quando excedido, requer monitoramento, identificação das fontes de poluição e seu controle;
- Valor de intervenção (I): indica o limite de contaminação acima do qual, existe risco potencial de efeito danoso à saúde humana, indicando a necessidade de ação imediata na área, o que envolve investigação detalhada e adoção de medidas emergenciais, como restrição do acesso de pessoas à área e suspensão do consumo de água subterrânea, a fim de reduzir as vias de exposição.

Somente os valores de intervenção são usados neste método, pois quando confirmada a contaminação procede-se a investigação detalhada e avaliação de risco específica para o local, a partir da qual define-se a necessidade de remediação (CETESB, 2001).

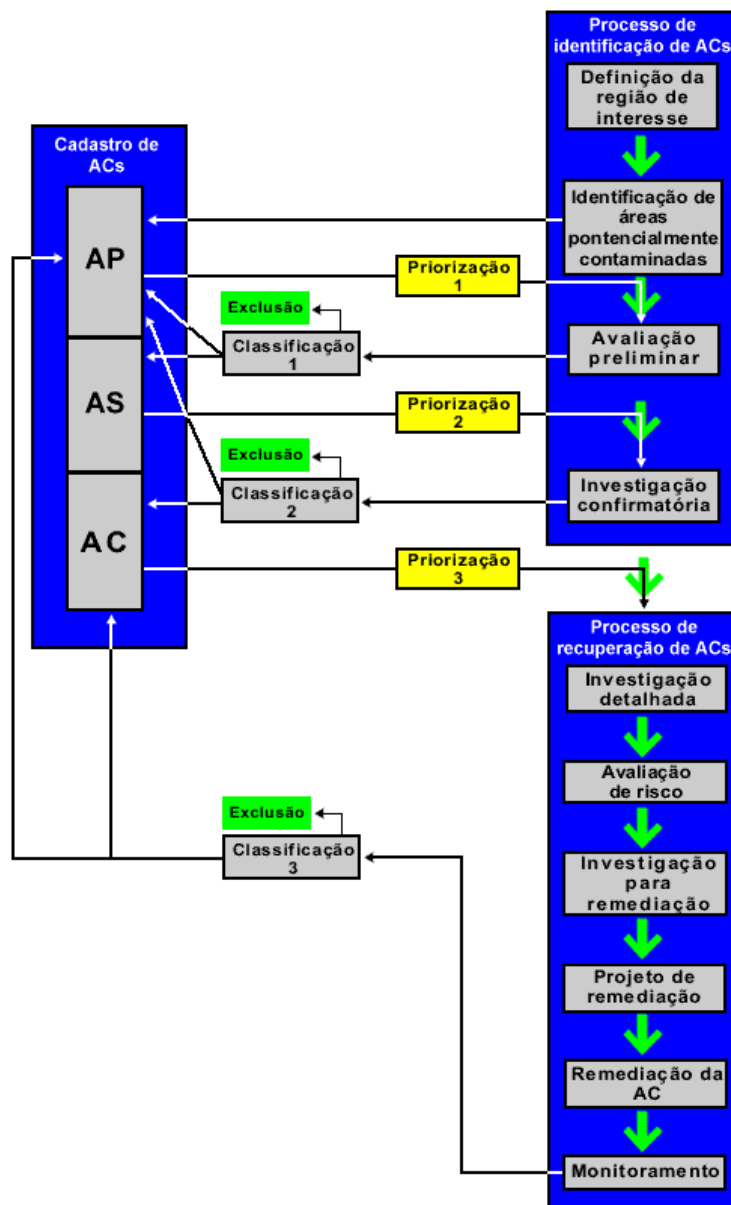
A Figura 1 mostra o fluxograma da metodologia de Gerenciamento de Áreas Contaminadas, que é composta por dois processos:

1. **Processo de Identificação de Áreas Contaminadas**, cujo objetivo principal é mapear e localizar as áreas contaminadas, é composto por quatro etapas: *Definição da Região de Interesse*, *Identificação das Áreas Potencialmente Contaminadas*, *Avaliação Preliminar* e *Investigação Confirmatória*;

2. **Processo de Recuperação de Áreas Contaminadas** que tem por objetivo principal a determinação e execução das medidas corretivas mais apropriadas para essas áreas que possibilitem sua recuperação para um uso compatível com as metas estabelecidas adotando-se dessa forma o princípio da “aptidão para o uso” (CETESB, 2001), este segundo processo é composto por seis etapas: *Investigação Detalhada, Avaliação de Risco, Investigação para Remediação, Projeto de Remediação, Remediação das Áreas Contaminadas e Monitoramento*.

Ao longo do gerenciamento as áreas contaminadas passam por três etapas de classificação: (i) na *Classificação 1* as informações levantadas durante a etapa de avaliação preliminar, permitem que a área seja classificada como AP (área potencialmente contaminada) ou AS (área suspeita de contaminação) de acordo com a quantidade de informações adquiridas sobre a fonte de contaminação; (ii) *Classificação 2*, Com os resultados da investigação confirmatória, as áreas suspeitas de contaminação poderão ser classificadas como áreas contaminadas (AC), caso as concentrações de contaminantes sejam superiores aos valores orientadores, e deverão ser incluídas no Processo de Recuperação. Não haverá necessidade de continuar as investigações quando as concentrações detectadas dos poluentes estiverem acima do Valor de Referência de Qualidade, porém abaixo do Valor de Alerta (CASARINI et al, 2001); (iii) *Classificação 3*, uma área poderá ser excluída do Cadastro de Áreas Contaminadas, caso a contaminação seja removida e não exista uma atividade potencialmente contaminadora. Caso a contaminação tenha sido removida, mas continue existindo na área uma atividade potencialmente contaminadora, esta permanecerá cadastrada como AP. A área também poderá ou permanecer classificada como AC, caso continue existindo contaminação.

A metodologia de Gerenciamento de Áreas Contaminadas inclui três etapas de *Priorização* (antes das etapas de Avaliação Preliminar, Investigação Confirmatória e Investigação Detalhada), executadas pelo preenchimento de uma *Ficha de Pontuação*. Os critérios utilizados para definir a prioridade na alocação de recursos humanos e financeiros entre uma área e outra são: a proximidade das populações e bens que devem ser protegidos, uso e ocupação do solo, vias de exposição, toxicidade e propagação do contaminante.



Fonte: CETESB, 2001

Figura 1 – Fluxograma da Metodologia de Gerenciamento de Áreas Contaminadas

4. METODOLOGIA

Este trabalho foi executado de acordo com a *Metodologia de Gerenciamento de Áreas Contaminadas*, publicada pela Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB) no “*Manual de Gerenciamento de Áreas Contaminadas*”. Foram realizadas as quatro etapas que fazem parte do “*Processo de Identificação de Áreas Contaminadas*” (Definição da Região de Interesse, Identificação das Áreas Potencialmente Contaminadas, Avaliação Preliminar e Investigação Confirmatória). O cenário da realização do trabalho foi o *Terminal Marítimo Almirante Barroso* (TEBAR), cuja fotografia pode ser vista na Figura 2.

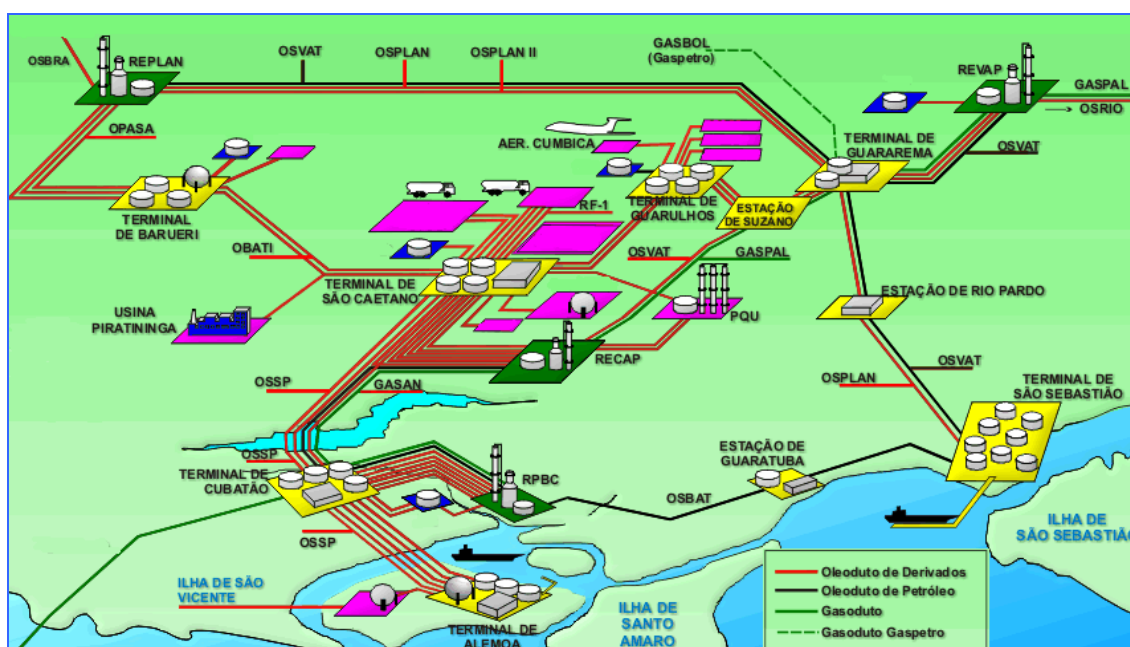


Figura 2 – Fotografia Aérea do Terminal Marítimo Almirante Barroso

O trabalho aqui apresentado faz parte de um projeto desenvolvido no Laboratório de Remediação de Solos e Águas Subterrâneas (REMAS), cuja meta é realizar avaliações de risco à saúde humana nos terminais de armazenamento de petróleo do Estado de São Paulo. Antes deste trabalho outros seis terminais já tiveram suas avaliações concluídas. Devido ao fato de a metodologia de Gerenciamento de Áreas Contaminadas ainda não ter sido publicada na época da realização dos estudos citados, a metodologia de análise de risco utilizada foi baseada na metodologia RBCA (Risk-Based Corrective Action), regulamentada pela norma americana ASTM E 1739-95 (Standard guide for risk-based corrective action applied at petroleum release sites).

O Manual de Gerenciamento de Áreas Contaminadas vem sendo publicado em fascículos desde 1999 pela CETESB. É o primeiro documento do gênero na língua portuguesa e foi elaborado com o propósito de uniformizar conceitos e metodologias empregadas em análises de risco e remediação de áreas impactadas no Estado de São Paulo e no país. Pelos motivos citados, o gerenciamento do risco à saúde humana no Terminal Marítimo Almirante Barroso foi o primeiro trabalho executado no Laboratório REMAS com o emprego desta metodologia.

O TEBAR, também conhecido como *Terminal Aquaviário de São Sebastião* (TASSE), é propriedade da companhia PETROBRAS, e por ela operado. Especializado na carga e descarga de graneis líquidos (petróleo e derivados) o Terminal corresponde a maior instalação de recebimento e embarque de derivados de petróleo da América Latina, tendo capacidade para armazenar 1.585.345 m³ de petróleo e 426.326 m³ de derivados de petróleo. Atualmente o Terminal é responsável pelo recebimento do petróleo explorado nas Bacias de Santos e Campos, onde o mesmo é temporariamente armazenado para posterior envio às refinarias REVAP e RPBC (veja o mapa na Figura 3). Não obstante, o terminal também presta serviço de embarque de derivados de petróleo produzido nestas refinarias, com destino nacional e/ou internacional.



Fonte: Transpetro (2004-b)

Figura 3 – Mapa de Dutos e Terminais do Estado de São Paulo

O Terminal abrange uma área de aproximadamente 130 (cento e trinta) hectares, distribuídos em Glebas A, C e D, além da área do porto, denominada Gleba B que não foi contemplada no gerenciamento. No entanto, foi investigada neste trabalho uma sub-área designada Outeiro. O Outeiro corresponde a uma área relativamente pequena,

externa aos limites do Terminal, localizada nos fundos da Gleba C. Na Figura 4 podem ser vistas as Glebas A, B, C, D e o Outeiro.

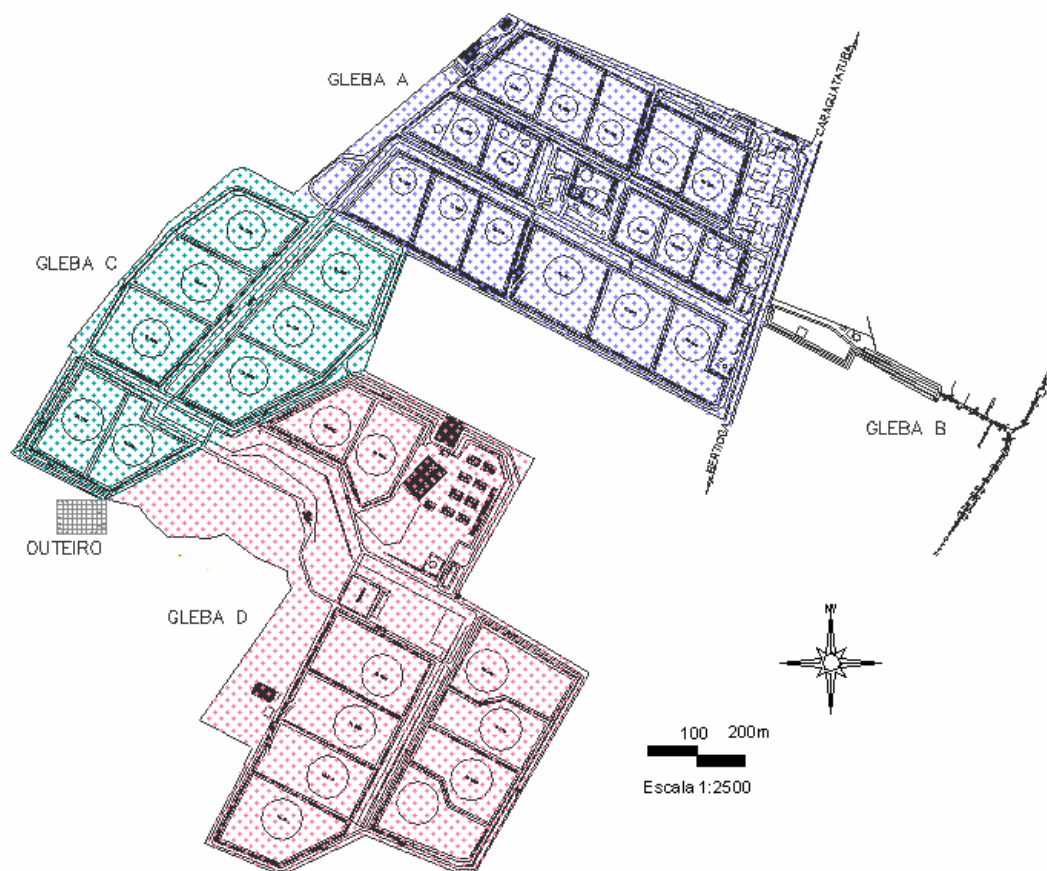


Figura 4 – Divisão da Área do Terminal em Glebas

4.1 Processo de Identificação das Áreas Contaminadas

A seguir estão descritas as etapas da Metodologia de Gerenciamento de Áreas Contaminadas, com maior destaque para as quatro etapas do Processo de Identificação de Áreas Contaminadas, que foram objetos deste trabalho. Foram dispensadas as etapas de Priorização devido a existência de apenas uma área em estudo.

4.1.1 Definição da Região de Interesse

Consistiu em limitar a região do entorno do Terminal a ser investigada. A velocidade do fluxo da água subterrânea foi utilizada para definir uma área em volta do Terminal onde os receptores se encontram suscetíveis ao alcance de uma possível pluma de contaminação. Os principais bens a proteger (receptores) são exemplificados pela qualidade do solo, das águas subterrâneas e das superficiais em bacias hidrográficas utilizadas para abastecimento, as áreas de preservação ambiental e a saúde da população.

4.1.2 Identificação de Áreas Potencialmente Contaminadas

Dentro da região de interesse, foi limitada a área onde são ou foram manipuladas substâncias cujas características físico-químicas, biológicas e toxicológicas possam causar perigo. A Identificação das Áreas Potencialmente Contaminadas consistiu na confirmação do potencial poluidor das atividades exercidas no Terminal, de acordo com a Resolução CONAMA nº 237-97, que “Regulamenta os aspectos de licenciamento ambiental estabelecidos na Política Nacional do Meio Ambiente”.

4.1.3 Avaliação Preliminar

É um diagnóstico inicial das Áreas Potencialmente Contaminadas com o objetivo estabelecer o Modelo Conceitual inicial de cada área em avaliação e verificar a necessidade da adoção de medidas emergenciais. Como sugestão do Manual de Gerenciamento de Áreas Contaminadas, as fontes de dados nesta etapa poderão ser os documentos e relatórios do empreendimento e do órgão de controle ambiental; mapas e fotografias aéreas; levantamento histórico das atividades desenvolvidas, como manejo, produção, armazenamento e disposição de substâncias, evolução do uso e ocupação do solo; e dados do meio físico (geologia, hidrogeologia, hidrologia, geomorfologia e meteorologia).

No Estudo Histórico foram utilizados mapas de uso e ocupação do solo obtidos junto a Secretaria de Planejamento da cidade de São Sebastião mediante o envio de um requerimento. No Estudo do Meio-Físico foram utilizados os resultados do Relatório de Diagnóstico Ambiental realizado pela empresa Brain Tecnologia (2004), cujos objetivos eram diagnosticar as características geofísicas e geoquímicas da área; na Avaliação Preliminar foram compilados os resultados referentes a geofísica, para a qual foram realizadas 19 seções GPR 2D (Groud Penetrating Radar), utilizando antena de 100 MHz

e intervalo de traço de 0,4 m; 223 seções de Sondagem Elétrica Vertical Multi-Eletrodos (SEVM), denominada Tomografia Elétrica 2D.

Os resultados da Avaliação Preliminar podem ser usados para gerar um Modelo Conceitual, que é uma compilação das informações obtidas até o momento e uma síntese das hipóteses formuladas sobre as características da fonte de contaminação, as prováveis vias de transporte dos contaminantes (meios onde pode se propagar), a distribuição espacial da contaminação e os prováveis receptores.

4.1.4 Investigação Confirmatória

Esta etapa encerra o processo de identificação da área e seu objetivo é confirmar ou não a contaminação, verificando a necessidade de Investigação Detalhada. A contaminação da área pode ser comprovada por amostragem e análise química de solo e/ou água subterrânea e comparação das concentrações presentes em campo com os valores orientadores, neste caso, os Valores de Intervenção (I) estabelecidos em listas padrão, como no “Relatório de Estabelecimento de Valores Orientadores para Solos e Águas Subterrâneas no Estado de São Paulo”. Caso os resultados das análises indiquem valores superiores aos estabelecidos como limites, a área será classificada como AC (área contaminada). Então, o Modelo Conceitual da etapa anterior pode ser atualizado gerando a segunda versão. O número de amostras coletadas pode ser reduzido, desde que seja suficiente para comprovar a contaminação. Por exemplo, no caso de vazamentos em dutos ou tanques de armazenamento petróleo, os hidrocarbonetos tendem a concentrar-se próximo à superfície potenciométrica do aquífero livre, bastando coletar amostras de águas subterrâneas e de solo em profundidades próximas ao nível d’água ou no ponto do perfil do solo onde for detectada a maior Concentração de Vapores Orgânicos (CETESB, 2001).

Na Investigação Confirmatória foram utilizados os resultados do Relatório de Diagnóstico Ambiental executado pela empresa Brain Tecnologia (2004). Neste diagnóstico foram perfuradas 418 sondagens a trado mecânico (SDs), utilizadas para investigação geológica, além da coleta e análise geoquímica de metais e hidrocarbonetos. A coleta e análise das amostras de solo foram realizadas segundo o protocolo da empresa Analytical Solutions S/A, responsável pelas análises geoquímicas. Foram locados para a área 31 poços de monitoramento (PMs), destes, um não foi instalado e outros oito poços estavam secos no momento da coleta das amostras de água. Os poços de monitoramento foram instalados conforme instrução normativa NBR 14.623 da ABNT. Para a determinação dos coeficientes de permeabilidade foi empregado o Método Hvorslev, ou Slug Test. Para determinar as características hidroquímicas do aquífero foram coletadas amostras de água subterrânea segundo a norma NBR 13.895, também da ABNT.

4.2 Processo de Recuperação das Áreas Contaminadas

Investigação Detalhada

Enquanto na Investigação Confirmatória o objetivo principal é confirmar a contaminação, na etapa de Investigação Detalhada o foco é a quantificação da contaminação, executada com um plano de investigação contendo: caracterização da fonte de contaminação, os contaminantes presentes e suas concentrações, coleta e análise de amostras, caracterização hidrogeológica, mapeamento das plumas de contaminação, identificação das vias de exposição; enfim, todos os dados necessários à Avaliação de Risco.

Avaliação de Risco

O objetivo principal da etapa de avaliação do risco é a quantificação dos riscos gerados pelas áreas contaminadas aos bens a proteger. O método para cálculo do risco é idêntico ao descrito no item 3.2.1 da Revisão Bibliográfica deste trabalho, ou seja, compreende: identificação do perigo (coleta e compilação das informações do local), avaliação da toxicidade, avaliação da exposição e caracterização do risco. Geralmente são utilizados modelos matemáticos para a execução dos cálculos de avaliação de risco.

Investigação para Remediação

Esta etapa tem por resultado a seleção, dentre as técnicas de remediação, daquelas que são possíveis, apropriadas e legalmente permissíveis para o caso, tomando como base os objetivos da remediação definidos na avaliação de riscos. Os trabalhos nesta etapa incluem: execução de ensaios piloto em campo e em laboratório; monitoramento e modelagem matemática (CETESB, 2001).

Projeto de remediação, Remediação e Monitoramento

O projeto de remediação deverá conter todas as informações levantadas nas etapas anteriores do gerenciamento para quantificação do risco e seleção das técnicas, sendo então submetido ao órgão de controle ambiental. O monitoramento durante o período de remediação permite que seja acompanhados a eficiência do programa e o cumprimento dos objetivos estabelecidos na avaliação de risco.

5. RESULTADOS

5.1 Definição da Região de Interesse

A cidade de São Sebastião situa-se no Litoral Norte do Estado de São Paulo. Divisa com Caraguatatuba (ao Norte), Bertioga (ao Sul), Salesópolis (a Oeste) e o Oceano Atlântico e Ilhabela (a Leste) (Figura 5). O Terminal está localizado na à margem oeste do canal portuário e ao sul do porto da cidade de São Sebastião, nas coordenadas geográficas 23°48'12'' S (latitude) e 45°23'18'' W (longitude), distante cerca de 200 km da capital, São Paulo.



Figura 5 – Localização do Terminal na cidade de São Sebastião

A Região de Interesse foi delimitada levando em consideração velocidade do fluxo da água subterrânea na região do Terminal Marítimo Almirante Barroso. A maior velocidade da água subterrânea, encontrada na Gleba A do Terminal, é de aproximadamente 11,5 m/ano, de modo que, tendo em mente uma situação mais

conservadora possível, num período de 35 anos (a idade do Terminal) um composto conservativo pode migrar a uma distância máxima de 415 metros. Disto resulta que a Região de Interesse compreende a área delimitada por um raio de aproximadamente 500 metros em torno dos limites do Terminal, em todas as direções.

Objetivos do Gerenciamento da Área

O objetivo do Gerenciamento do Risco Ambiental no Terminal Marítimo de São Sebastião é gerar uma estratégia de ação corretiva para reduzir o risco potencial aos receptores presentes no local e no entorno como resposta aos possíveis cenários de exposição a compostos químicos presentes no meio ambiente. Dentro deste propósito, os objetivos específicos são: identificar as sub-áreas dentro do Terminal onde as concentrações de contaminantes ultrapassam os Valores Orientadores para áreas de uso industrial; apresentar uma avaliação do risco provocado pela exposição dos receptores aos contaminantes presentes nas áreas identificadas, e; recomendar alternativas para compatibilizar as condições do solo e águas subterrâneas com o uso pretendido para local.

5.2 Identificação de Áreas Potencialmente Contaminadas

O Terminal Marítimo Almirante Barroso possui 22 tanques para armazenamento de petróleo bruto e 13 tanques para derivados de petróleo, divididos em três Glebas A, C e D, que ocupam os cerca de 1.300.000 m² do Terminal, de maneira que toda a área está empenhada nas atividades de armazenamento e transporte de petróleo e seus derivados. Além disto, o Outeiro é a única área do Terminal com histórico informado de disposição de resíduos no passado. De acordo com a Resolução CONAMA nº 237, de 19 de dezembro de 1997, as atividades exercidas nos terminais de armazenamento de petróleo e derivados são consideradas potencialmente contaminadoras, portanto, para efeitos deste trabalho, toda a área compreendida pelas Glebas A, C e D, além do Outeiro é identificada como Área Potencialmente Contaminada dentro da Região de Interesse. A Figura 6 mostra a localização do Terminal, cuja área é considerada Potencialmente Contaminada (AP), dentro da região de interesse.

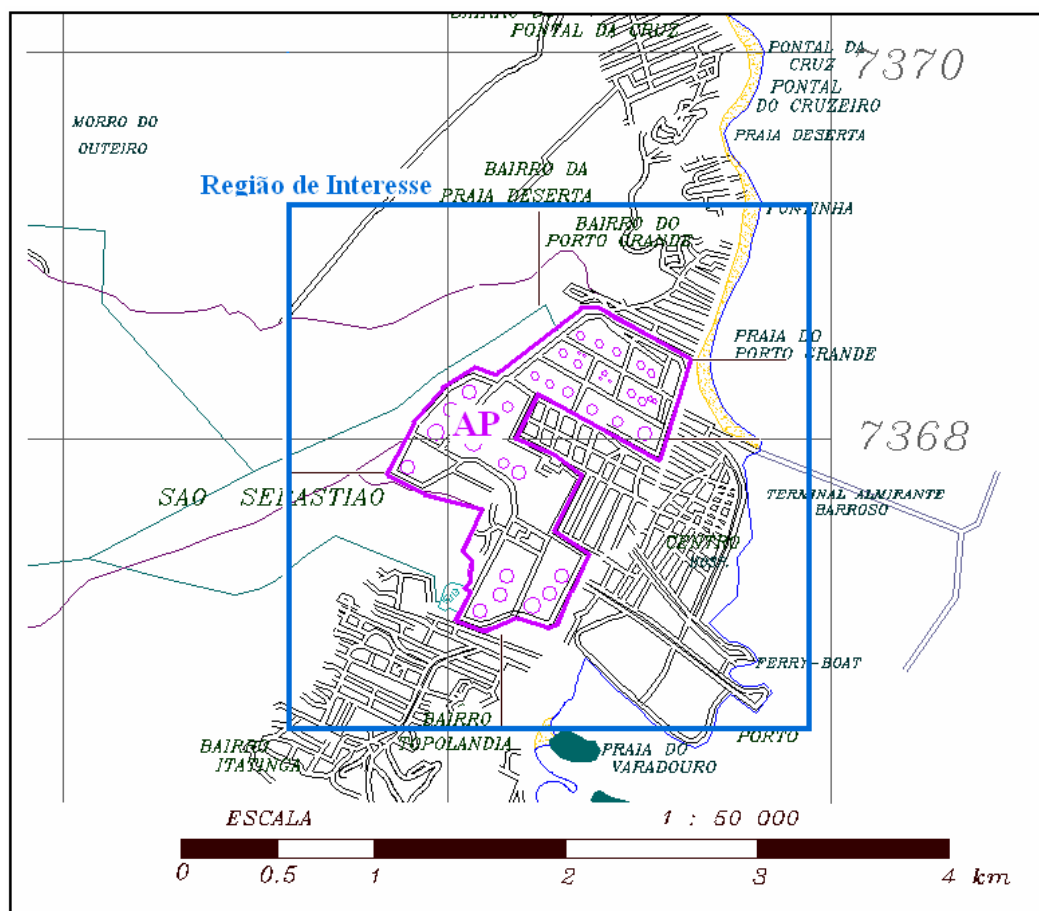


Figura 6 – Limites da Região de Interesse e Área Potencialmente Contaminada

5.3 Avaliação Preliminar

Estudo Histórico

As obras dos oleodutos que interligam o Tebar aos terminais e refinarias das cidades de Santos, Cubatão, Paulínea e Capuava iniciaram em 1961 e perduraram até 1969. A inauguração do Terminal aconteceu em 1968 com o bombeamento de petróleo cru trazido do Iraque pelo navio petroleiro BJorgfjell. Portanto, o Terminal está em funcionamento há 36 anos.

Conforme os mapas do Plano Diretor de São Sebastião (Anexo 1) o Terminal Marítimo Almirante Barroso está situado em zona urbana, no centro da cidade, no entanto a área delimitada pelos limites do Terminal é destinada a atividades industriais e ao uso de grandes equipamentos. A jusante do Terminal (considerando a direção do

fluxo na região), está localizado o Centro Histórico, tombado como Patrimônio Histórico e classificado com o Área Especial de proteção ambiental / antrópica.

Parte da Gleba C faz divisa a oeste (montante do Terminal) com uma região designada Área Especial destinada à proteção de mananciais onde existe uma barragem para captação de água. Ao sul, centro e norte o Terminal é rodeado por áreas de assentamento e expansão urbana não condicionadas. Parte da Gleba A faz divisa com uma área de lazer, descanso e apropriada para a pesca de lazer. Outra parte ao sul do Terminal faz divisa com uma Área de Urbanização Especial, onde está localizado o píer e o Ferry-Boat da cidade.

A área ocupada pelo TEBAR faz parte da Bacia Centro, que possui uma área de aproximadamente 17,24 Km² e possui 13 canais. De acordo com o mapa o Terminal é atravessado por um córrego no sentido de oeste para leste. A vegetação herbácea é predominante nas regiões ainda não ocupadas o entorno do Terminal. Nas proximidades do Terminal a orla marítima é utilizada para pesca de lazer e turismo sendo que existem duas regiões de mangue a cerca de 2 km ao sul da Gleba D.

No entorno do Terminal, principalmente ao sul e a leste, encontram-se dispostos centros esportivos e de lazer, escolas de 1º e 2º graus, creches, posto de correio, praças públicas e centros de lazer e cultura (teatro, museu, biblioteca, videoteca). Além disto, junto ao centro histórico e urbano, situado a leste do terminal existem unidades de serviços de saúde e meio ambiente: um hospital de clínicas, centro odontológico, posto de saúde, pronto socorro, posto da vigilância sanitária, corpo de bombeiros, polícia militar, defesa civil, polícia federal, polícia naval e guarda ambiental.

Estudo do Meio-Físico

O Terminal de Aquaviário de São Sebastião ocupa uma área entre a zona de praias do canal de São Sebastião e os desníveis topográficos da Serra do Mar. A configuração plana da área do Terminal, que confronta a irregularidade topográfica das adjacências sugere que antes da construção dos tanques e prédios foram efetuados cortes e aterros no terreno. Os resultados obtidos pela Brain Tecnologia (2004) sugerem que o aterro tenha sido construído sobre as coberturas superficiais e também sobre o embasamento rochoso composto por granito-gnaisses, de modo que a espessura do aterro varia entre zero e 4,0 metros e a espessura da camada detrítica varia entre zero e 8,0 metros. A cobertura superficial é constituída por colúvio, que é representado por blocos de rocha suportados por uma matriz areno-argilosa, e também por sedimentos marinhos (areia contendo fragmentos de conchas), encontrados especialmente na Gleba A.

Nos resultados obtidos pela Brain (2004) com o uso de Tomografia Elétrica nota-se que nas Glebas a cobertura detrítica apresenta valores de resistividade elétrica diferenciados do embasamento rochoso e associadas a esta cobertura ocorrem zonas anômalas (chamadas anomalias elétricas) que apresentam valores elevados de resistividade que podem ser atribuídas a presença de hidrocarbonetos no solo, blocos e matacões de rocha, porções arenosas ou com maior porosidade e, principalmente, a presença de ar nos interstícios do solo. Enquanto isto, na área do Outeiro as zonas de

anomalias elétricas são atribuídas a valores muito baixos de resistividade elétrica, contrastando como o embasamento rochoso, que apresenta resistividade significativamente elevada. Um mapa contendo as anomalias elétricas será mostrado mais adiante (Figura 10), já que estes resultados foram utilizados para a locação das sondagens no solo.

Em termos hidráulicos, a partir do contexto geológico puderam ser discernidas duas unidades aquíferas: o aquífero poroso e livre desenvolvido sobre a cobertura detritica, que foi melhor caracterizado no diagnóstico preliminar por sofrer maior influência das atividades do Terminal; e o aquífero fraturado desenvolvido no embasamento rochoso. A Figura 7 mostra o mapa potenciométrico obtido por interpolação linear das cargas hidráulicas medidas nos poços instalados, as setas indicam as direções preferenciais do fluxo. A condutividade hidráulica (é a propriedade do solo em conduzir a água, utilizada no cálculo da velocidade do fluxo da água subterrânea) varia entre $1,02 \times 10^{-4}$ e $9,60 \times 10^{-7}$, característica de terrenos constituídos por areias finas e areias com siltes. A maior velocidade do fluxo (11,5 m/ano) encontrada na Gleba A, foi calculada pelas fórmulas de cálculo de vazão e da Lei de Darcy considerando porosidade efetiva de 21% (areias finas). Outros resultados do diagnóstico realizado pela Brain indicam que a água subterrânea é salobra, levemente alcalina e que predominam condições oxidantes na maior parte do Terminal, com exceção da Gleba D, onde as condições são redutoras.

As condições meteorológicas em São Sebastião são, de modo geral, estáveis. Contudo, fortes ventos, correntes, chuvas e frentes frias são comuns na região, principalmente no outono e inverno. Os ventos nesta área são imprevisíveis com antecedência de poucas horas. A predominância dos ventos é de sudoeste e noroeste, quando atingem valores significativos, especialmente no outono e inverno. Precipitação média anual é de 2.000 mm. A pressão atmosférica mantém-se normalmente a 1.013 mbar ao nível do mar. A umidade relativa do ar durante a maior parte do ano é elevada, freqüentemente excedendo 85% e a temperatura local varia de 15°C em julho e 30°C em janeiro. A amplitude da maré no porto de São Sebastião varia entre 0,20 metro na baixa-mar a 1,5 metro na preamar. As águas correm ora no sentido norte do canal, ora no sentido sul, com características de escoamento permanente, como se fosse um rio, seguindo a orientação dada pelo canal. As correntes são irregulares, mas normalmente seguem a direção do vento. No canal de São Sebastião não são observadas ondas que possam afetar as manobras de navios, mesmo de pequeno porte, mas apenas ondas de vento, que afetam somente movimentos de pequenas embarcações.

Classificação I

Como as informações obtidas na Avaliação Preliminar foram suficientes para confirmar uma suspeita de contaminação a área do Terminal Almirante Barroso foi classificada como Área Potencialmente Contaminada (AP), devendo ser cumprida a Investigação Confirmatória.

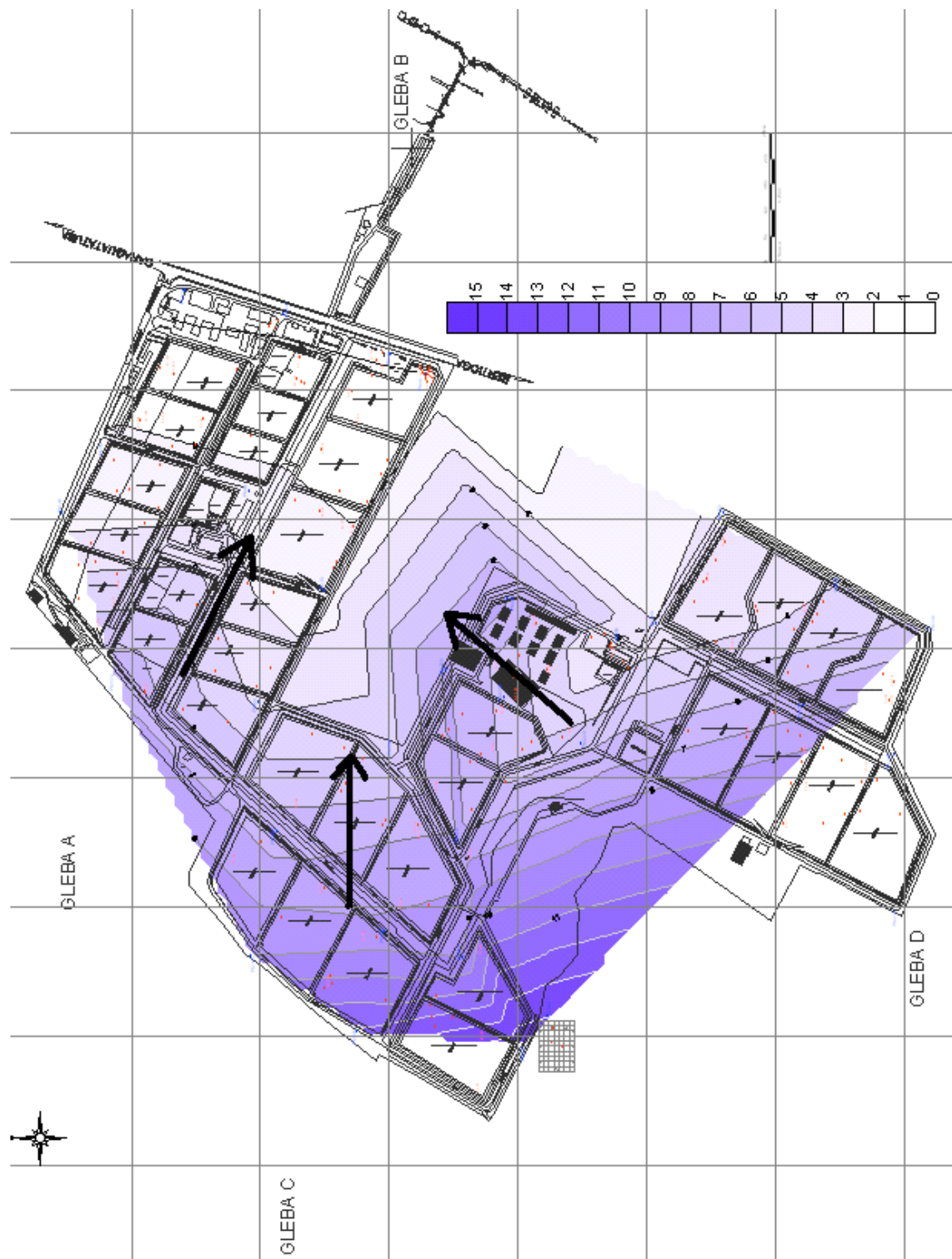
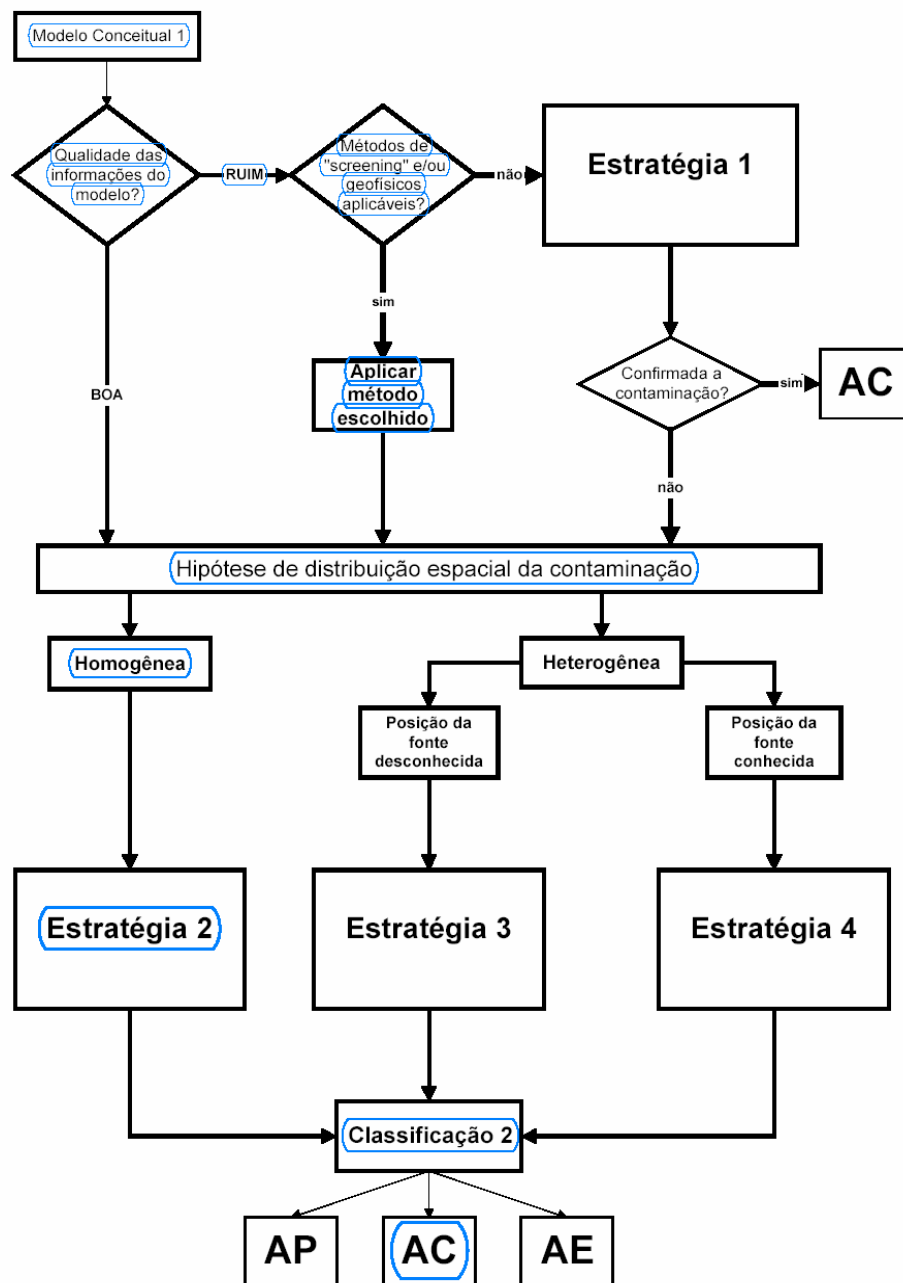


Figura 7 – Mapa Potenciométrico mostrando a Direção do Fluxo da Água Subterrânea

5.4 Investigação Confirmatória

Plano de Amostragem

As informações recolhidas até o momento não foram suficientemente boas para definir uma hipótese de distribuição dos contaminantes na área e direcionar o plano de amostragem. Portanto, para determinar a Estratégia de Amostragem foram utilizados os resultados da investigação ambiental (BRAIN, 2004) que usou métodos geofísicos, técnicas GPR - Ground Penetrating Radar e Tomografia Elétrica. Estes resultados mostraram que a distribuição espacial das anomalias de resistividade elétrica na área do TEBAR aconteceu de forma homogênea, justificando o raciocínio empregado na escolha da Estratégia 2 para a definição do Plano de Amostragem, conforme pode ser visto na Figura 8. O quadro da Figura 9 além de fornecer a descrição das estratégias e a metodologia para determinação do número de amostras que devem ser coletadas na investigação, mostra que a Estratégia 2 pode acontecer para duas situações distintas, sendo que, no caso de a Estratégia de Amostragem ter sido definida pelo uso de métodos geofísicos é adequado o emprego da Situação B.



Fonte: CETESB, 2001

Figura 8 – Fluxograma Auxiliar para Determinação da Estratégia de Amostragem

Estratégias de amostragem de solo e/ou água subterrânea na investigação confirmatória
Estratégia 1 Distribuição dos pontos de amostragem em planta. Dividir a área suspeita em lotes de no máximo 500 m². Número de pontos de amostragem: 15 por lote. Número de amostras: 1 amostra composta por lote. Profundidade de amostragem: de acordo com o bem a proteger e as características do contaminante.
Estratégia 2 Situação A: A área possui boa qualidade de informações levantadas na avaliação preliminar. Distribuição dos pontos de amostragem em planta. Dividir a área suspeita em 2 subáreas, de acordo com a hipótese de distribuição da contaminação, em: Setor I – subárea com pequena probabilidade de estar contaminada. Setor II – subárea com grande probabilidade de estar contaminada. Dividir o Setor II em lotes de no máximo 500 m². Número de pontos de amostragem: 6 por lote. Número de amostras: 1 amostra composta por lote. Profundidade de amostragem: de acordo com o bem a proteger e as características do contaminante. Situação B: Hipótese de distribuição definida pela aplicação de métodos geofísicos e/ou de <i>screening</i> ou pelos resultados obtidos nas análises de amostras coletadas, utilizando-se a estratégia 1. Distribuição dos pontos de amostragem em planta. Dividir a área suspeita em 2 subáreas, de acordo com a hipótese de distribuição da contaminação, em: Setor I – subárea onde não foram detectadas anomalias ou concentrações elevadas. Setor II – subárea onde foram detectadas anomalias ou concentrações elevadas. Dividir o Setor II em lotes de no máximo 500 m². Número de pontos de amostragem: 6 por lote. Número de amostras: 1 amostra composta por lote. Profundidade de amostragem: de acordo com o bem a proteger e as características do contaminante.
Estratégia 3 Hipótese de distribuição definida pela aplicação de métodos geofísicos e/ou de <i>screening</i> ou pelos resultados obtidos nas análises de amostras coletadas, utilizando-se a estratégia 1. Distribuição dos pontos de amostragem em planta. Nos lotes até 500 m², onde foram detectadas concentrações elevadas ou onde foram detectadas anomalias. Número de pontos de amostragem: 6 por provável fonte identificada. Número de amostras: 6 amostras por provável fonte identificada. Profundidade de amostragem: deve ser amostrada toda a zona não saturada ou até o ponto em que não seja mais verificado indícios de contaminação. A amostra será coletada no ponto do perfil onde foi verificada a maior concentração do contaminante.
Estratégia 4 A área possui boa qualidade de informações levantadas na avaliação preliminar. Distribuição dos pontos de amostragem em planta. Número de pontos de amostragem: 4 por fonte de contaminação identificada. Número de amostras: 4 amostras simples. Profundidade de amostragem: deve ser amostrada toda a zona não saturada ou até o ponto em que não seja mais verificado indícios de contaminação. A amostra será coletada no ponto do perfil onde foi verificada a maior concentração do contaminante.

Fonte: CETESB, 2001

Figura 9 – Quadro Descritivo das Estratégias de Amostragem de Solos e/ou Águas Subterrâneas na Investigação Confirmatória

A Tabela 1 mostra a área de cada Gleba onde foram encontradas anomalias de resistividade elétrica, o número de lotes amostrais (obtidos pela divisão da área das anomalias em lotes de 500 m²), o número de pontos amostrais recomendados (seis para cada lote); o número de amostras recomendadas (uma amostra composta para cada lote); também mostra a quantidade de sondagens realizadas em campo e amostras analisadas. O número de amostras difere do número de sondagens, pois também foi investigado o plano vertical, as amostras de solo foram coletadas em intervalos de 0,5 m entre as profundidades 0,0 e 4,0 metros, a maior parte das sondagens foi investigada até a profundidade de 2,0 metros. O mapa da Figura 10 mostra a distribuição das sondagens e poços de monitoramento no plano horizontal. Foram coletadas, em campanha única, amostras de solo e de água subterrânea, pois é nestes meios que há maior possibilidade de concentração de metais e hidrocarbonetos, contaminantes relacionados aos derramamentos de petróleo e derivados.

Tabela 1 – Pontos de Amostragem e Amostras, Recomendadas e Realizadas em Campo

	Área de anomalias(m ²)	Nº Lotes	Estratégia 2		Realizadas	
			pontos amostrais	amostras compostas	sondagens	amostras simples
Gleba A	38.238	76	459	76	172	573
Gleba C	21.062	42	253	42	124	370
Gleba D	42.963	86	516	86	95	290
Outeiro	312	1	4	1	27	117
Total	102.575	205	1.231	205	418	1.350

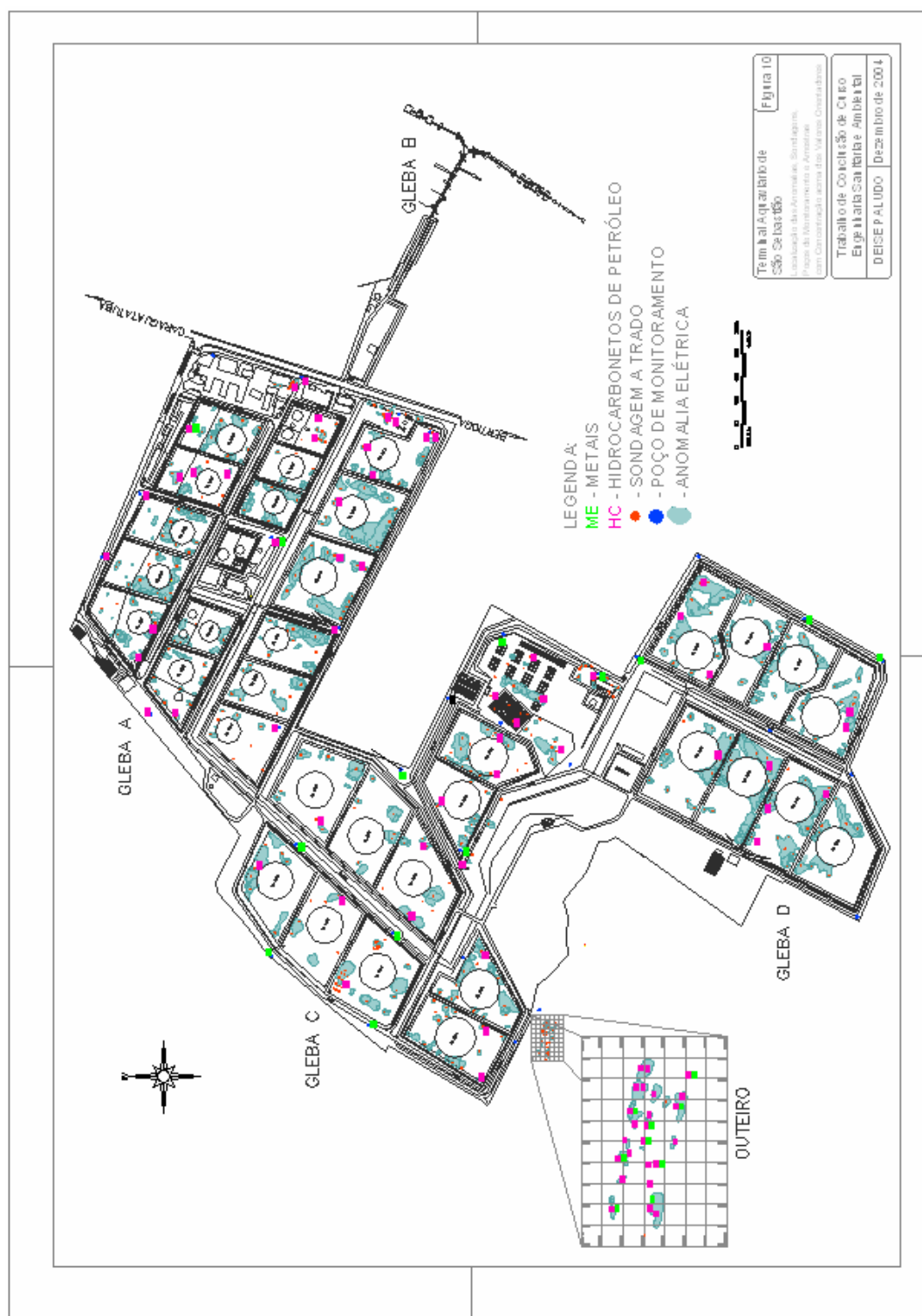


Figura 10 – Localização das Anomalias Elétricas, Sondagens e Poços de Monitoramento e Amostras com Concentração acima dos Valores Orientadores

Coleta e Análise das Amostras

Todo o processo de coleta e análise das amostras de solo e água subterrânea foi executado conforme os protocolos da empresa Analytical Solutions S/A. A relação dos compostos de interesse, cujas concentrações no solo e na água foram analisadas, foi definida em função da toxicidade e mobilidade; enfim, esta relação pode ser conferida nas Tabelas 2 e 3, que mostram também os valores orientadores para os metais e hidrocarbonetos no solo e água subterrânea.

Comparação dos Resultados

Para interpretação dos resultados foram considerados, prioritariamente, os Valores de Intervenção, para o cenário *Área Industrial*, da lista de Valores Orientadores para Solos e Águas Subterrâneas do Estado de São Paulo (CETESB, 2001); para os compostos não presentes nesta relação foram consultados os Valores de Intervenção da “Lista Holandesa” elaborada pelo Ministério de Habitação, Planejamento e Meio Ambiente da Holanda, considerando, tanto para água subterrânea como para solo, um teor de argila de 25% e 10% de matéria orgânica; também foi consultada a lista de “Metas de Remediação Preliminares” (Preliminary Remediation Goals) adotada pela Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos, a USEPA (United States Environmental Protection Agency). Dentre os valores destas duas últimas listas foi atribuída prioridade ao valor mais restritivo, veja as Tabelas 2 e 3.

Tabela 2 – Valores Orientadores para Metais e Hidrocarbonetos no Solo

VALORES ORIENTADORES PARA SOLO					
COMPOSTOS ORGÂNICOS E METAIS DE INTERESSE			CETESB (2001) Intervenção-Área Industrial	Lista Holandesa (RIVM, 1994) Teor de argila 25% e M.O. = 10%	EPA (2002) Contato Direto - Área Industrial
H I D R O C A R B O N E T O S	TPH (mg/kg)		-	5.000,0	-
	HPA Total (mg/Kg)		-	40,0	-
	HPA (mg/kg)	Naftaleno	90,0	-	190,0
		Acenaftileno	-	-	-
		Acenafteno	-	-	29.000,0
		Fluoreno	-	-	26.000,0
		Fenantreno	-	-	-
		Antraceno	-	-	100.000,0
		Fluoranteno	-	-	22.000,0
		Pireno	-	-	29.000,0
		Benzo(a)Antraceno	-	-	2,1
		Criseno	-	-	210,0
		Benzo(b)Fluoranteno	-	-	2,1
		Benzo(k)Fluoranteno	-	-	21,0
		Benzo(a)Pireno	-	-	0,2
		Ideno(123-CD)Pireno	-	-	2,1
		Dibenzo(a,h)Antraceno	-	-	0,2
		Benzo(ghi)Perileno	-	-	-
	BTEX (mg/kg)	Benzeno	3,0	1,0	1,3
		Tolueno	140,0	130,0	520,0
		Etilbenzeno	-	50,0	20,0
		meta,para-Xileno	-	-	-
		orto-Xileno	-	-	-
		Xilenos totais	15,0	25,0	420,0
METAIS (mg/kg)	Arsênio	100,0	55,0	260,0	
	Bário	700,0	625,0	67.000,0	
	Cádmio	40,0	12,0	450,0	
	Cromo	1000,0	380,0	450,0	
	Cobre	700,0	190,0	41.000,0	
	Ferro	-	-	100.000,0	
	Mercúrio	25,0	10,0	310,0	
	Manganês	-	-	19.000,0	
	Níquel	300,0	210,0	20.000,0	
	Chumbo	1200,0	530,0	750,0	
	Vanádio	-	-	7.200,0	
	Zinco	1500,0	720,0	100.000,0	

Tabela 3 – Valores Orientadores para Metais e Hidrocarbonetos na Água Subterrânea

VALORES ORIENTADORES PARA ÁGUA SUBTERRÂNEA					
COMPOSTOS ORGÂNICOS E METAIS DE INTERESSE			CETESB (2001) Intervenção-Área Industrial	Lista Holandesa (RIVM, 1994) Teor de argila 25% e M.O. = 10%	EPA (2002) Contato Direto - Área Industrial
H I D R O C A R B O N E T O S	TPH (µg/L)		-	600	-
	HPA (µg/L)	Naftaleno	100	70	6,2
		Acenaftileno	-	-	-
		Acenafteno	-	-	370
		Fluoreno	-	-	240
		Fenantreno	-	5	-
		Antraceno	-	5	1800
		Fluoranteno	-	1	1500
		Pireno	-	-	180
		Benzo(a)Antraceno	-	0,5	0,092
		Criseno	-	0,05	9,2
		Benzo(b)Fluoranteno	-	-	0,092
		Benzo(k)Fluoranteno	-	0,05	0,92
		Benzo(a)Pireno	-	0,05	0,0092
		Ideno(123-CD)Pireno	-	0,05	0,092
		Dibenzo(a,h)Antraceno	-	-	0,0092
		Benzo(ghi)Perileno	-	0,05	-
	BTEX (µg/L)	Benzeno	5	30	0,34
		Tolueno	170	1000	720
		Etilbenzeno	-	150	2,9
		meta,para-Xileno	-	-	-
		orto-Xileno	-	-	-
		Xilenos totais	300	70	210
M E T A I S (mg/L)	Arsênio		0,01	0,06	-
	Bário		0,7	0,625	2,6
	Cádmio		0,005	0,006	0,018
	Cromo		0,05	0,03	0,11
	Cobre		2	0,075	1,5
	Ferro		0,3	-	11
	Mercúrio		0,001	0,0003	0,011
	Manganês		0,1	-	0,88
	Níquel		0,05	0,075	0,73
	Chumbo		0,01	0,075	-
	Vanádio		-	-	0,26
	Zinco		5	0,8	11

O mapa da Figura 10 mostra a distribuição das amostras de solo e águas subterrâneas que ultrapassaram os valores orientadores para metais e hidrocarbonetos na área do Terminal Marítimo Almirante Barroso.

Os principais resultados obtidos a partir da investigação geoquímica estão sintetizados na Tabela 4, da qual foi gerado o gráfico da Figura 11. Do modo como estão dispostas as sondagens ainda não é possível definir uma fonte de contaminação, nem por hidrocarbonetos, nem por metais, aliás, este é o objetivo da Investigação Detalhada. No entanto, podem ser formuladas algumas hipóteses sobre a presença dos contaminantes na área, conforme descrito a seguir.

Tabela 4 – Principais Resultados da Investigação Confirmatória

SONDAGENS	Gleba A		Gleba C		Gleba D		Outeiro		Qtidade total	(%) do total
	Qtidade	(%)	Qtidade	(%)	Qtidade	(%)	Qtidade	(%)		
Sondagens	172	41,1	124	29,7	95	22,7	27	6,5	418	100,0
SDs C > VO	23	28,4	10	12,3	22	27,2	26	32,1	81	19,4
SDs C < VO	149	44,2	114	33,8	73	21,7	1	0,3	337	80,6
Resíduos oleosos	12	34,3	6	17,1	5	14,3	12	34,3	35	8,4
Metais	1	7,1	0	0,0	2	14,3	11	78,6	14	3,3
HPA	13	22,0	19	32,2	8	13,6	19	32,2	59	14,1
HPA total	3	30,0	1	10,0	1	10,0	5	50,0	10	2,4
TPH	10	27,8	5	13,9	3	8,3	18	50,0	36	8,6
BTEX	6	75,0	1	12,5	1	12,5	0	0,0	8	1,9

Legenda:

SDs C > VO: sondagens onde a Concentração de algum contaminante de interesse ultrapassou o Valor Orientador, em algum dos níveis amostrados;

SDs C < VO: sondagens onde as Concentrações dos contaminantes de interesse não atingiu o Valor Orientador, em algum dos níveis amostrados;

Resíduos oleosos: sondagens onde foi visualmente verificada a presença de resíduo oleoso;

Metais: sondagens onde algum metal ultrapassou o Valor Orientador, em algum dos níveis amostrados;

HPA: sondagens onde algum Hidrocarboneto Policíclico Aromático ultrapassou individualmente o Valor Orientador, em algum dos níveis amostrados;

HPA total: sondagens onde a soma dos Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos (naftaleno, fenantreno, antraceno, fluoranteno, benzo(a)antraceno, criseno, benzo(k)fluoranteno, benzo(g,h,i)perileno, ideno(1,2,3-cd)pireno) ultrapassou o Valor Orientador, em algum dos níveis amostrados;

TPH: SD onde a soma dos Hidrocarbonetos Totais de Petróleo ultrapassou o Valor Orientador, em algum dos níveis amostrados;

BTEX: sondagens onde pelo menos um dos compostos BTEX (benzeno, tolueno, etilbenzeno, xilenos) ultrapassou o Valor Orientador, em algum dos níveis amostrados.

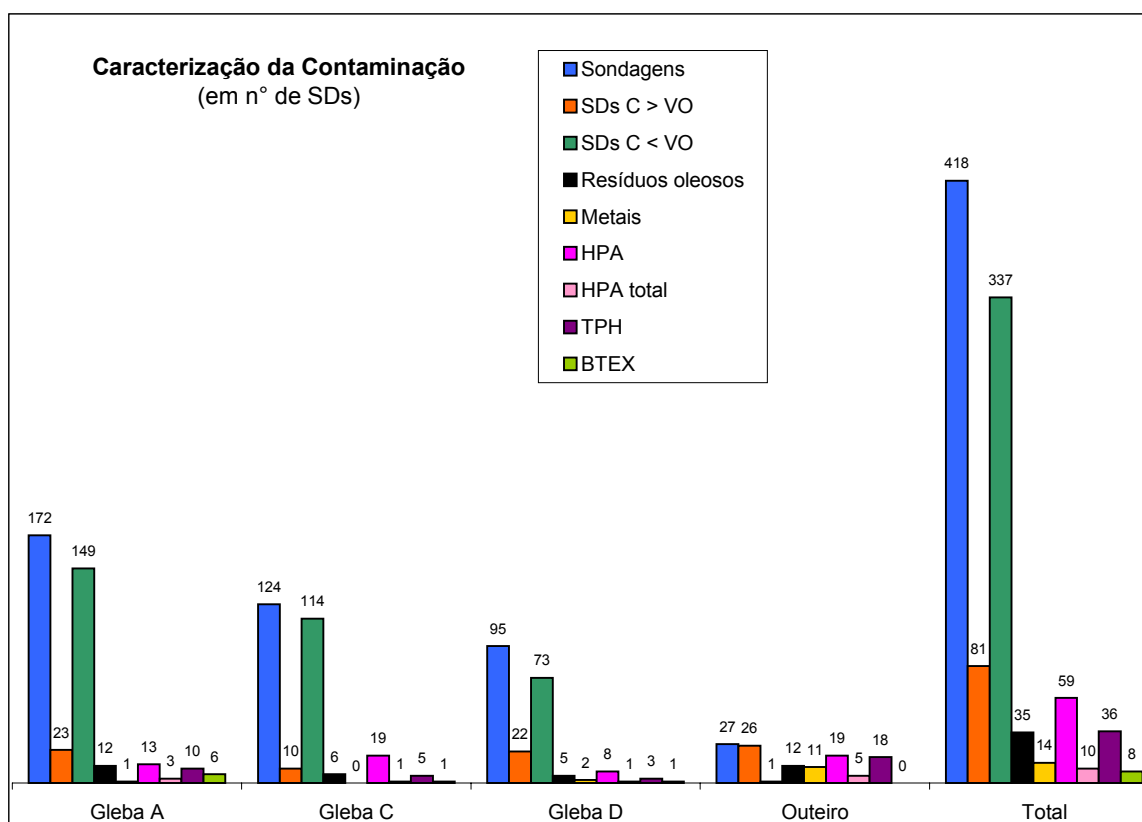


Figura 11 – Gráfico dos Resultados da Investigação Confirmatória

Nas Glebas a presença de metais no solo não é significativa, sendo que houve ocorrência de apenas três incidências não concentradas na mesma região; ao contrário do Outeiro, onde a área é relativamente menor e estão concentradas 14 sondagens onde há presença de metais acima dos valores orientadores.

Os resultados também mostram que, de todas as sondagens apenas oito (2%) indicaram concentrações de BTEX (benzeno, tolueno, etilbenzeno e xilenos) acima dos valores orientadores, seis localizadas em três diques da Gleba A, um na Gleba C e um na Gleba D; enquanto 59 (14%) apresentaram algum HPA (hidrocarbonetos policíclicos aromáticos); este dado sugere que, em geral, a contaminação por hidrocarbonetos no solo é antiga, visto que os compostos BTEX são os mais solúveis e biologicamente degradáveis, portanto, são os primeiros compostos a ter suas concentrações reduzidas. Por outro lado, sugerem também que os próximos monitoramentos e a investigação detalhada sejam mais minuciosos nos locais que apontaram a presença de BTEX. Vale a pena chamar a atenção para a ausência de compostos BTEX na área do Outeiro, confirmando que o histórico de disposição de resíduos oleosos no local é antigo.

A investigação hidroquímica indicou que todas as amostras de água analisadas apresentaram metais em concentrações acima dos valores orientadores. Como não foram instalados poços de monitoramento fora dos limites do Terminal entende-se que seria

precipitado sugerir qualquer hipótese para justificar a presença de metais em água sem conhecer os valores de background, ou seja, as concentrações originalmente existentes na área. A investigação hidroquímica (análises físico-químicas de amostras de água) também indicou a presença de TPH (hidrocarbonetos totais de petróleo) num poço de monitoramento locado no centro da Gleba A. Não foram coletadas outras amostras nem de solo nem de água subterrânea num raio de aproximadamente 35 metros, o que dificulta qualquer hipótese de justificativa para esta ocorrência e enfatiza a necessidade de pelo menos mais um monitoramento antes da investigação detalhada.

Os resultados da Investigação Confirmatória também permitem questionar a eficiência da utilização de métodos geofísicos para a definição da estratégia de locação das sondagens para investigação geoquímica. Isto pode ser conferido analisando os dados compilados na Tabela 5 e Figura 12, ou seja, das 418 sondagens realizadas, 348 (83%) foram locadas em zonas que apresentaram anomalias de resistividade elétrica e 70 (17%) delas foram locadas usando critérios de campo e inspeção visual. No entanto, apresentaram concentrações acima dos valores orientadores apenas 20% das amostras coletadas em zonas anômalas e 19% das amostras coletadas em zonas não anômalas.

Tabela 5 – Locação das Sondagens na Investigação Confirmatória

SONDAGENS	Gleba A		Gleba C		Gleba D		Outeiro		Qtidade total	(%) do total
	Qtidade	(%)	Qtidade	(%)	Qtidade	(%)	Qtidade	(%)		
Sondagens (SD)	172	41,1	124	29,7	95	22,7	27	6,5	418	100,0
sobre anomalias	148	42,5	108	31,0	69	19,8	23	6,6	348	83,3
sobre anom. C > VO	18	26,5	9	13,2	18	26,5	23	33,8	68	16,3
sobre anom. C < VO	130	46,4	99	35,4	51	18,2	0	0,0	280	67,0
fora de anomalias	24	34,3	16	22,9	26	37,1	4	5,7	70	16,7
fora anom. C > VO	5	38,5	1	7,7	4	30,8	3	23,1	13	3,1
fora anom. C < VO	19	33,3	15	26,3	22	38,6	1	1,8	57	13,6

Legenda:
sobre anom. C > VO: SD localizadas sobre anomalias elétricas onde pelo menos um contaminante ultrapassou o Valor Orientador;
sobre anom. C < VO: SD localizadas sobre anomalias elétricas onde nenhum dos contaminante atingiu o Valor Orientador;
fora anom. C > VO: SD localizadas fora de anomalias elétricas onde pelo menos um contaminante ultrapassou o Valor Orientador;
fora anom. C < VO: SD localizadas fora de anomalias elétricas onde nenhum contaminante atingiu o Valor Orientador.

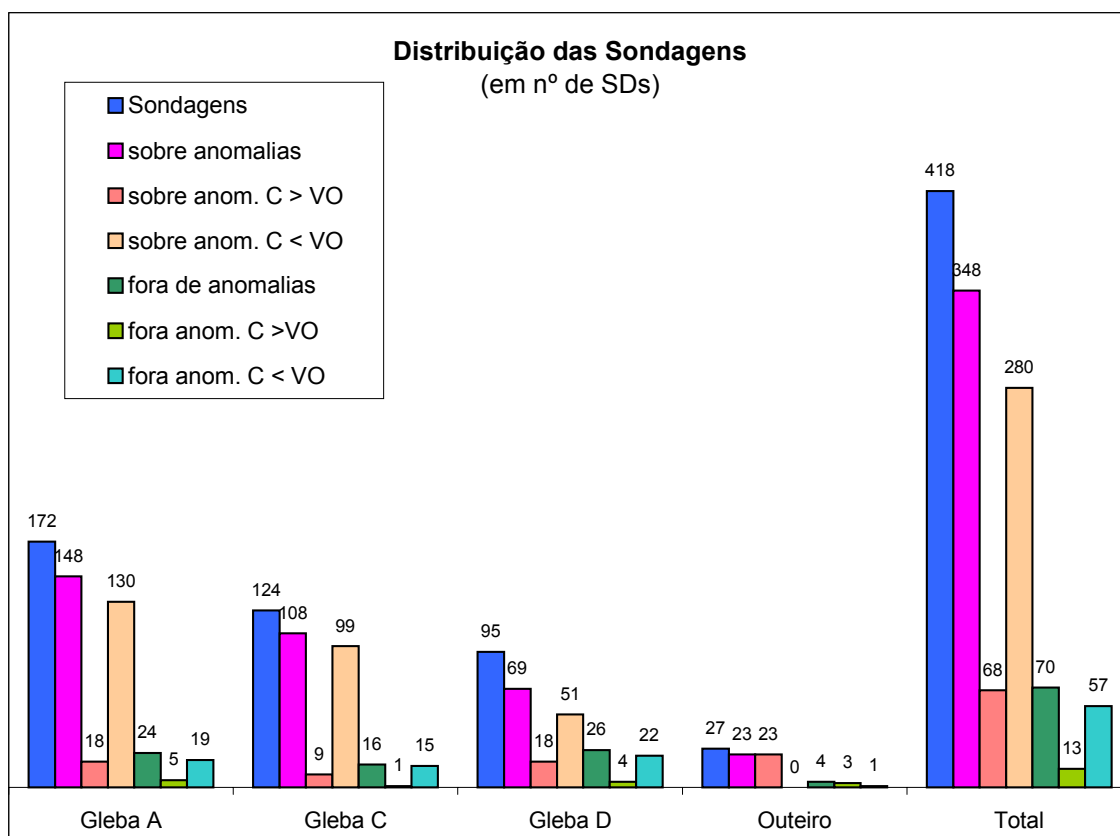


Figura 12 – Gráfico da Localização das Sondagens na Investigação Confirmatória

Alguns fatores podem influenciar negativamente na precisão dos métodos geofísicos utilizados, GPR e tomografia elétrica, para a detecção de compostos orgânicos derivados de petróleo: a presença de rocha e matacões, objetos metálicos a saturação do solo com água e, até mesmo, a presença de hidrocarbonetos em avançado estágio de degradação, ou intemperizados. Uma alternativa para auxiliar na escolha da estratégia de amostragem é o uso de cromatógrafos a gás portáteis para analisar compostos orgânicos voláteis (VOC), que possuem baixas constantes da Lei de Henry, o caso dos BTEX. Convém lembrar que no caso de contaminações antigas, os compostos BTEX, podem não estar mais presentes em concentrações detectáveis, pois são degradados prioritariamente em relação aos demais hidrocarbonetos de petróleo.

Classificação 2

Depois da comparação entre os resultados da investigação geoquímica com as listas de valores orientadores, a área do Terminal pôde ser classificada como Área Contaminada (AC), indicando a necessidade de se avançar para o Processo de Remediação de Áreas Contaminadas.

5.5 Próximas Etapas para o Gerenciamento

Com a confirmação da Contaminação está encerrado o Processo de Investigação de Áreas contaminadas, o Processo seguinte, de Remediação da Área Contaminada, inicia-se com a Investigação Detalhada seguida pela Avaliação de Risco. O próprio Manual de Gerenciamento de Áreas Contaminadas sugere que estas duas etapas sejam realizadas em paralelo já que o emprego de modelos matemáticos para o cálculo do risco exige certa especificidade dos dados de campo que pode ser melhor alcançada se a Investigação Detalhada for direcionada pela Avaliação de Risco.

No caso do Terminal Marítimo Almirante Barroso recomenda-se que seja realizada pelo menos mais uma campanha de amostragem do solo e da água subterrânea antes de iniciar a aquisição de dados para a investigação detalhada, em virtude da ocorrência de eventos isolados, como a presença de metais acima dos valores orientadores em apenas três amostras de solo na área ocupada pelas Glebas. Também é recomendada a instalação de poços de monitoramento além dos limites do Terminal, bem como na região do Outeiro, a montante (considerando o sentido do fluxo da água subterrânea) para que possam ser determinados os valores de background (característicos do solo da área), principalmente no que diz respeito a metais dissolvidos em água e a jusante para delimitar a extensão de uma possível pluma de contaminantes. Pelos mesmos motivos, e também para que se possa delimitar uma possível fonte de contaminação, são recomendadas sondagens a trado mecânico para coleta e análise de amostras de solo fora da área do Terminal.

6. CONCLUSÕES

Este trabalho abordou as quatro etapas do Processo de Identificação de Áreas Contaminadas da metodologia de análise de risco intitulada Gerenciamento de Áreas Contaminadas, desenvolvida pela Companhia de Tecnologia de Saneamento do Estado de São Paulo, a CETESB, e publicada no Manual de Gerenciamento de Áreas Contaminadas; foi realizado no Terminal Aquaviário de São Sebastião, o maior terminal da América Latina, especializado no recebimento, armazenagem e embarque de petróleo e derivados.

Merece atenção o fato de a referida metodologia propor que o gerenciamento de uma área contaminada seja trabalhado de forma sequencial, por exemplo, se na Avaliação Preliminar de uma área o estudo histórico for realizado com esmero e indicar a ocorrência de incidentes em locais específicos dentro da área potencialmente contaminada, a investigação confirmatória será mais proveitosa se for direcionada para a região apontada. O mesmo fato também torna imprescindível a cooperação entre as partes interessadas, por exemplo, a empresa privada, o órgão ambiental responsável, e principalmente as partes responsáveis pelos diagnósticos de campo e laboratório, com vias a agilizar a troca de informações.

Mais especificamente, para o Terminal de São Sebastião nota-se que devido a inexistência de investigações ambientais anteriores, histórico de incidentes e informações sobre a evolução da ocupação do solo na área do Terminal, a locação das sondagens para amostragem de solo na investigação confirmatória baseou-se na investigação geofísica. Esta, por sua vez, pode sofrer interferência de objetos metálicos, saturação do solo e até mesmo de compostos orgânicos intemperizados; uma alternativa auxiliar para a locação de pontos de coleta de amostra com o objetivo de confirmar ou não uma contaminação é o emprego de equipamentos portáteis de cromatografia a gás para a detecção de compostos orgânicos voláteis, como os BTEX.

Os resultados da Investigação Confirmatória indicam que o Terminal Aquaviário de São Sebastião encerra o Processo de Identificação de Áreas Contaminadas classificado com Área Contaminada. As investigações geoquímica e hidroquímica apontam para o fato de que não há presença significativa de metais no solo nem hidrocarbonetos em água. Principalmente pelo fato de não apresentarem compostos BTEX, as análises geoquímicas fomentam o histórico de disposição de resíduos na área do Outeiro. As demais hipóteses sobre a presença de metais em água deverão ser investigadas nas próximas etapas do gerenciamento.

Em continuidade a este trabalho está prevista a apresentação dos resultados obtidos no Processo de Identificação de Áreas Contaminadas tanto para a empresa Petróleo Brasileiro S/A (Petrobras), a qual pertence o Terminal Marítimo Almirante Barroso, quanto para o órgão ambiental competente, a CETESB. Posteriormente, deverão ser executadas as etapas do Processo de Remediação de Áreas Contaminadas.

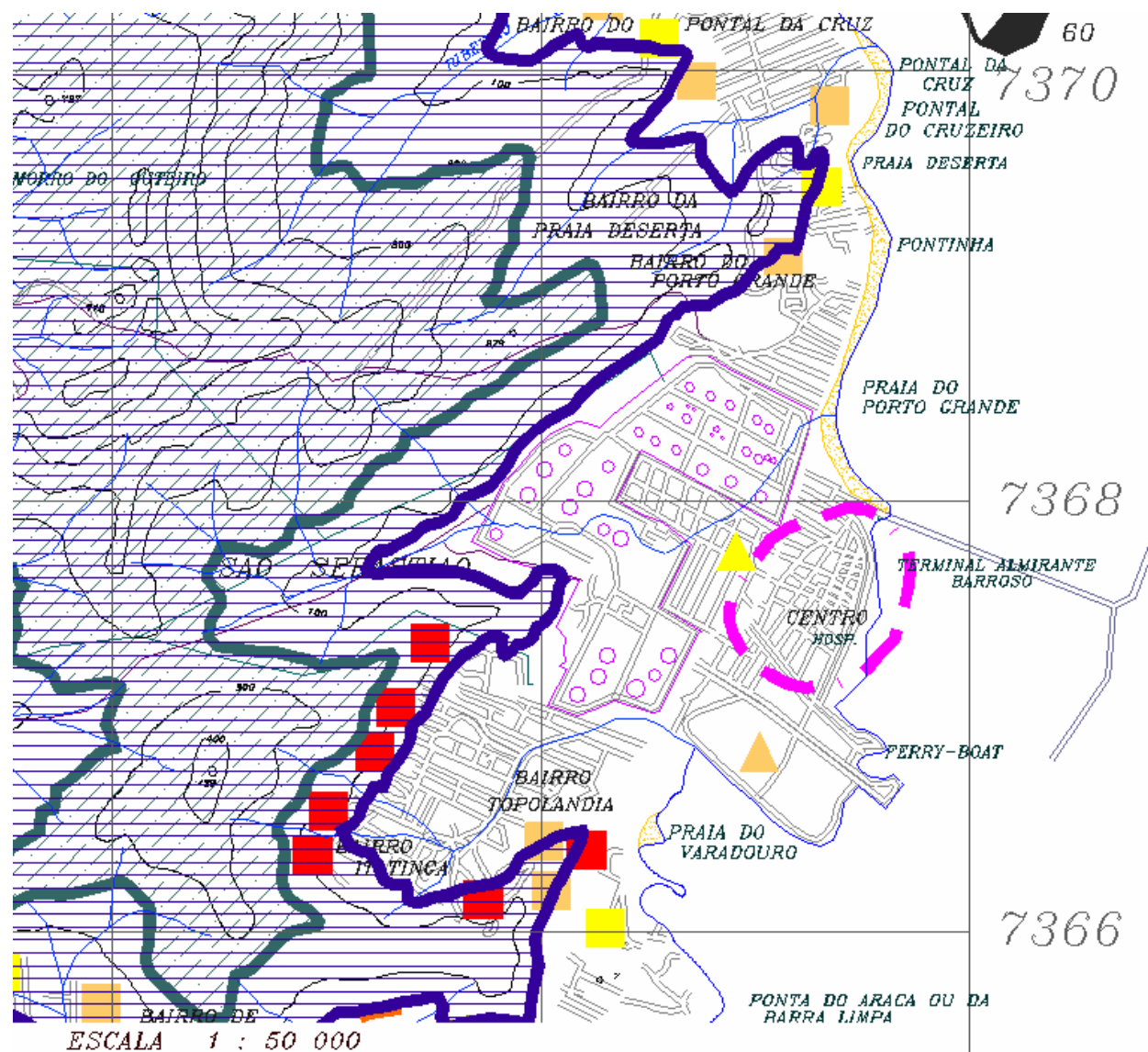
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **E 1739-95 Standard guide for risk-based corrective action applied at petroleum release sites.** Philadelphia, EUA: ASTM, 1995, 52p.
- BRAIN TECNOLOGIA. **Relatório de Diagnóstico Ambiental – Terminal de Aquaviário de São Sebastião.** Volumes de 1 a 4. São Sebastião, SP, 2004.
- CETESB - COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL. **Emergências Químicas: Vazamentos de Óleo.** Disponível em: <http://www.cetesb.sp.gov.br/emergencia/acidentes/vazamento/vazamento.asp>. Acessado em 14 de maio de 2004.
- CETESB, GTZ. **Manual de Gerenciamento de Áreas Contaminadas.** São Paulo, SP: Ed. CETESB, 2ª ed. 2001, 389p.
- CASARINI, D.C.P. [et al.]. **Relatório de Estabelecimento de Valores Orientadores para Solos e Águas Subterrâneas no Estado de São Paulo.** São Paulo, SP: Ed. CETESB, 2001, 73p.
- CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE (CONAMA). **Nº 237/97 Regulamenta os Aspectos de Licenciamento Ambiental Estabelecidos na Política Nacional do Meio Ambiente.**
- CORSEUIL, H.X.; PEDROZO, M.F.M.; BARBOZA, E.M.; SCHNEIDER, M.R.; LINHARES, M.M. **Ecotoxicologia e Avaliação de Risco do Petróleo.** Salvador, BA: Centro de Recursos Ambientais, Série Cadernos de Referência Ambiental, v.12, 2002, 192p.
- FINOTTI, A.R. **Estudo da Aplicabilidade do Modelo da Ação Corretiva Baseada no Risco (RBCA) em Contaminações Subterrâneas com Gasolina e Etanol.** Florianópolis, SC: Universidade Federal de Santa Catarina, 1997, 113p.
- TRANSPETRO - PETROBRAS TRANSPORTE S.A. **Sistema de Contingenciamento.** Disponível em: <http://www.transpetro.com.br/portugues/meioAmbiente/contingenciamento.shtml>. Acessado em 28 de maio de 2004 (a).
- TRANSPETRO - PETROBRAS TRANSPORTE S.A. **Dutos e Terminais do Centro Oeste e São Paulo.** Disponível em: <http://www.transpetro.com.br/portugues/negocios/dutosTerminais/mapaDutos.shtml>. Acessado em 19 de novembro de 2004 (b).

8. ANEXO

MAPAS DO MUNICÍPIO DE SÃO SEBASTIÃO - PLANO DIRETOR 1997:

- 1. Mapa de Condicionantes do Desenvolvimento*
- 2. Mapa de Equipamentos Sociais*
- 3. Mapa de Infra Estrutura*
- 4. Mapa de Proposições Espaciais*
- 5. Mapa Base de Situação / Dados Gerais / Inserção Regional*
- 6. Mapa de Subdivisões Espaciais*
- 7. Mapa de Uso e Ocupação do Território*



MUNICIPIO DE SÃO SEBASTIÃO
PLANO DIRETOR 1997
MAPA DE CONDICIONANTES DO DESENVOLVIMENTO

LEGENDA

PARQUE ESTADUAL DA SERRA DO MAR (PONTE MACROZONEAMENTO DO LITORAL NORTE):

AREA DE TOMBAMENTO (FONTE: MACROZONEAMENTO DO LITORAL NORTE)

AREAS TOMBADAS DO PATRIMONIO HISTORICO (FONTE : SECTUR)

AREAS TOMBADAS NIVEL ESTADUAL SUJEITAS AO DECRETO- LEI ESTADUAL N 149 DE 15/08/1969 E DECRETO ESTADUAL N 13426/79 (CONDEPHAAT)

AREAS TOMBADAS A NIVEL MUNICIPAL (CAP. CAICARAS) SUJEITAS A LEI MUNICIPAL N 943/94

SITIOS ARQUEOLOGICOS (FONTE ARQUIVO HISTORICO)
SISTEMA VIARIO PRINCIPAL

AREAS DE RISCO (FONTE INST. GEOLOGICO S.P.)

BAIXO RISCO A MOV. DE MASSA

MEDIO RISCO A MOV. DE MASSA

ALTO RISCO A MOV. DE MASSA

MUITO ALTO RISCO A MOV. DE MASSA

BAIXO RISCO A INUNDACAO

MEDIO RISCO A INUNDACAO

ALTO RISCO A INUNDACAO

MUITO ALTO RISCO A INUNDACAO

GRANDE DECLIVIDADE DA SERRA DE BOISSUCANCA

RUAS

LIMITE DE MUNICIPIO

LINHA COSTEIRA

RIOS

CURVAS DE NIVEL

TEBAR

DUTOS DA PETROBRAS

LINHAS DE TRANSMISSAO

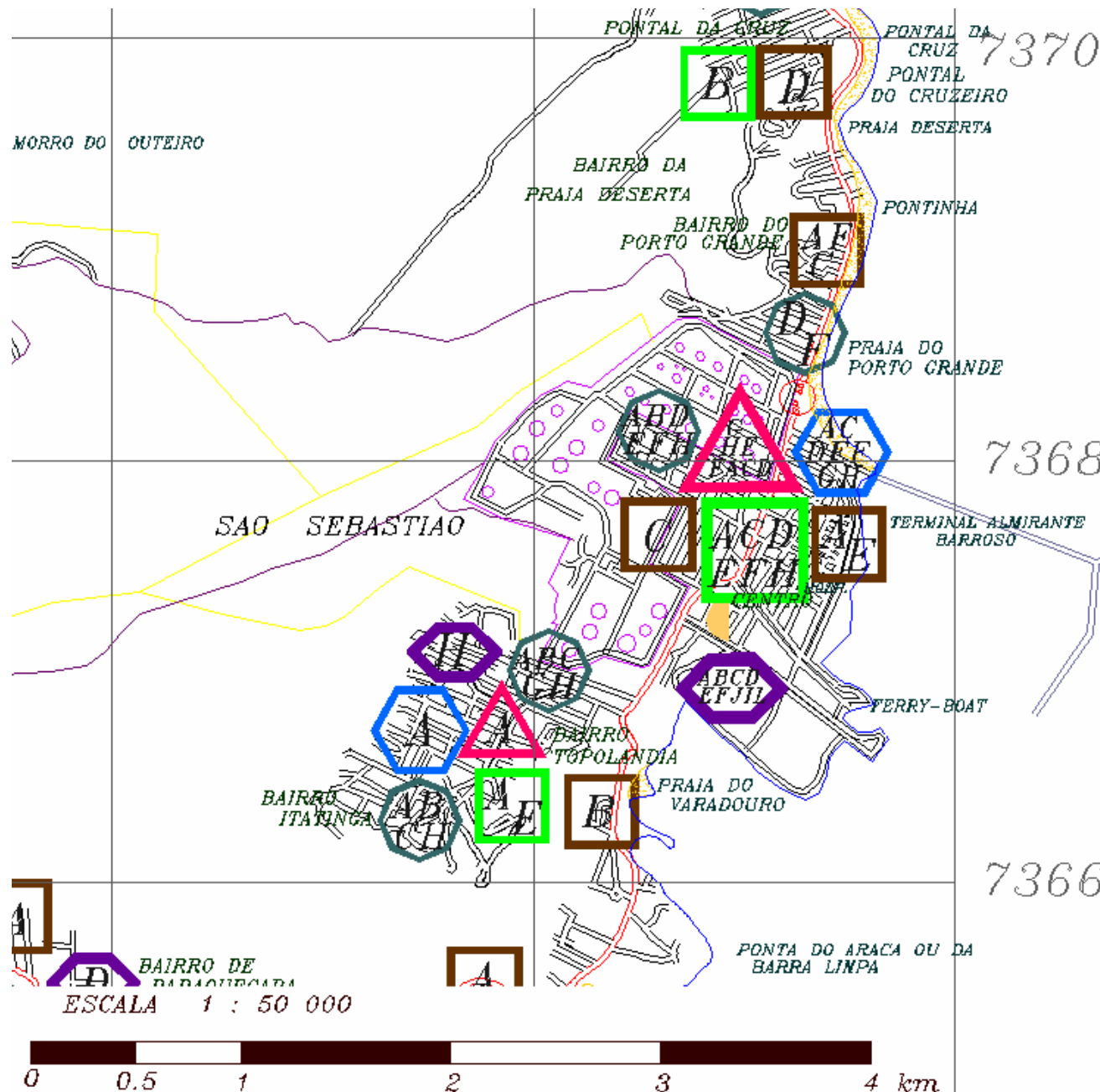
PONTE: IEGE, CARTA 1:50 000. FOLHAS: CARAGUATATUBA, SÃO SEBASTIÃO, P 1 CO DO PARACAIÁ, MARESIAS E SALESOPOLIS E LEVANTAMENTOS AEROFOTOGRAFICOS DA BASE TERRITORIAL SETEMBRO/94.



MUNICIPIO DE SAO SEBASTIAO
PLANO DIRETOR 1997
EQUIPAMENTOS SOCIAIS

LEGENDA

- EDUCACAO**
- A - ESCOLA MUNICIPAL ED. INFANTIL
 - B - ESCOLA MUNICIPAL DE 1 GRAU
 - C - ESCOLA ESTADUAL DE 1 GRAU
 - D - ESCOLA ESTADUAL DE 1 E 2 GRAUS
 - E - ESCOLA PARTICULAR DE ED. INFANTIL
 - F - ESCOLA PARTICULAR ED. INFANTIL 1 E 2 GRAUS
 - G - ESCOLA TECNICA PROFISSIONALIZANTE
 - H - CRECHES
- SAUDE**
- A - POSTO DE SAUDE
 - B - UNIDADE MISTA
 - C - VIGILANCIA SANITARIA
 - D - PRONTO SOCORRO
 - E - HOSPITAL DAS CLINICAS
 - F - UNIDADE ATEND. MEDICINA TRAB. - UNET
 - G - CENTRO ODONTOLOGICO
- SEGURANCA PUBLICA**
- A - POLICIA MILITAR
 - B - POLICIA MILITAR FLORESTAL E DE MANANCIAS
 - C - CORPO DE BOMBEIROS
 - D - DEFESA CIVIL
 - E - POLICIA FEDERAL
 - F - POLICIA NAVAL
 - G - GUARDA AMBIENTAL
 - H - POLICIA CIVIL - DELEGACIA
 - I - POLICIA MILITAR RODOVIARIA
- CORREIO**
- ENTIDADES FILANTROPICAS**
- A - ASSOCIACAO ANTI-ALCOLICA DO ESTADO
 - B - APAE-ASS. PAIS E AMIGOS EXCEP. S.SEBASTIAO
 - C - APAMI-ASS.PROTECAO MATERNIDADE E INFANCIA
 - D - ASSOCIACAO SEBASTIANENSE DE PROMOCAO SOCIAL
 - E - ASILO-SOC.SAO VICENTE DE PAULA
 - F - CASA CRIANCA E ADOLESCENTE SAO SEBASTIAO
 - G - CRECHE DONA LAURINDA
 - H - IRMANDADE DE SANTA CASA CORACAO DE JESUS
 - I - PROMOCAO SOCIAL SANTA CLARA
- CULTURA**
- A - MUSEU DE ARTE SACRA
 - B - TEATRO (SINDIPETRO)
 - C - BIBLIOTECA/VIDEOTECA MUNICIPAL
 - D - ESPACO CULTURAL - ADRIANA VASQUES FERNANDES
 - E - SOCIEDADE CIVIL-SAO SEBASTIAO TEM ALMA
 - F - FUNDANAR
 - G - ESPACO CULTURAL BACARIRA
 - H - OFICINAS CULTURAIS DA SECTUR
 - I - ESPACO CULTURAL AGNELO RIBEIRO DOS SANTOS
 - J - ARQUIVO HISTORICO FMSS
- ESPORTE/LAZER E RECREACAO**
- A - QUADRA POLIESPORTIVA
 - B - GINASIO DE ESPORTES
 - C - AREA DE LAZER
 - D - CENTRO ESPORTIVO
 - E - CENTRO COMUNITARIO
 - F - PRACA DA VELA
- RUAS**
- RODOVIAS**
- LIMITE DE MUNICIPIO**
- LINHA COSTEIRA**
- DUTOS DA PETROBRAS**
- LINHAS DE TRANSMISSAO DE ENERGIA ELETRICA**
- TEBAR**



MUNICIPIO DE SÃO SEBASTIÃO
PLANO DIRETOR 1997
INFRA ESTRUTURA

LEGENDA

TRANSPORTE

- ONIBUS - LINHA TRONCO
- ONIBUS - LINHA DIRETA
- ONIBUS - LINHA CIRCULAR

TERMINAL RODOVIÁRIO

PIER

HELIPORTO

SANEAMENTO BASICO ADUTORA

- 1 BARRAGEM E CAPTACAO DE ACUA (NOVA)
- 2 CAIXA DE PASSAGEM
- 3 CAIXA DE AREIA
- 4 RESERVATORIO ALTO
- 5 RESERVATORIO DE DISTRIBUICAO
- 6 RESERVATORIO DE RECALQUE
- 7 RESERVATORIO SEMI-ENTERRADO
- 8 E.T.A
- 9 ESTACAO PRESSURIZADORA
- 10 SISTEMA DE ABASTECIMENTO

ENERGIA ELETRICA

ALTA TENSÃO

- SUBESTACOES EXISTENTES
- SUBESTACOES A IMPLANTAR

RESIDUOS SOLIDOS

- ATERRO CONTROLADO
- COLETA SELETIVA DE LIXO (POSTO FIXO)
- COLETA SELETIVA DE LIXO (POSTO MOVEL)
- COLETA SELETIVA DE LIXO (ESCOLAS)
- ARMAZENAGEM DE SUCATA

LIMITE DE MUNICIPIO

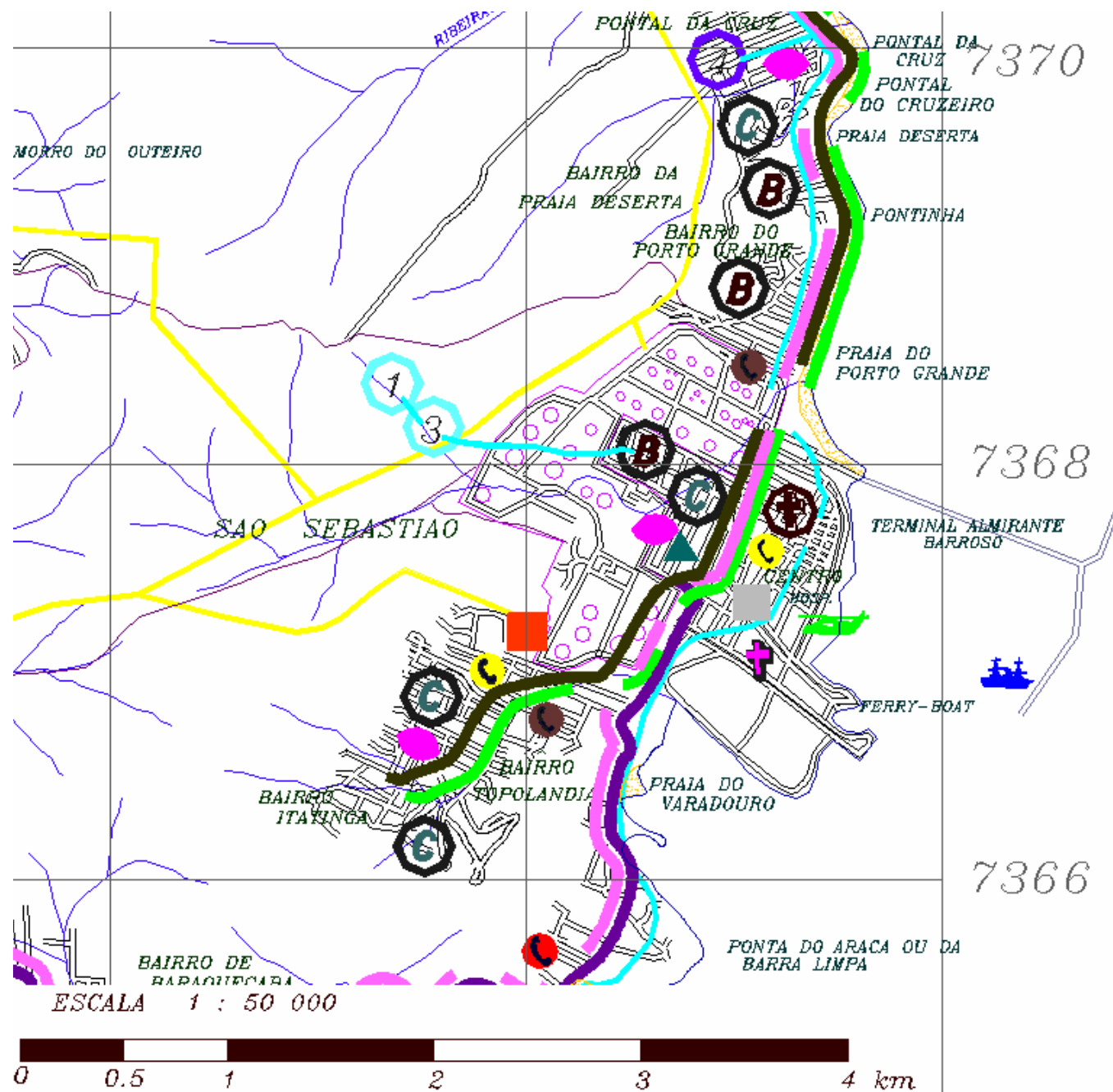
LINHA COSTEIRA

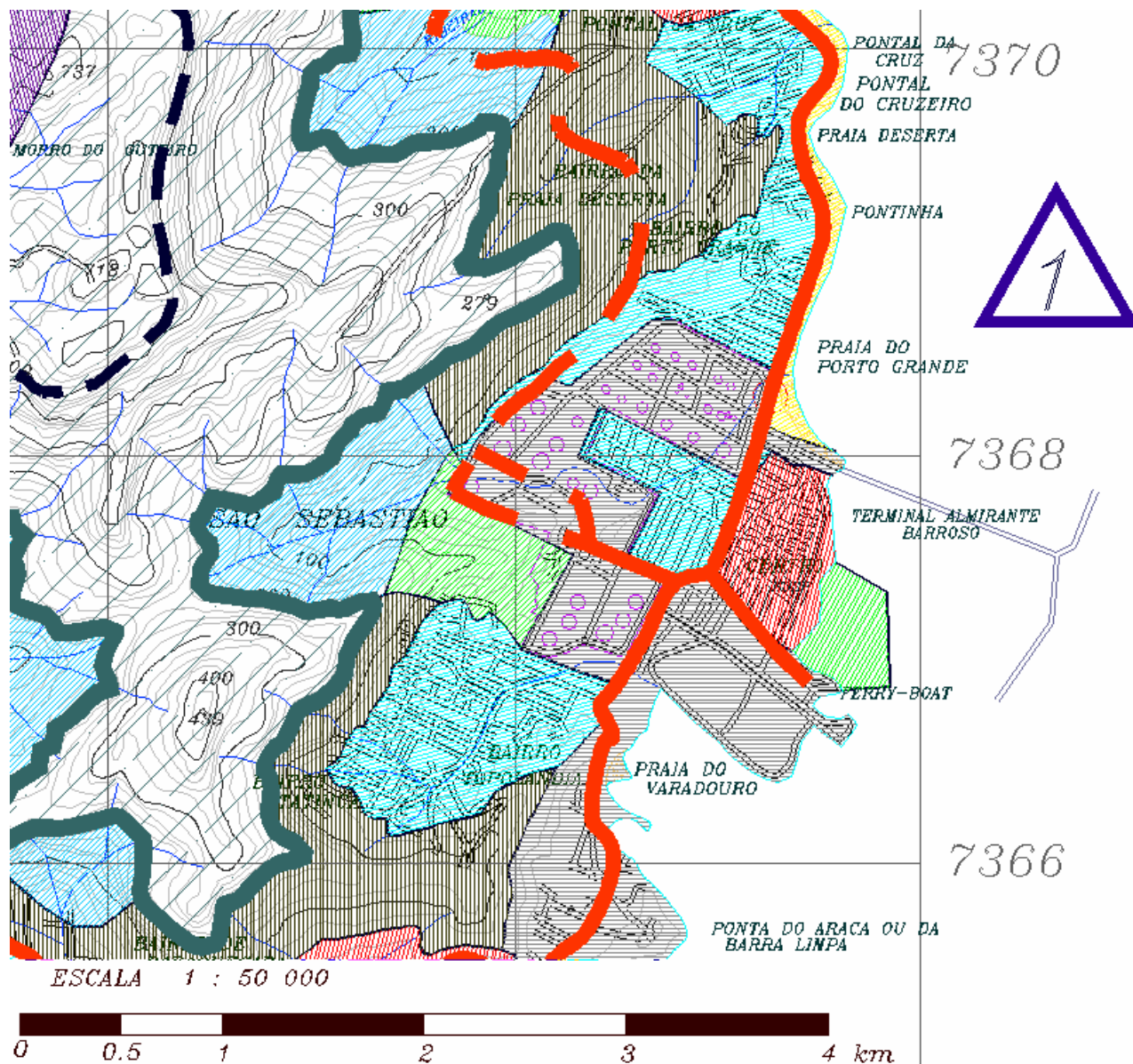
RIOS

TEBAR

RUAS

DUTOS DA PETROBRAS

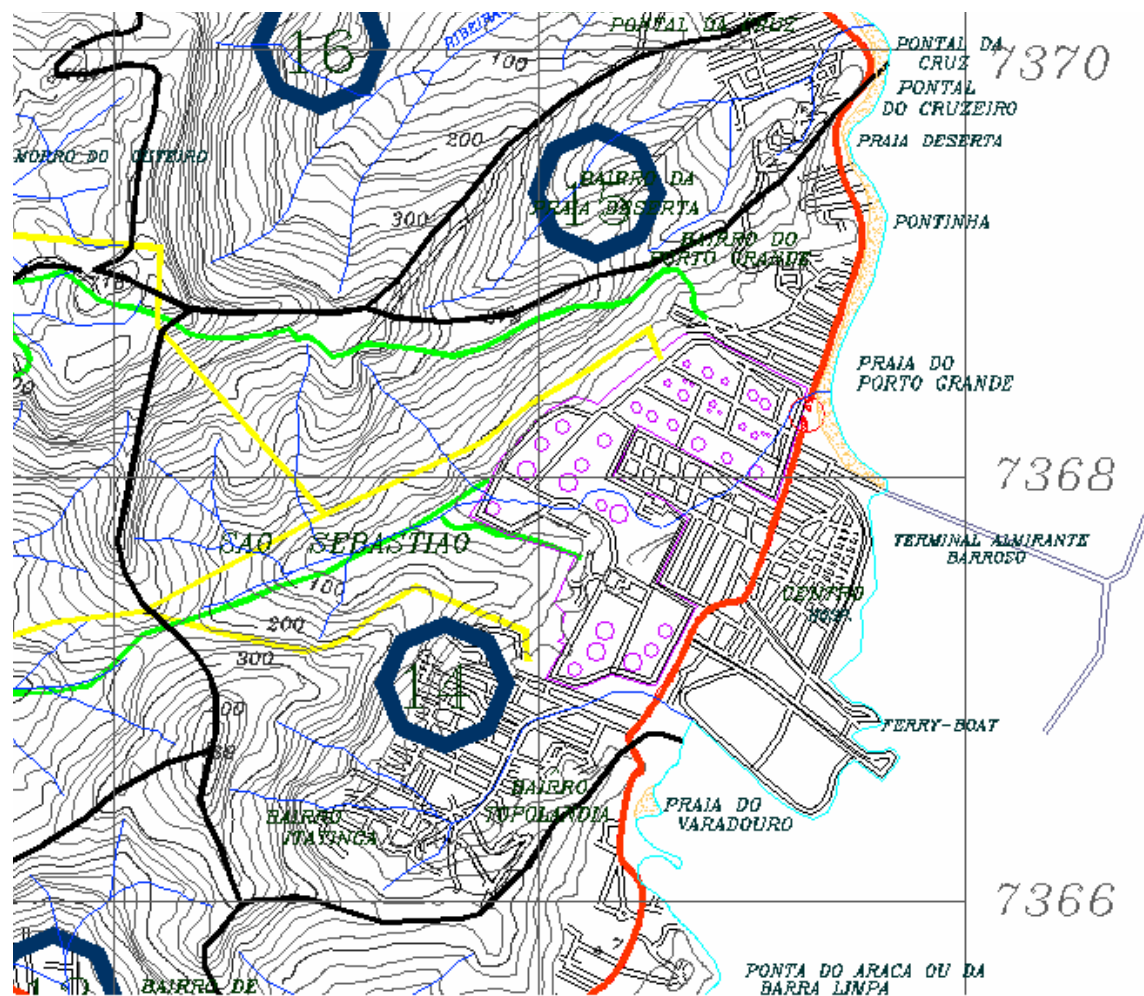




MUNICIPIO DE SÃO SEBASTIÃO PLANO DIRETOR 1997 PROPOSIÇÕES ESPACIAIS

LEGENDA

- GRANDES CONDICIONAMENTOS (PARQUE)
- ÁREA DE PROTEÇÃO AMBIENTAL/ANTROPOLÓGICA
- ÁREA DE PROTEÇÃO A MANANCIAS
- ÁREA DE TRATAMENTO ESPECIAL (MONTÃO DE TRIBO ATIVIDADE RURAL)
- ÁREA DE URBANIZAÇÃO ESPECIAL
- ÁREA DE ASSENTAMENTO E EXPANSÃO URBANA NÃO CONDICIONADAS
- ÁREA DE ESPECIAL INTERESSE TURISTICO/PAISAGÍSTICO/RURAL EXISTENTE
- ÁREA DE ASSENTAMENTO E EXPANSÃO URBANA CONDICIONADAS
- ÁREA DE LAZER/DESCANSO A CONSOLIDAR/APARELHAR/DESENVOLVER/PESCA ARTESANAL
- CENTRO NIVEL 1
- CENTRO NIVEL 2
- CENTRO NIVEL 3
- CENTRO NIVEL 4
- VIA PRINCIPAL A DUPLICAR
- VIA PRINCIPAL COM 3ª FAIXA (ALARGAMENTO)
- VIA PRINCIPAL EXISTENTE
- VIA PROPOSTA
- RIOS
- CURVAS DE NIVEL



MUNICIPIO DE SÃO SEBASTIÃO PLANO DIRETOR 1997

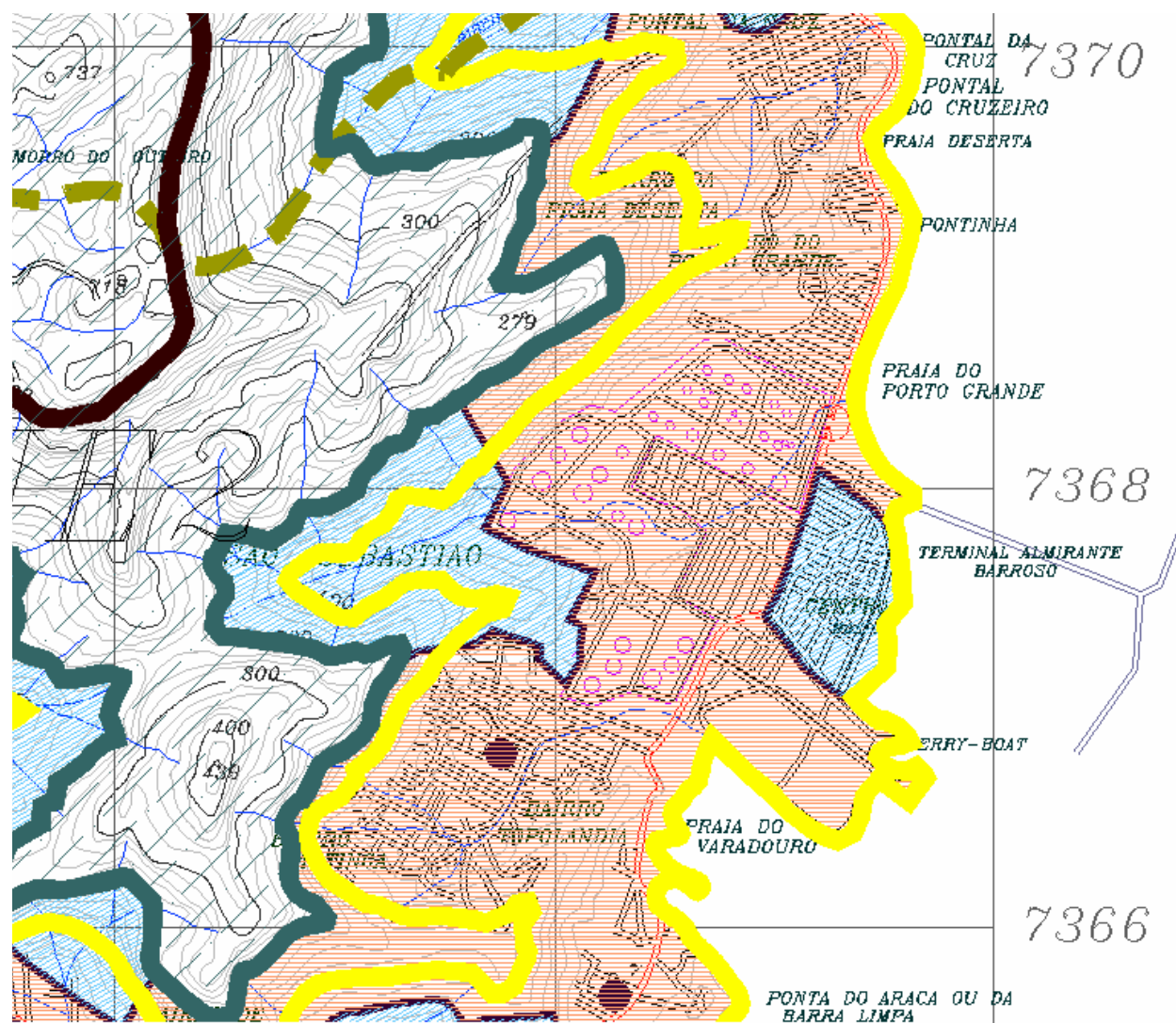
SITUAÇÃO/DADOS GERAIS/INSERÇÃO REGIONAL/MAPA BASE

LEGENDA

-  - CURVAS DE NIVEL
-  - TEBAR
-  - LIMITES DOS MUNICIPIOS CONFRONTANTES
-  - HIDROGRAFIA
-  - LINHA DE COSTA
-  - SISTEMA VIARIO
-  - LINHA DE TRANSMISSAO DE ENERGIA ELETRICA
-  - DUTOS/PETROBRAS
-  - PRAIAS
-  - PONTO DE COTA MAXIMA
-  - LIMITE DAS BACIAS HIDROGRAFICAS

Nº DA BACIA	BACIA	AREA APROXIMADA (KM²)	COMPRIMENTO APROXIMADO (KM)	ORDEN HIERARQUICA (STRHALER)	FORMAS	N. CANAIS
1	Una	256,52	15,00	5	Triangular	328
2	Juquehy	28,16	5,00	3	Circular	24
3	Sahy-Baleia	53,64	5,95	4	Retangular	54
4	Camburi	63,94	7,15	4	Triangular	50
5	Boicucanga	73,81	8,10	4	Retangular	56
6	Mareias	37,92	4,70	4	Circular	31
7	Pauba	16,63	5,35	2	Retangular	8
8	T.Toque-Pequeno	15,61	3,40	2	Circular	3
9	Calhetas	3,61	1,75	2	Retangular	3
10	T.Toque-Grande	9,74	3,35	2	Retangular	9
11	Ponta do Itapua	7,56	1,65	2	Retangular	7
12	Guacoca	17,93	4,85	3	Retangular	27
13	Barquecaba	3,75	2,05	2	Triangular	6
14	Centro	17,24	3,05	3	Triangular	13
15	Ponta da Cruz	3,18	2,55	2	Triangular	4
16	Ponta da Parida	11,35	3,20	3	Retangular	8
17	S.Francisco	13,48	2,65	3	Circular	19
18	Ponta do Arpoar	2,93	1,75	2	Triangular	4
19	S.Tome	5,66	2,55	2	Retangular	4
20	Pereque-Mirim	30,51	6,70	3	Retangular	21





ESCALA

1 : 50 000



MUNICIPIO DE SAO SEBASTIAO
PLANO DIRETOR 1997
SUBDIVISÕES ESPACIAIS
DIVISÃO TERRITORIAL EM AREAS INTEGRADAS

- UNIDADES ESPACIAIS
- DISTRITOS
- POLITICA HABITACIONAL
- REGIONAIS
- COSTA NORTE
- CENTRO
- MARESIAS
- BOICUCANGA
- JUQUEY
- PARQUE ESTADUAL DA SERRA DO MAR
- AREA ESPECIAL
- AREA URBANA
- AREA RURAL
- LIMITE DE MUNICIPIO
- RIOS
- CURVAS DE NIVEL
- RUAS

