



Universidade Federal do Pará
Centro de Geociências
Curso de Pós-Graduação em Geologia e Geoquímica

**ADEQUAÇÃO DE MÉTODO PARA AVALIAÇÃO DE RISCO DE
CONTAMINAÇÃO AMBIENTAL EM ÁREAS DE ESTOCAGEM DE
COMBUSTÍVEIS.**

TESE APRESENTADA POR

CLÁUDIO CEZAR CUNHA DE VASCONCELOS CHAVES

Como requisito parcial à obtenção do Grau de Mestre em Ciências
na Área de GEOQUÍMICA E PETROLOGIA.

Data de Aprovação: **28 / 02 / 2002**

Comitê de Tese:



JOSÉ AUGUSTO MARTINS CORRÊA (Orientador)



LEANDRO EUGÊNIO DA SILVA CERRI



JOSÉ FRANCISCO DA FONSECA RAMOS

Belém

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Dr. José Augusto Martins Corrêa, cujo integral apoio, incentivo e dedicada orientação, viabilizaram o desenvolvimento de nossa tese.

Ao Prof. Dr. José Francisco da Fonseca Ramos, pela inestimável contribuição científica ofertada ao longo de nosso trabalho.

Ao Prof. Dr. José Gouvea Luiz, pelas discussões, leituras e sugestões sobre métodos geofísicos aplicados a detecção, no subsolo, de derivados de petróleo.

Ao Eng. Paulo Roberto Albuquerque Gouvea, supervisor de meio ambiente da Texaco do Brasil S/A, pela colaboração e apoio.

Aos Geólogos Wilson Oliveira e Eduardo Marechal pelo fornecimento de análises físico-químicas referentes a contaminação de solo por posto de serviços.

A Coordenação e aos funcionários do Curso de Pós-Graduação em Geologia e Geoquímica pela colaboração prestada.

A Direção, Professores, Colegas de Pós-Graduação e demais funcionários do Centro de Geociências, pela ajuda e incentivos em todas as etapas de nosso trabalho.

A relação entre ambiente e desenvolvimento vai muito além da mera exploração racional dos recursos naturais. A preservação e a proteção do equilíbrio ecológico, é um elemento essencial, não só do desenvolvimento humano, mas também da sobrevivência da humanidade.

(Autoria desconhecida)

SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS	I
EPÍGRAFE	II
LISTA DE ILUSTRAÇÕES	IV
LISTA DE ABREVIACÕES E SÍMBOLOS	VI
RESUMO	1
ABSTRACT	3
1. - INTRODUÇÃO	5
2. - OBJETIVOS	9
3. - BELÉM E O RISCO DE CONTAMINAÇÃO DE SOLOS E AQUÍFEROS POR HIDROCARBONETOS	10
4. - SOLOS NA REGIÃO METROPOLITANA DE BELÉM	12
5. - POLUIÇÃO DE SOLOS POR HIDROCARBONETOS.	13
5.1 – DERIVADOS DE PETRÓLEO	13
5.1.1 - Comportamento dos derivados de petróleo em meio poroso	16
6. - MÉTODOS DE AVALIAÇÃO DE RISCOS.	23
7. - RESULTADOS	35
7.1 – ESTRUTURA DO MÉTODO ADAPTADO PARA DETERMINAÇÃO DO RISCO DE CONTAMINAÇÃO AMBIENTAL POR HIDROCARBONETOS.	35
7.2 – PARÂMETROS FUNDAMENTAIS	38
7.2.1 - Fontes de Contaminação (CP1)	40
7.2.2.- Vulnerabilidade dos Parques de Armazenagem de Combustíveis (CP2).	41
7.2.3 – Vias de Propagação do Contaminante - CP2	45
7.2.3.1 – Características de vulnerabilidade do solo (CPa)	45
7.2.3.2 – Características de vulnerabilidade da água superficial (CPb)	47
7.2.3.3 – Características de vulnerabilidade da água subterrânea (CPc)	48
7.2.3.4 – Características de vulnerabilidade do Ar (CPd)	50
7.3. - CÁLCULO DO GRAU DE RISCO DE CONTAMINAÇÃO AMBIENTAL	51
7.4 – ESTUDOS DE CASOS NA CIDADE DE BELÉM	53
7.5 – AVALIAÇÃO DA CONFIABILIDADE DO MÉTODO.	60

8. CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS.	62
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	64
ANEXOS.	70
ANEXO A: FICHAS DE INFORMAÇÕES DE SEGURANÇA SOBRE PRODUTOS	71
ANEXO B: FICHA CADASTRAL DE ÁREAS CONTAMINADAS	80
ANEXO C: FICHA DE PONTUAÇÃO	89

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURAS:

Figura 1 : Número de veículos cadastrados na cidade de Belém – PA	7
Figura 2a : Fases ocorrentes em zona saturada e não saturada com presença de NAPL	18
Figura 2b : Fases ocorrentes em zona saturada e não saturada sem presença de NAPL	18
Figura 3 : Saturação residual do tipo saturação insular	20
Figura 4 : Mapa de localização dos postos avaliados	55
Figura 5 : Níveis de risco para a saúde da população nos postos avaliados (Bp1).	56
Figura 6 : Níveis de risco para os recursos hídricos nos postos avaliados (Bp2).	57
Figura 7 : Níveis de risco referentes a outros bens nos postos avaliados (Bp3).	58
Figura 8 : Níveis de risco referentes a somatória de todos os bens a proteger nos postos avaliados	59

TABELAS.

Tabela 1 : Densidade, solubilidade e concentração de alguns NAPLs	17
Tabela 2 : Meios a serem investigados e tipos de investigações a serem realizadas.	38

Tabela 3 : Valores de CPn e Fn para o componente CP1 - Tipo de Contaminante	41
Tabela 4 : Distribuição dos equipamentos conforme a classe do posto de abastecimento, segundo a norma NBR 13.786/97 (ABNT)	43
Tabela 5 : Valores de CPn e Fn para o componente CP2 - vulnerabilidade das instalações dos parques de armazenagem de combustíveis	44
Tabela 6 : Valores de CPn e Fn para o componente Cpa - Solo	46
Tabela 7 : Valores de CPn e Fn para o componente CPb - Água Superficial	48
Tabela 8 : Valores de CPn e Fn para o componente CPc - Água Subterrânea.	50
Tabela 9 : Valores de CPn e Fn para o componente CPd – Ar.	51
Tabela 10 : Quantificação de Riscos de Contaminação Ambiental nos postos avaliados.	54

LISTA DE ABREVIATURAS E SÍMBOLOS

ABNT	: Associação Brasileira de Normas Técnicas
AEAC	: Álcool Etílico Anidro Carburante
AEHC	: Álcool Etílico Hidratado Carburante
ANP	: Agência Nacional de Petróleo
BMPT	: Ministério Federal de Pesquisas e Tecnologia da Alemanha
BTEX	: Benzeno, Tolueno, Etilbenzeno, Xileno
CCME	: <i>Canadian Council of Ministers of the Environment</i> Conselho Canadense do Ministério do Meio Ambiente
CERCLA	: <i>Comprehensive Environmental Response, Compensation and Liability Act</i> Lei Integral para Resposta Ambiental, Compensação e Responsabilidades
DETRAN- PA	: Departamento de Trânsito do Estado do Pará
DNAPL	: <i>Dense Nonaqueous Phase Liquids</i> Fase Líquida Não Aquosa Densa
DNC	: Departamento Nacional de Combustíveis
LMC	: Livro de Movimentação de Combustíveis
LNAPL	: <i>Light Nonaqueous Phase Liquids</i> Fase Líquida Não Aquosa Leve
NAPL	: <i>Nonaqueous Phase Liquids</i> Fase Líquida Não Aquosa
NBR	: Normas Brasileiras
NCSRP	: <i>National Contaminated Sites Remediation Program</i> Programa Nacional de Remediação de Áreas Contaminadas
RCRA	: <i>Resource Conservation and Recovery Act.</i> Lei de Conservação e Recuperação de Recursos Naturais
SARA	: <i>Superfund Amendments and Reauthorization Act</i> Lei de Reautorização e Emenda ao Superfundo
SDWA	: <i>Safe Drinking Water Act</i> Lei de água Potável Segura

SSL : *Soil Screening Levels*
Níveis de Proteção do Solo

USEPA : *United States Environmental Protection Agency*
Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos

RESUMO

A atividade de distribuição de combustíveis ao público, conquanto seja fundamental para o bem estar e o desenvolvimento social, tem causado vários problemas de contaminação ambiental, provocados por vazamentos e derramamentos de combustíveis líquidos, oriundos do processo de abastecimento de automóveis.

O aumento no número de postos de abastecimento presentes nas cidades, bem como seu crescente envolvimento com áreas cada vez mais densamente povoadas, eleva de forma significativa o risco de acidentes ambientais.

Neste trabalho é apresentado um método de avaliação de riscos de contaminação ambiental por hidrocarbonetos, que com pequeno aporte de recursos financeiros, permite elaborar uma classificação dos graus de risco de contaminação do meio ambiente, apresentado por cada posto de abastecimento.

Este método que interrelaciona de forma científica as características de segurança operacional do posto a vulnerabilidade do solo onde ele está localizado e a importância dos bens a proteger na área em estudos e em seu entorno, está assentado em fórmula matemática, na qual os valores atribuídos as características supramencionadas são trabalhados de forma ponderada e cumulativa, com o objetivo de classificar através dos pontos obtidos, o grau de risco de contaminação ambiental que estas áreas apresentam.

No processo de avaliação, o método separa as áreas em estudo em três grandes grupos:

- **Área Potencial** : É toda a área em que exista uma atividade, cuja rotina operacional possa vir a alterar a qualidade dos recursos ambientais. Todos os postos de abastecimento estão enquadrados nesta categoria.
- **Área Suspeita** : Dentro do universo de áreas potenciais, aqueles locais que apresentarem risco aos bens a proteger, são considerados áreas suspeitas. Neste grupo, além do item supracitado, são avaliados a existência e vulnerabilidade dos bens a proteger.
- **Áreas Contaminadas** : São aquelas áreas em que, através de análises físico-químicas, é confirmada a existência de contaminação ambiental.

O foco deste método está voltado essencialmente para às áreas potenciais e suspeitas, onde determina através da pontuação obtida por cada posto de abastecimento, quais os locais que apresentam maior risco de contaminação ambiental, permitindo a priorização no uso de recursos financeiros para as análises confirmatórias de contaminação, e processos de mitigação da poluição instalada.

ABSTRACT

The activity of fuels distribution to the public, though it is fundamental for the welfare and social development, it has been causing several problems of environmental contamination, provoked by leaks and spills of liquid fuels, originating from the process of refueling of our automobiles.

The increasing number of gas stations in the cities, as well as its growing involvement with areas more and more densely inhabited, it elevates in a significant way the risk of environmental accidents.

In this work, we present a methodology of evaluation of risk of environmental contamination by hydrocarbons that with small contribution of financial resources, it allows to elaborate us a classification of the risk degrees, presented by each gas station.

This methodology that interrelates in a scientific way, the characteristics of operational safety of the gas station to the vulnerability of the soil where it is located and the importance of the goods to protect in the studies areas and around, it is seated in mathematical formula, in which the values attributed to the characteristics mentioned above, they are worked in a pondered and cumulative way with the objective of classifying through the obtained points the degree of risk contamination of these areas.

In the evaluation process, the methodology separates the areas in study in three great groups:

- **Potential areas:** It is the whole area in that an activity exists, whose operational routine can come to alter the quality of the environmental resources. All the gas stations are framed in this category.
- **Suspicious areas:** Inside of the universe of potential areas, those places that present risks to the goods to protect are considered suspicious areas. In this group besides the item mentioned above, the existence and vulnerability of the goods to protect are appraised.

- **Polluted areas** : They are those areas in that, through physical chemistry analyses, the existence of environmental contamination is confirmed.

The focus of this method is essentially back is to the potential and suspicious areas where it determines through the punctuation obtained by each gas station, the places which present larger risk of environmental contamination, allowing the prioritization in the use of financial resources for the analysis of contamination, and processes of mitigation of the installed pollution.

1 – INTRODUÇÃO.

Desenvolvimento e meio ambiente não são conceitos separados e é impossível resolver os problemas ligados a um, sem levar em consideração as dificuldades inerentes ao outro. O meio ambiente é um recurso fundamental para o desenvolvimento da qualidade de vida do homem. O estado do meio ambiente nos fornece uma leitura importante do grau de desenvolvimento e, neste sentido, a sua preservação deve ser, para nós, uma preocupação constante. Para assegurar o bom desenvolvimento, portanto, são necessárias políticas que envolvam o aspecto ambiental. Esta ligação foi reconhecida em 1992, por ocasião da Conferência das Nações Unidas sobre Ambiente e Desenvolvimento. Nessa conferência, ocorrida na cidade do Rio de Janeiro, foi sugerido um modelo de gestão, para conferir maior coerência as ações em prol do desenvolvimento.

A exploração, o desenvolvimento, a produção, o tratamento e o manejo de resíduos e atividades associadas com a produção de óleo e gás, podem causar uma série de impactos ambientais, entre eles: destruição ou alteração de habitats naturais, erosão, sedimentação, poluição de aquíferos e águas superficiais a partir de produtos e/ou resíduos que vazaram, contaminação de água subterrânea a partir da comunicação entre zonas de produção e zonas de injeção, liberação de hidrocarbonetos e gases diversos para a atmosfera e ainda diminuir a produtividade dos solos.

Neste sentido, é necessária uma constante vigília para evitar-se problemas ambientais causados pelas atividades ligadas a exploração comercial do petróleo e seus derivados. No caso específico de áreas de armazenamento, a avaliação do risco de contaminação ambiental por hidrocarbonetos é de suma importância.

A cadeia de atividades que envolve a produção e distribuição de combustíveis fósseis, principalmente os derivados de hidrocarbonetos, tem nas áreas de armazenagem de combustíveis e particularmente nos postos de abastecimento o seu elo mais frágil. Essas áreas são susceptíveis à acidentes podendo atingir proporções catastróficas, tudo isso devido principalmente ao elevado risco no manuseio desses produtos.

As atividades ligadas aos posto de serviços de distribuição de derivados de petróleo têm características peculiares, que favorecem a elevação do risco de acidentes. Entre elas podemos destacar:

1. Conquanto esta atividade apresente risco real e permanente de incêndio e contaminação do solo, a regulamentação do setor não exige do proprietário ou operador qualquer conhecimento técnico quanto à prevenção, combate e mitigação destes eventos;
2. A quase totalidade dos sistemas de armazenamento subterrâneo e abastecimento de combustíveis é de propriedade das distribuidoras que não operam estas instalações, nem disponibilizam treinamento adequado aos operadores;
3. O posto de serviço, em si, é uma empresa de pequeno porte, com limitações financeiras que não prioriza investimentos em segurança ambiental;
4. Os empreiteiros, prestadores de serviços de instalação e manutenção dos parques de armazenamento e abastecimento dos postos de serviços, também são empresas de pequeno porte e não investem em segurança.

Estas peculiaridades dificultam o controle de qualidade das operações ligadas ao abastecimento de veículos e favorecem o aumento da probabilidade de acidentes.

Além das limitações operacionais anteriormente citadas, concorrem para a ocorrência de acidentes, o envelhecimento e degeneração das instalações de armazenagem e abastecimento, o crescente envolvimento dos postos de abastecimento com áreas cada vez mais densamente povoadas e movimentadas. Além disso, tem-se ainda a inadequação das instalações de armazenagem de combustíveis, originalmente concebidas à revelia da necessidade de preservar e proteger o meio ambiente, e com a preocupação básica de evitar perdas econômicas, que decorreriam dos vazamentos.

Na região amazônica, o espírito preservacionista ainda não está presente e não há uma verdadeira compreensão de que a prevenção de acidentes, além de ter um ótimo fator custo/benefício, contribui para o bem estar social. O desenvolvimento tecnológico, incorporado continuamente pelas indústrias, aliado ao aumento de produtividade do segmento automobilístico, aumentou de forma significativa a frota de veículos em circulação na cidade de Belém (figura 1).

Isso gerou uma forte elevação no volume de combustíveis comercializados nos postos de abastecimento, tendo como consequência um aumento no número de acidentes (por vazamento), resultando quase sempre em prejuízos econômicos e em danos ambientais e sociais.

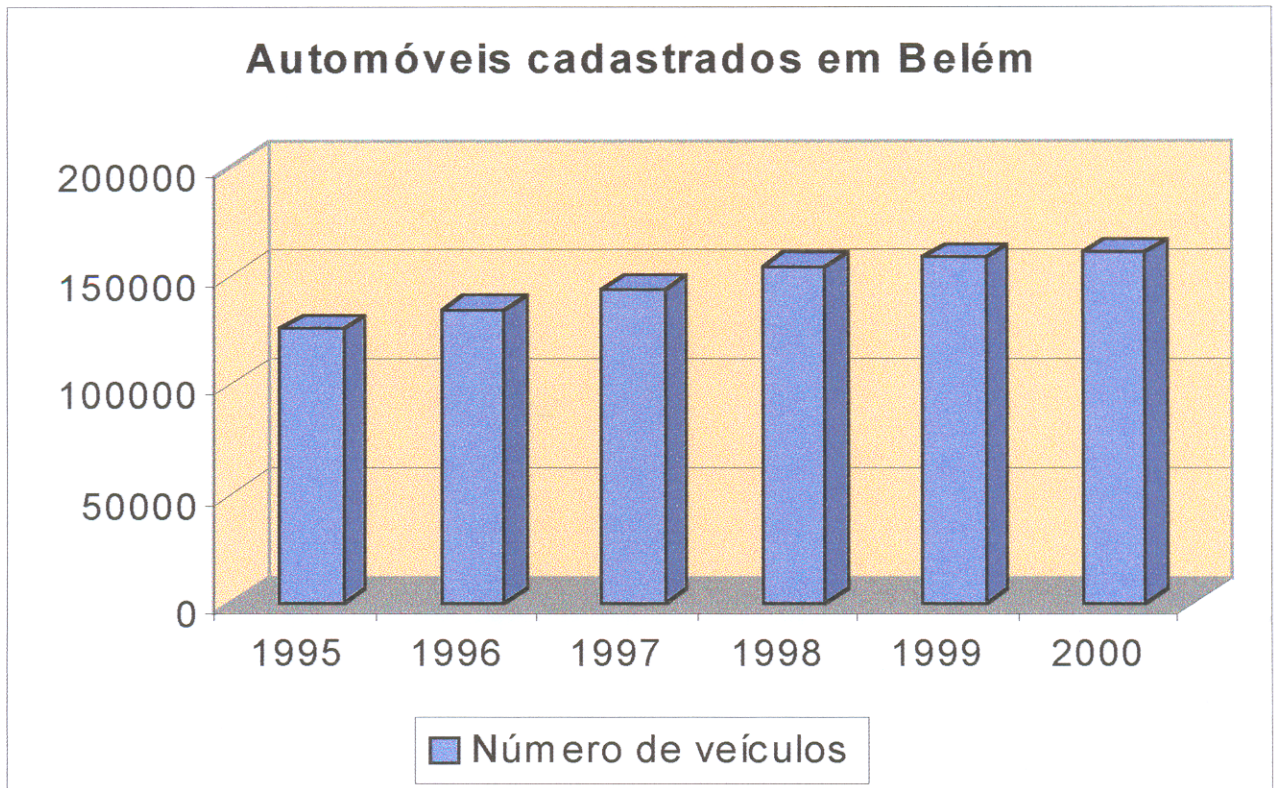


Figura 1 - Número de veículos cadastrados na cidade de Belém – PA. Fonte: DETRAN - PA. (2001) web site www.detran.org.br.

Os responsáveis pelo gerenciamento dos postos de serviços ainda não atingiram um nível de conscientização adequado, principalmente no que diz respeito a prevenção de acidentes por vazamento de combustível. Infelizmente, ainda prevalece a concepção errônea de que a instalação de equipamentos e procedimentos de prevenção de acidentes representa um custo adicional para a organização. Olvidam que quando o pior acontece, o custo é infinitamente maior do que aquele que seria exigido na adoção de medidas preventivas. A utilização de todos os equipamentos e procedimentos de segurança, solicitado para postos de classe 3¹, gera um acréscimo de aproximadamente 30% sobre o custo de uma instalação de um posto classe 1¹ com o mesmo porte. Se considerarmos que o investimento em equipamentos para um posto classe 1, de porte médio ($\pm 100 \text{ m}^3 / \text{mês}$), oscila em torno de US\$ 42.000,00, conclui-se que o montante investido em segurança é da ordem de US\$ 12.600,00 (cálculos fornecidos pela Texaco em 10/01/2001).

¹ Classificação para postos de abastecimento de combustíveis estabelecida pela NBR 13.786/97 da Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT

Segundo Sellers (1999), a remediação de solos contaminados com substâncias orgânicas tem custo elevado. P. ex., o custo da remediação do solo contaminado com vazamento de solvente (Tetracloroetileno) em uma área de 4.000 m² ocupada pela empresa Thomas Solvent Raymond Road, na cidade de Battle Creek no Estado de Michigan-U.S., foi de US\$ 1.645.281,00. Esta remediação teve um custo unitário aproximado de US\$ 81,00 por metro cúbico de solo tratado, ou US\$ 65,00 por litro de contaminante retirado (Sellers, 1999). No Brasil, em especial na Amazônia, devido a carência de equipamentos e pessoal especializado para esse tipo de trabalho, é provável que uma remediação deste porte tivesse um custo bem mais elevado.

A principal contaminação ambiental gerada pelos combustíveis líquidos nos postos de abastecimento e em áreas de estocagem dá-se por infiltração dos produtos no subsolo, atingindo os aquíferos mais superficiais inicialmente. Em condições especiais, podem atingir mesmo os aquíferos mais profundos. Tais ocorrências são geralmente agravadas pelas águas servidas e pluviais que acabam também por se infiltrar através do piso do próprio posto, e, com o tempo são capazes de dispersar os contaminantes por grandes áreas.

No Estado do Pará, mais especificamente na região metropolitana de Belém e em particular nas áreas de cotas mais baixas, onde predominam rochas sedimentares e sedimentos inconsolidados, existe ainda um agravante, que é o nível freático relativamente raso. Este é diretamente influenciado pelo elevado índice pluviométrico que praticamente obriga os postos de combustíveis a promoverem o ancoramento dos tanques de combustíveis

No caso de postos mais antigos, adiciona-se ainda o grave problema relacionado com a corrosão dos tanques e tubulações, o que reduz a vida útil dos mesmos. Nos últimos anos torna-se cada vez mais comum a veiculação nos principais meios de comunicação do estado sobre a ocorrência de vazamentos de combustíveis. A contaminação ambiental ocorre nos postos de gasolina quase que naturalmente, através da sua rotina de operação.

2 – OBJETIVOS.

A Amazônia é uma região de excepcional dimensão geográfica, detentora de centenas de parques de estocagem de combustíveis, na qual uma metodologia extensiva de investigação posto a posto da presença de contaminação ambiental gerada por hidrocarbonetos, conquanto fornecesse resultados absolutamente precisos para os estabelecimentos existentes demandariam prazos relativamente longos e altos custos.

O objetivo deste trabalho é, portanto, a partir dos métodos de avaliação de risco de contaminação ambiental existentes no Canadá, EUA, Alemanha e Brasil, adaptar aquele que melhor se adeque a avaliação dos riscos de contaminação em áreas de estocagem de combustíveis, considerando a nossa realidade regional.

Após a escolha do método mais adequado, será realizado um teste em 20 postos de combustível, no intuito de verificar a funcionalidade do método escolhido.

3 – BELÉM E O RISCO DE CONTAMINAÇÃO DE SOLOS E AQÜÍFEROS POR HIDROCARBONETOS.

A cadeia de probabilidade de riscos inicia-se no local e nos dispositivos de recebimento de produtos a granel, passando pelas tubulações, tanques de armazenagem e bombas de abastecimento, além é claro, de outros componentes do sistema que os contém, notadamente os pisos, as canaletas de drenagem e os dispositivos de contenção de produtos derramados e vazados.

Os desdobramentos são evidentes, embora variáveis, já que os postos de abastecimentos têm portes e localização geográfica diferentes e conseqüentemente oferecem riscos diferenciados.

Se não é possível a completa eliminação dessas ocorrências, deve-se minimiza-las, investigando a cadeia de concepção e projeto, a construção, a montagem e a operação dos postos de abastecimento e, de forma mais competente, elaborar sistemas de monitoramento capazes de detectar, controlar e possibilitar uma ação eficaz no caso de vazamentos.

O sistema de controle de perdas de combustíveis atualmente em uso nos postos revendedores e pátios de estocagem/abastecimento de grandes consumidores no Brasil é absolutamente inócuo, no tocante a proteção do meio ambiente, uma vez que considera normal uma perda de 0,6% do volume de combustível armazenado pela empresa durante o mês. Se considerarmos que a região metropolitana de Belém, através de seus 118 postos revendedores e centenas de grandes consumidores, movimenta em cada mês um volume de aproximadamente cinquenta milhões de litros de óleo diesel e quinze milhões de litros de gasolina, concluiremos que até trezentos mil litros de óleo diesel e noventa mil litros de gasolina podem sair mensalmente do sistema de armazenagem, sem indicar a existência de vazamentos.

A aceitação de perdas em volume acima demonstrado, associado ao fato de possuímos em Belém mais de 350 tanques de combustível com idade superior a 15 anos (SECTAM, 1998), demonstra de maneira clara e inequívoca a necessidade de desenvolver e implantar, de forma urgente, sistemas de avaliação de risco que viabilizem a proteção ambiental.

A questão clássica a ser apresentada aqui é a relação entre custos e benefícios, que se obteria a partir de sistemas mais adequados a realidade amazônica. Os melhores sistemas de prevenção, detecção e monitoramento de derrames e vazamentos são obtidos quando se busca

não somente a eliminação de perdas, mas também numa avaliação do risco potencial de acidentes, que é imprescindível para a proteção do meio ambiente.

Observando-se a curva de instalação de postos de abastecimento em Belém ao longo dos anos, e, considerando-se a vida média esperada dos tanques de armazenagem dos postos; conclui-se que são reais as possibilidades de ocorrência de uma multiplicidade de situações, que certamente darão causa a fortes pressões da sociedade civil e organizações ambientalistas não governamentais. Esta situação pode, no limite criar sérias restrições a atividade econômica. Dessa forma, é imprescindível a realização de estudos e projetos objetivando responder a questão formulada, dentro de pressupostos de economicidade que viabilizem sua execução bem como preservem a atividade de distribuição de combustíveis ao público, atendidas a proteção ambiental e a segurança contra acidentes.

4 – SOLOS NA REGIÃO METROPOLITANA DE BELÉM.

A Região Metropolitana de Belém (RMB) apresenta 5 classes de declividade (0-1%, 1-2%, 2-5%, 5-10% e 10-15%) com mais de 90% de sua área com declividade entre 0 e 2%, ou seja, o relevo é essencialmente plano. A RMB é caracterizada pela ocorrência de sedimentos Quaternários e Terciários, com os limites das unidades geológicas (Formação Pirabas, Sedimentos Barreiras e Pós-Barreiras e Sedimentos Recentes) coincidindo perfeitamente com os limites das unidades de materiais inconsolidados, constituídas em sua quase totalidade por solos transportados (Costa, 2001).

Os solos existentes na região metropolitana da cidade de Belém são solos predominantemente lateríticos, denominados **oxissolos**, na classificação americana, **ferralítico** na classificação francesa, **latossolo**, na classificação brasileira e **ferralsolos**, na classificação da FAO. Representam um tipo de solo desenvolvido nas regiões mais quentes do planeta, tipo subtropical, tropical e equatorial, localizadas geograficamente entre os paralelos 30° N e 30° S., que em seu conjunto constituem 65% da área total do Brasil (regiões amazônica, central e sudeste), e cerca de 30% das áreas emersas do globo.

Suas características principais são a grande espessura, horizontes mal definidos com coloração variando do vermelho-amarelo ao vermelho, em função da abundância de sesquióxidos de ferro em sua composição.

Estes solos são ecologicamente frágeis, bastante evoluídos em função do tempo de formação e do fato de não terem sofrido ações das glaciações quaternárias, apresentam boa drenagem apesar de serem muitas vezes argilosos. São quimicamente empobrecidos pelo contexto bioclimático tropical (elevado índice de pluviosidade e umidade) que favorece a ação intempérica, provoca rápida degradação da matéria orgânica depositada sobre o mesmo e gera intensa lixiviação dos elementos móveis e semi-móveis (alcalinos e alcalinos-terrosos). (Melfi *et al.*, 1997).

5 – POLUIÇÃO DE SOLOS POR HIDROCARBONETOS.

Os principais contaminantes oriundos de postos de armazenagem de combustíveis são os derivados de petróleo (gasolina, óleo diesel e óleos lubrificantes) e o álcool.

5.1 - DERIVADOS DE PETRÓLEO

Os derivados de petróleo formam um grupo de poluentes que podem ser extremamente tóxicos, como por exemplo o benzeno. Em geral estes produtos apresentam baixa solubilidade em água sendo a maioria deles apolares (a solubilidade em água dos derivados de petróleo é diretamente proporcional a presença de hidrocarbonetos polares).

O petróleo bruto é uma mistura de milhares de compostos de carbono e hidrogênio, chamados **hidrocarbonetos**, variando desde gases leves de estrutura química simples, até líquidos ou sólidos de estrutura química complexa.

Os hidrocarbonetos são formados por uma mistura de várias estruturas carbônicas (N-Parafinas abrangendo de C_{11} a C_{32} ; Iso-Parafinas, incluindo as Cicloparafinas de 1 a 6 anéis; Benzeno; Tolueno; Aromáticos de C_8 a C_{11} ; etc.)

Os hidrocarbonetos aromáticos, também chamados de BTEX (benzeno, tolueno, etilbenzeno e xileno) não formam concentrações abundantes na maioria dos óleos brutos. Eles são produzidos durante o processo de destilação e são associados aos produtos de petróleo refinados, como a gasolina, o querosene e o óleo diesel (Robbins *et al.*, 1993).

Em sua forma original, assim como é extraído da terra, o petróleo pode conter quantidades variáveis de compostos de enxofre, oxigênio, nitrogênio, cloro, vanádio, sódio, etc., muito embora as quantidades dos constituintes principais se mantenham relativamente fixas, variando a percentagem de carbono, em geral, de 83% a 87%, e a do hidrogênio, de 11% a 14% (SHELL BRASIL, 1982).

A proporção dos vários grupos de hidrocarbonetos e a composição de cada grupo é determinada tanto pela origem do óleo (cru) como pelo procedimento de destilação, visto que os derivados de petróleo não são compostos homogêneos, mas uma mistura de hidrocarbonetos com propriedades físicas e químicas distintas.

Os hidrocarbonetos apresentam uma grande variação de suas características de volatilidade e solubilidade, quando infiltrados nos solos e subsolo, saturados ou não por água. Ao

infiltrarem-se nos solos, tais produtos apresentam-se de maneiras distintas, nos seus estados líquido, líquido-gasoso e gasoso. O comportamento de cada uma dessas fases difere em função do tipo de estrutura geológica e das rochas subjacentes (Yaron, 1989).

Segundo Yaron *et al.* (1996), seu comportamento em meios porosos (transporte, volatilização, dissolução, adsorção, etc.) é controlado, não pelo comportamento ideal de cada hidrocarboneto componente do produto, mas pelas propriedades da mistura. Dentre as principais variáveis, destacamos:

a) Pressão de Vapor.

A pressão de vapor é uma das características dos hidrocarbonetos, que relaciona inversamente o número de carbono e o peso molecular. Ela é utilizada na avaliação da tendência de um composto presente na fase adsorvida ou aquosa sofrer volatilização. Ela é diretamente proporcional a volatilização, ou seja, quanto maior a pressão de vapor específica mais volátil é a substância.

b) Densidade.

É uma propriedade física que é definida pela estrutura molecular, pelo peso atômico e pelas interações entre as substâncias. É o produto do peso pelo inverso do volume ocupado e seu resultado está sempre relacionado com a água. A densidade de uma substância indica se ela irá flutuar sobre a água (densidade $< 1 \text{ mg/l}$) ou não (densidade $> 1 \text{ mg/l}$).

c) Coeficiente de Partição Octanol:Água.

Indica a tendência de uma substância orgânica ser dissolvida em água ou em solventes orgânicos. Quanto maior a tendência do produto em ser dissolvido em solventes orgânicos maior será o valor do seu coeficiente.

d) Solubilidade.

É a propriedade que estabelece a quantidade de produto que pode sofrer partição na fase aquosa e desta forma ser transportado em solução. Para os compostos orgânicos, a solubilidade é função da fração molar de cada componente do produto. A solubilidade dos compostos orgânicos diminui com o aumento do peso molecular (Dahmani *et al.*, 1993). Nos derivados de petróleo, a

parte solúvel é representada pelos compostos aromáticos BTEX (benzeno, tolueno, etil-benzeno e xilenos).

A presença de outros compostos orgânicos (p.e. álcool) misturados aos combustíveis derivados de petróleo pode afetar a solubilidade total do produto em estudo (Fernandes & Corseuil, 1996).

e) Tensão Interfacial.

É a força de tração que existe na interface de separação de dois líquidos imiscíveis. Esta força surge devido a mútua atração entre as moléculas na vizinhança da interface. Também pode ser considerada como uma mútua repulsão das moléculas de lados opostos da interface (Kuper *et al.*, 1988, *apud* Sellers, 1999).

f) Viscosidade.

É a medida da resistência ao fluxo de um fluido. Quanto mais viscoso for o produto mais lentamente ele se deslocará em subsuperfície.

g) Ponto de Ebulição.

Os óleos com pontos de ebulição elevados são menos voláteis durante o fracionamento do petróleo.

h) Taxa de Evaporação Específica.

A taxa de evaporação específica do hidrocarboneto é função da pressão de vapor, a qual relaciona inversamente o número de carbono e o peso molecular. As frações com maior peso molecular podem ficar evaporando por longos períodos de tempo, entretanto, esta taxa é insignificante após 100 horas de exposição do produto (Yaron, 1989).

Deve-se destacar que em função de cada derivado de petróleo ser uma mistura de hidrocarbonetos com diferentes pressões de vapor, a sua taxa de evaporação vai se auto reduzindo na medida em que as frações mais leves se evaporam. A perda dos hidrocarbonetos mais voláteis irá gerar um aumento na densidade e na viscosidade cinemática do produto remanescente, o que dificultará o deslocamento de sua pluma ao longo do solo (Rostad, 1976).

5.1.1 - Comportamento dos derivados de petróleo em meio poroso.

O comportamento dos derivados de petróleo no solo é influenciado tanto pelas suas características físico-químicas quanto pelo tipo de material sólido que compõem o solo. Em outras palavras podemos afirmar que os aspectos de deslocamento destes contaminantes, bem como sua interação com as partículas do solo, minerais ou orgânicas, estão diretamente relacionados ao tipo de produto e as características do meio físico.

Em um meio poroso como o solo, os hidrocarbonetos podem apresentar-se em duas fases distintas:

a) Fase Gasosa.

Na forma gasosa os hidrocarbonetos (HC's) se movem por difusão molecular. Isso ocorre, inicialmente através da zona não saturada (vadosa), encaminhando-se para a camada superficial do solo, onde, dependendo das condições físico-químicas, podem retornar para a fase líquida, ou ascender à atmosfera. Os processos de volatilização, transporte e liquefação, provocam um deslocamento desses contaminantes por áreas muito extensas.

b) Fase Líquida.

Na forma líquida o deslocamento dos HC's pode se dar como **fluxo aquoso** ou **fluxo não aquoso**. O fluxo aquoso ocorre quando os contaminantes se encontram dissolvidos na fase aquosa do solo e a água é o meio de transporte. Quando os produtos não são solúveis em água (caso da maioria dos hidrocarbonetos), eles permanecem no solo como uma fase líquida separada, denominada fase líquida não aquosa (NAPL).

O fluxo da fase líquida não aquosa (NAPL) é controlado por fatores diferentes daqueles que controlam o fluxo aquoso. Os NAPLs tendem a permanecer em sub-superfície e podem contaminar um grande volume de água.

A fase líquida não aquosa pode ser subdividida em outras duas fases: fase líquida não aquosa densa (DNAPL) e fase líquida não aquosa leve (LNAPL), cujos deslocamentos em subsuperfície tem comportamentos diferenciados:

• **Fase líquida não aquosa densa (DNAPL).**

É a fase líquida não aquosa composta por produtos químicos com densidade maior que a da água (1 g/ml). A classe dos compostos halogenados voláteis, semivoláteis e também dos não halogenados semivoláteis formam a maioria dos DNAPLs e são encontrados principalmente nos solventes orgânicos.

• **Fase líquida não aquosa leve (LNAPL).**

É a fase líquida não aquosa composta por produtos cuja densidade é menor que a da água (1 g/ml). A acetona, o benzeno, o óleo diesel, a gasolina e o querosene, são exemplos de LNAPLs. A tabela 1 destaca os LNAPLs mais comumente encontrados no solo, com suas respectivas densidades, solubilidades em água e limite de concentração em água potável.

Tabela 1 – Densidade, solubilidade e concentração de alguns LNAPLs.

Composto	Densidade (g/ml)	Solubilidade (mg/l, água à 20 °C)	Limite de Concentração em água potável (µg/l)
Benzeno	0,88	1780	zero
Etil benzeno	0,87	152	700
Tolueno	0,87	515	1.000
Xileno	0,87	nd	10.000
Metil etil cetona	0,81	353 (a 10 °C)	nd
Cloreto de vinila	0,91	1,1 (a 25 °C)	20

Legenda: nd = não disponível. Fonte: Fetter (1993, 1994).

Três forças controlam a migração do NAPL em sub-superfície, são elas: a gravidade, a força capilar e a força viscosa. A força capilar ou tensão superficial segura os fluidos nos poros do solo e pode resistir à penetração do NAPL nos poros que estiverem preenchidos com água. Podem ainda ofertar resistência a penetração da água nos poros do solo preenchidos com NAPL. A força viscosa é a resistência ao deslocamento de um líquido. Esta força depende de três características (citadas anteriormente) do NAPL: a) densidade, b) viscosidade, c) tensão interfacial entre a água e o NAPL.

Em caso de derrames de combustíveis em superfície, o contaminante infiltrará primeiramente através da zona não saturada e posteriormente a zona saturada.

Na zona não saturada, contaminada com NAPL é possível ser encontrado no solo até 4 fases distintas, são elas: a) sólidos, b) ar, c) NAPL e d) água (Figura 2a). Na zona saturada só é possível encontrar três fases, são elas: a) sólidos, b) água e c) NAPL. Isso se deve ao fato de que a água expulsou o ar contido nos poros do solo (Figura 2b).

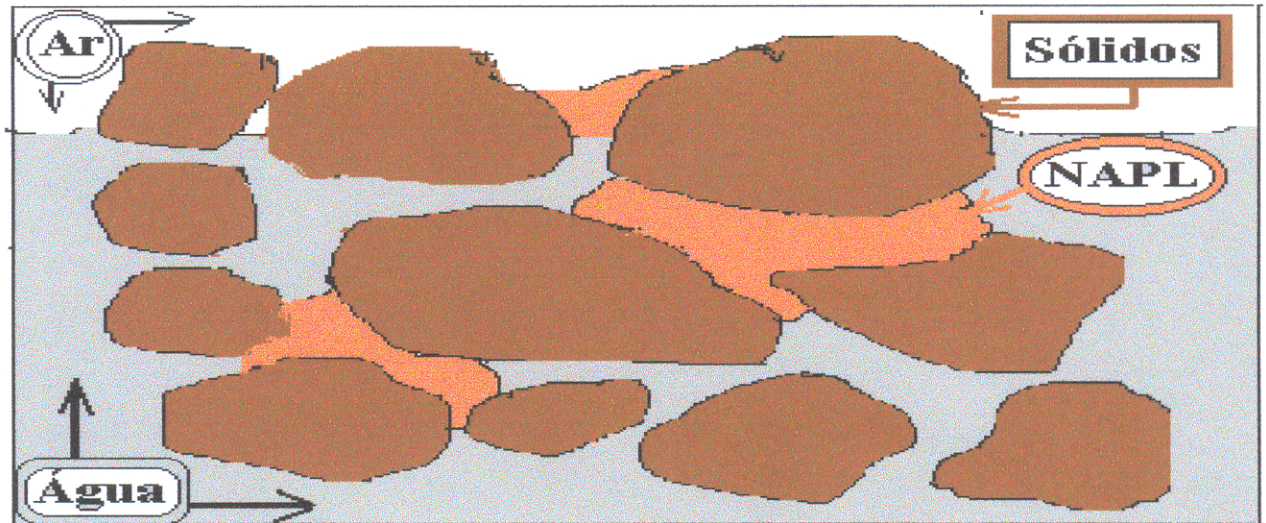


Figura 2a – Diagrama esquemático (sem escala) mostrando o sistema de fases ocorrentes na zona saturada e não saturada com presença de NAPL.

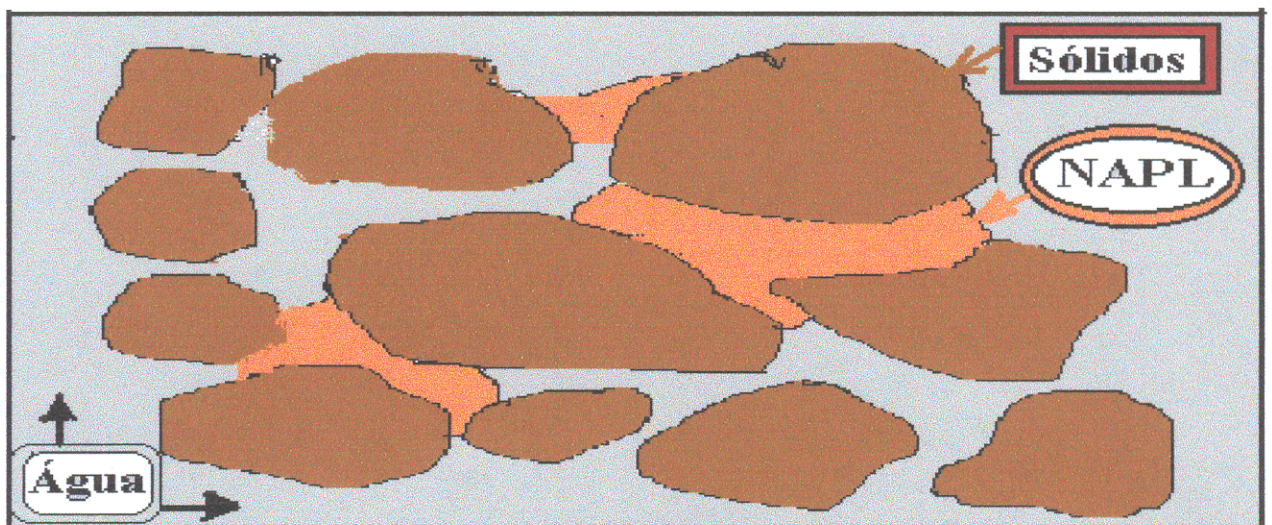


Figura 2b – Diagrama esquemático (sem escala) mostrando o sistema de fases ocorrentes na zona saturada sem presença de Ar.

Na zona saturada, os hidrocarbonetos podem estar presentes em 4 formas diferentes: 1) forma gasosa - contaminantes presentes na fase vapor; 2) forma aquosa - parte dos contaminantes que está dissolvido na água; 3) forma de NAPL - parte imiscível do contaminante que forma uma fase líquida não aquosa; 4) forma sólida - representada pelos contaminantes adsorvidos na superfície dos sólidos do solo.

As partículas sólidas do solo tendem a atrair os fluidos existentes em sua proximidade, com maior ou menor grau, dependendo de sua afinidade com o fluido. Esta característica do solo, denominada grau de molhabilidade, representa a atração relativa de vários fluidos (água, ar ou NAPLs) com as partículas sólidas do solo. O fluido adsorvido que recobre o grão do solo, forma uma película ao redor dele, sendo chamado de fluido molhante. Os outros fluidos presentes são denominados fluidos não molhantes.

Os fluidos molhantes tendem a ocupar os pequenos poros existentes nos grãos do solo (micro-poros, intragrãos), enquanto que os fluidos não molhantes ocupam os macro-poros intergranulares (Hasan, 1996).

Abaixo, serão apresentados os graus de molhabilidade relativa dos principais fluidos encontrados em solução com a água (Albertsen *et al.*, 1986 *apud* Hasan, 1996):

- 1 – Sistema trifásico compreendendo sólidos inorgânicos (minerais), água e ar - a água é o fluido molhante.
- 2 – Sistema trifásico compreendendo sólidos inorgânicos (minerais), água e óleo - a água é o fluido molhante.
- 3 – Sistema trifásico compreendendo sólidos inorgânicos (minerais), óleo e ar - o óleo é o fluido molhante.
- 4 – Sistema quadrifásico compreendendo sólidos inorgânicos (minerais), água, óleo e ar - a água é o fluido molhante.
- 5 – Sistema trifásico compreendendo sólidos orgânicos (humus e turfa), água e ar - a água é o fluido molhante.
- 6 - Sistema trifásico compreendendo sólidos orgânicos (humus e turfa), óleo e ar - o óleo é o fluido molhante.
- 7 - Sistema trifásico compreendendo sólidos orgânicos (humus e turfa), óleo e água - o óleo é o fluido molhante.

8 - Sistema quadrifásico compreendendo sólidos orgânicos (humus e turfa), água, óleo e ar - o óleo é o fluido molhante.

Classificando o grau de molhabilidade relativa dos solos em ordem decrescente de suas afinidades com os fluidos existentes, pode-se dizer que em solos inorgânicos \Rightarrow água > óleo > ar , e em solos orgânicos \Rightarrow óleo > água > ar.

Na zona não saturada dos solos, o NAPL tende a se comportar como um fluido molhante, espalhando-se pelos poros adjacentes e reduzindo dessa forma a sua concentração residual. Verifica-se também um aumento na quantidade de fluido adsorvido pelo solo (Ferreira & Zuquette, 1998).

Na zona saturada dos solos inorgânicos o NAPL se comporta como um fluido não molhante. Dependendo do seu grau de saturação, pode ser retido no centro dos poros, e nesse caso tem-se uma situação de saturação insular (Figura 3).

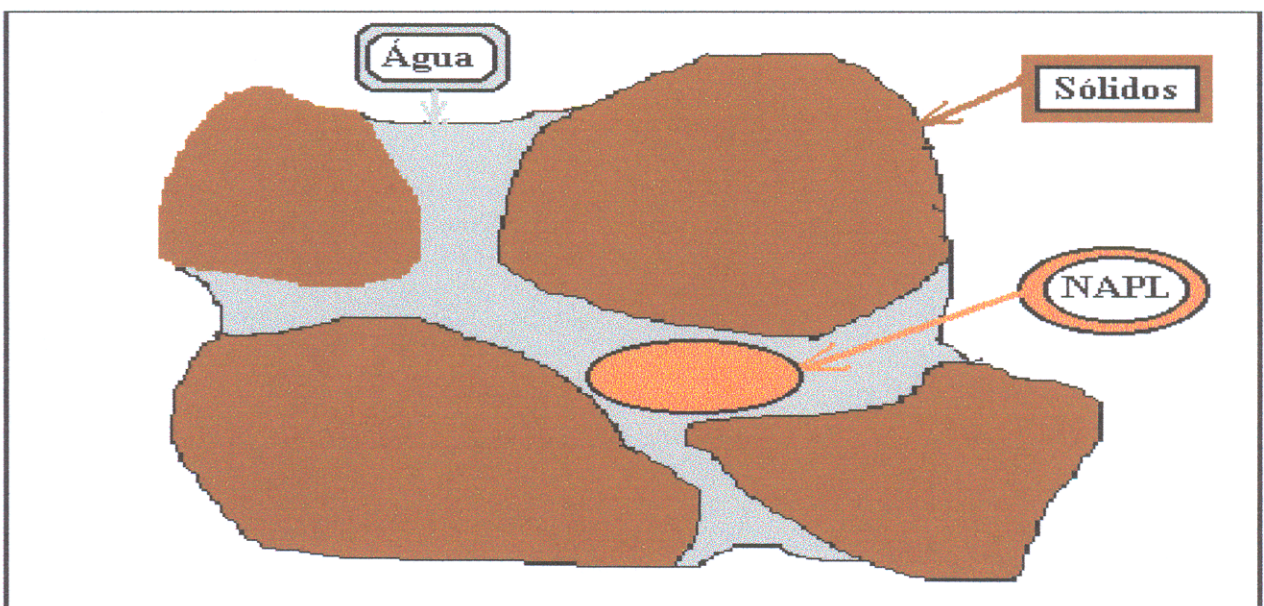


Figura 3 – Diagrama esquemático (sem escala) mostrando a saturação residual do tipo insular. (Fonte:USEPA, 1991).

Saturação Residual.

A saturação residual é definida matematicamente como o resultado percentual da divisão do número de poros ocupados pelo fluido líquido (NAPLs ou água) pelo número total de poros da área em estudo, expresso pela fórmula:

$$S_i = (V_h / V_t) \times 100,$$

Onde S_1 = Saturação residual; V_h = Volume de poros ocupados pelo fluido líquido e V_t = Volume total de poros.

Em uma situação de contaminação de água subsuperficial, a saturação residual é também descrita como o grau de saturação no qual o NAPL torna-se descontínuo e é imobilizado por forças de capilaridade (Mercer & Cohen, 1990).

Segundo Schwille (1988) *apud* Ferreira & Zuquette (1998), em um solo saturado com dois fluidos, por exemplo: a água e NAPL, os graus de saturação residual para a água e para o NAPL, são respectivamente 10% e 20%. Isto significa que para um grau de saturação de 10% de água, existe apenas o fluxo de NAPL (a água fica imobilizada). Em caso de saturação de 20% de NAPL, a água será o fluido móvel e o NAPL ficará imobilizado. Entre estes limites ocorrem os dois fluxos.

Outras propriedades do solo também afetam a migração do NAPL, entre elas podemos citar: a heterogeneidade, a permeabilidade, a geometria e tamanho dos poros.

A adição de outros produtos aos combustíveis derivados de petróleo, pode modificar o processo de migração da mistura. Um bom exemplo disso é a gasolina comercializada no Brasil. Esse produto, por ter adicionado em sua composição 20% de etanol, possui um comportamento diferenciado no tocante ao deslocamento da pluma contaminante na zona saturada, diferentemente do observado em países que utilizam gasolina pura.

A gasolina, apesar de ser muito pouco hidrossolúvel quando em contato com a água subterrânea, tem uma pequena fração solubilizada. Essa fração é representada pelos hidrocarbonetos monoaromáticos (benzeno, tolueno, etilbenzeno e xileno nas suas formas orto, meta e para), também chamados de BTEX. Estes contaminantes, que são considerados substâncias perigosas por serem depressantes do sistema nervoso central e causadores de leucemia em exposições crônicas, são os primeiros a atingir o lençol freático. Entre todos os BTEX, o benzeno é considerado o mais tóxico. A concentração máxima do benzeno permitida pelo Ministério da Saúde em água potável é de 10 $\mu\text{g/l}$.

Segundo Corseuil & Martins (1997), o etanol por ser completamente solúvel em água, deverá ter uma concentração nas águas subterrâneas maior que a dos compostos BTEX com uma mistura de etanol e gasolina. Como compostos altamente solúveis têm um menor potencial de sorção, o etanol terá uma mobilidade maior que os compostos BTEX na água subterrânea.

O etanol, quando presente em altas concentrações, pode diminuir o retardo no deslocamento dos BTEX na água subterrânea. O etanol pode também ser biodegradado em preferência aos BTEX e consumir todo o oxigênio necessário para a degradação dos hidrocarbonetos monoaromáticos. Deve-se ressaltar ainda, que o etanol pode ser tóxico ou inibitório para os microorganismos degradadores de BTEX (Corseuil & Martins, 1997).

Em um aquífero experimental, em Borden (Canadá), foi avaliado o comportamento dos BTEX em uma área com a presença de metanol e em outra sem este composto. Após 500 dias do início dos testes, verificou-se que a pluma contendo BTEX estava muito maior na área onde foi aplicado o metanol do que na área sem sua adição (Barker *et al.*, 1992 *apud* Corseuil & Martins, 1997).

Em caso de vazamentos ou derrames no solo, o etanol presente na gasolina automotiva brasileira aumenta o risco de contaminação, em função de retardar o processo de degradação e alterar o comportamento dos compostos BTEX. (Cordazzo *et al.*, 2000)

6 - MÉTODOS DE AVALIAÇÃO DE RISCOS.

A terra é um planeta em constante evolução física em sua litosfera, resultante do embate de forças da natureza às quais geram processos de dinâmica externa que tendem a nivelar a superfície do planeta através de fenômenos de erosão e sedimentação. A dinâmica interna é responsável pela formação de cadeias vulcânicas, cadeias orogênicas e fossas tectônicas. É, portanto, responsável pela criação de novas paisagens no relevo terrestre.

Atualmente esta evolução vem sendo fortemente influenciada pela ação antropogênica, que de forma geralmente desordenada é responsável por grandes mutações no meio ambiente.

Os processos geodinâmicos (externo e interno) que ocorrem em áreas ocupadas pelo homem, têm causado graves acidentes geológicos com grandes prejuízos financeiros, inclusive com perda de vidas humanas.

A ocorrência de uma atividade geológica, dependendo de sua intensidade e localização, pode gerar perdas e danos ao homem. Neste caso ela é denominada “acidente”. Caso não haja prejuízos, ela é classificada como “evento” (Cerri & Amaral, 1998).

A possibilidade de ocorrer um determinado fenômeno geológico em uma área é definida como **suscetibilidade**. Se este fenômeno vier acompanhado da possibilidade de perdas e danos ao homem, passa a ser denominado de **risco** (Cerri & Amaral, 1998).

O risco é definido com uma situação de perigo, perda ou dano, ao homem e as suas propriedades, em razão da possibilidade de ocorrência de fenômeno geológico, induzido ou não (Cerri, 1993).

Rahn (1986), estabeleceu as diferenças entre Evento, Risco e Acidente. Um **evento natural** é simplesmente uma ocorrência natural; um **risco**, geológico ou de outra natureza, é o perigo potencial para a vida do homem e para suas propriedades; um **acidente** ocorre quando o acontecimento se efetiva gerando danos. O mesmo autor declara que "...os fenômenos naturais não são riscos..., eles tornam-se riscos por causa do homem, de sua ignorância ou negligência". Tanaka (1981) apud Rahn (1986) mostra com bastante clareza as diferenças entre evento, risco e acidente. Em seu trabalho o seguinte exemplo é citado: “Um terremoto numa área não ocupada é um **evento sísmico**; quando o homem constrói nesta área, ele cria um **risco sísmico**; quando um novo terremoto acontece e as construções são destruídas e pessoas são mortas, ocorre um **acidente sísmico**”

O risco ambiental foi classificado por Cerri (1993) como “a classe maior de riscos”. A essa classe estão associados as situações potenciais de perdas e danos ao homem, tanto em relação aos meios naturais e antrópicos, quanto em relação as atividades modificadoras do ambiente.

Segundo o autor supracitado, os riscos ambientais podem ser divididos em três classes:

- a) **Riscos Naturais:** são aqueles relativos ao meio ambiente e associado aos processos que fazem parte da dinâmica natural (interna e externa) do planeta. Embora estes processos ocorram independentemente do homem, podem ser induzidos e intensificados por suas atividades. Como exemplos de acidentes naturais, tem-se: terremotos, atividades vulcânicas, escorregamentos, enchentes, secas, furacões, pragas de gafanhoto, incêndios naturais (“fogo selvagem”) etc.;
- b) **Riscos Sociais:** são aqueles relativos ao meio ambiente antrópico (ou sócio-econômico) e associados a circunstâncias que envolvam diretamente as atividades econômicas e as relações sociais do homem. Como exemplos de acidentes sociais, tem-se: guerras, conflitos, seqüestros, atentados, assaltos, roubos, etc.;
- c) **Riscos Tecnológicos:** são aqueles relativos as atividades modificadoras do meio ambiente e associados aos processos produtivos, opções e concepções técnicas. Como exemplos de acidentes tecnológicos, temos: acidentes industriais ou comerciais, tais como, vazamento de produtos químicos, radioativos, tóxicos, quedas de aeronaves, acidentes automobilísticos, acidentes devido a problemas construtivos em obras de engenharia, etc.;

As atividades geológicas são ocorrências naturais da dinâmica terrestre e independem da presença ou ausência do homem. No entanto, a intensificação da atividade humana sobre a crosta do planeta através do uso e ocupação do solo sem a devida adequação as condições ambientais vem induzindo, acelerando e potencializando estes fenômenos .

Nas últimas décadas a humanidade começou a perceber que o acelerado avanço tecnológico, apresentado após a revolução industrial, tinha um preço elevado a ser pago em função do absoluto descaso que o homem teve para com a natureza.

O desenvolvimento industrial e urbano, através do desmatamento e da pavimentação dos solos, tem originado em todo o mundo uma modificação no regime de escoamento, infiltração e evapotranspiração das águas das chuvas, o que proporciona uma aceleração nos processos erosivos do solo, além da diminuição das recargas dos aquíferos. O aumento crescente da emissão de poluentes é responsável por danos a saúde, redução da produção agrícola, danos nas florestas, degradação de construções e obras de arte.

Ao observar que a qualidade de vida vinha diminuindo em algumas regiões do planeta, a despeito do avanço tecnológico apresentado, percebeu-se a necessidade de recuperar os danos causados ao meio ambiente como forma de preservar a qualidade de vida.

Em resposta aos anseios da sociedade, a comunidade científica passou a gerar tecnologias dirigidas a preservação e proteção da integridade dos recursos ambientais do planeta.

Estas tecnologias enfocam duas linhas fundamentais de trabalho:

Ação corretiva – Visa primordialmente a identificação e recuperação dos locais contaminados ou degradados.

Ação preventiva – Objetiva deslocar as atividades antrópicas contaminantes ou potencialmente contaminadoras para locais apropriados, de forma a minimizar a agressão a natureza, bem como gerar tecnologias de contenção/prevenção de contaminação ambiental.

A avaliação de risco, interliga estas duas linhas fundamentais de trabalho, uma vez que atua na identificação de áreas potencialmente problemáticas e pode servir de subsídio para uma melhor alocação das atividades humanas. Por ser uma metodologia que apresenta excelente relação custo/benefício, principalmente na área de preservação ambiental, ela vem sendo objeto de pesquisas em vários países, nos quais a conservação e/ou recuperação da qualidade dos recursos ambientais passou a ser prioridade. Entre esses países destacam-se os Estados Unidos, o Canadá, o Brasil e a Alemanha, cujos trabalhos desenvolvidos nesta área serviram de referência na determinação do método de avaliação de risco a ser adequado para determinar os riscos de contaminação ambiental provocado por hidrocarbonetos, oriundos de postos de abastecimento de combustíveis, objeto do presente trabalho. Um resumo dos principais trabalhos desenvolvidos por essas nações, principalmente no segmento da avaliação de riscos de contaminação ambiental é apresentado a seguir:

ESTADOS UNIDOS.

Em um trabalho denominado “System for Evaluating the Contamination Potential of Some Wastes”, Le Grand (1964), propôs uma metodologia que avaliava de forma distinta a vulnerabilidade natural do recurso ambiental (aspectos litológicos, espessuras da zona saturada e não saturada em aquíferos) e a concentração de contaminantes (sólidos totais dissolvidos).

Com o objetivo de identificar e selecionar áreas para disposição de resíduos químicos, Hagerty *et al.* (1973), desenvolveram o método “Site Ranking System”. Esse método determina o potencial de risco de contaminação ambiental e os prejuízos a saúde humana, através de análises dos níveis toxicológicos das substâncias e dos aspectos físicos do recurso ambiental (capacidade de absorção, adsorção, permeabilidade e condutividade hidráulica do solo, hidrodinâmica do aquífero, etc.).

O governo federal norte-americano, com o intuito de avaliar e viabilizar a preservação dos níveis de qualidade dos recursos ambientais (ar, solo, águas subterrâneas e superficiais) têm promulgado diversas legislações ambientais, entre as quais destacamos:

- **Comprehensive Environmental Response, Compensation and Liability Act (1989)** – Estabelece os níveis de responsabilidades e compensações por agressões ambientais (United States of America, 2000).
- **Resource Conservation and Recovery Act (RCRA)**: Propõe níveis de ação para a regulamentação de ações corretivas. Também estabelece os níveis máximos de concentrações de contaminantes em solo e águas subterrâneas abaixo dos quais não há risco significativo à saúde humana (United States of America, 2000).
- **Safe Drinking Water Act (SDWA)**: Estabelece os limites máximos de concentração de contaminantes em água potável (United States of America, 2000).
- **Superfund Amendments Reauthorization Act (SARA)**: Programa de Gerenciamento e Financiamento de Áreas Contaminadas, que estabelece os níveis de avaliação em solos (United States of America, 2000).

Após constatar que no processo de avaliação e identificação de uma área contaminada, bem como a escolha de tecnologia adequada para remediação desta área, decorriam em média três anos, pois cada local era tratado como um problema único, que requeria uma avaliação de risco própria, com definições de tecnologias e níveis de remediação específica para cada caso, a Agência de Proteção Ambiental Americana (U.S. Environmental Protection Agency–USEPA), formulou em 1992 um sistema de classificação de áreas de acordo com o risco de contaminação, denominado “The Hazard Ranking System–HRS”, o qual possibilitou uma classificação das áreas com maior risco de contaminação nos Estados Unidos, permitindo a formulação de uma lista nacional de áreas prioritárias chamada “National Priorities List–NPL” (Hassuda, 1997).

O HRS é uma metodologia complexa que avalia o risco de contaminação de uma área a partir do potencial contaminante das substâncias presentes, da probabilidade de liberação destas substâncias para o recurso ambiental e do deslocamento desta substância no recurso ambiental através de quatro caminhos preferenciais de contaminação–Pathways (migração pelo ar, migração pelo solo, migração pela água superficial e migração pela água subterrânea), e o grau de importância do receptor (bem a proteger).

O sistema criado pela USEPA é mais complexo que o da Alemanha e do Canadá, e prima por exigir um aporte de informações bem mais detalhadas que os demais.

CANADÁ.

Similar ao acontecido na Alemanha, o processo canadense de controle da qualidade ambiental iniciou-se pelos estados (Províncias) e estabeleceu limites numéricos para a concentração de contaminantes no meio ambiente, os quais permitiam elaborar uma avaliação do grau de contaminação de uma área (Siegrist, 1989).

As primeiras metodologias desenvolvidas nas províncias, pelos pesquisadores canadenses, foram: 1 – Província de Alberta (1984) – Limites de concentrações de metais em solos ácidos, baseados em sua bioacumulação e na fitotoxicidade; 2 – Província de Ontário (1984) – Limites de concentrações de elementos químicos, diferenciados pela ocupação e uso do solo como áreas agrícolas, residenciais, e industriais/comerciais. Estes limites definem os valores de concentrações, acima dos quais existem riscos para a saúde pública e/ou o meio ambiente; 3 – Província de Quebec (1988) – Inspirado na metodologia holandesa, foi criado o método ABC, no

qual o valor “A” é o background do local e/ou o limite de detecção analítica, o valor “B” indica a concentração acima da qual já existe risco moderado de contaminação ambiental. O valor “C” determina a concentração limite para a obrigatoriedade de uma intervenção remediadora (Siegrist, 1989).

Em 1991, o Conselho Canadense do Ministério do Meio Ambiente (Canadian Council of Ministers of the Environment – CCME), unificou os processos de controle ambiental existentes no país, criando o Critério Canadense de Qualidade Ambiental que estabelecia os valores de “background” e definia em três cenários distintos, agricultura, residencial/parques e comercial/industrial, os limites para concentrações de contaminantes acima dos quais existe a necessidade de investigações mais profundas para definir, considerando o uso e ocupação atual e futuro do solo, a necessidade, a urgência, e a qualidade da intervenção remediadora (Visser, 1994).

No ano seguinte (1992), iniciou o Programa Nacional de Remediação de Áreas Contaminadas (National Contaminated Sites Remediation Program – NCSRP), que visava avaliar o grau de contaminação das áreas consideradas de alto risco, bem como propor níveis de remediação para as mesmas.

Para atingir este objetivo, incentivou a comunidade técnico-científica a elaborar metodologias que propiciassem uma avaliação ambiental consistente, baseada em parâmetros válidos para todo o território canadense.

A resposta aos anseios governamentais veio no mesmo ano, com a criação do Sistema Nacional de Classificação de Áreas Contaminadas Canadense (CCME, 1992).

Este sistema, que determina o grau de risco de contaminação através de processo numérico cumulativo, está dividido em 3 segmentos distintos que são avaliados individualmente.

O fundamento lógico desta metodologia está baseado no princípio de que a contaminação ambiental é uma cadeia de eventos que se inicia na existência de uma substância contaminante, desenvolve-se através do contato e deslocamento desta substância pelo recurso ambiental e termina no receptor, que é o bem que queremos proteger.

A avaliação de riscos potenciais, realizada por intermédio do Sistema Nacional de Classificação, é determinada através de soma das pontuações atribuídas a cada uma das características abaixo:

- 1 - Tipo de Contaminante: Define o risco relativo ao potencial contaminante da substância nociva presente na área.
- 2 - Vias de Deslocamento: Determina os riscos advindos dos possíveis caminhos seguidos pelo contaminante (solo, água subterrânea, água superficial, etc.)
- 3 - Receptor: O bem que se quer proteger (homem, vegetais, animais, recursos ambientais, etc.).

O método canadense tem por vantagem em relação ao método americano a maior simplicidade operacional, requerendo no entanto, mais informações que o método alemão.

BRASIL.

Através de um trabalho que avaliava a condutividade hidráulica e as características de sorção das diferentes formações geológicas, Duarte (1980) propôs uma metodologia para mapeamento da vulnerabilidade de aquíferos freáticos, usando como base o comportamento dos contaminantes no meio ambiente.

Foster & Hirata (1988) através de um projeto desenvolvido para a Organização Pan Americana da Saúde, introduziram a base de sustentação para o trabalho apresentado por Hirata et al. (1991), denominado Groundwater Pollution Risk Vulnerability Map of the São Paulo State. Durante esse projeto foi desenvolvido o primeiro mapa que abrangia a vulnerabilidade natural dos principais aquíferos paulistas e por associação ao potencial contaminante das substâncias e a importância do aquífero, determinavam o risco de poluição das águas subterrâneas no Estado de São Paulo.

Este projeto foi complementado por Hirata *et al.* (1992), quando analisaram separadamente a vulnerabilidade natural dos aquíferos (através de parâmetros referentes ao tipo litológico da zona vadosa, com ênfase as características granulométricas do solo, ao tipo do aquífero e a profundidade do topo deste aquífero) e o potencial de contaminação gerado pela atividade antrópica existente na área em estudo (baseado no grau de toxidez da substância presente, na sua concentração e na sua forma de ocorrência). O trabalho apresentado por Hirata et al. (1992) prima pela sua grande simplicidade operacional e por utilizar-se de poucos parâmetros em suas análises.

Em 1997, Hassuda estabeleceu critérios para gestão de áreas de disposição para resíduos sólidos. Neste trabalho, Hassuda *op. cit.* apresenta um método de estudo e pesquisa dirigido a questão de áreas suspeitas e/ou contaminadas por resíduos sólidos.

A metodologia apresentada por Hassuda (1997), é inspirada na metodologia alemã para avaliação de risco de contaminação ambiental e compõe um projeto mais amplo, denominado “Recuperação do Solo e das Águas Subterrâneas em Áreas de Disposição de Resíduos Industriais”, executado pela Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (CETESB), com apoio do Instituto Geológico (IG/SMA) e patrocínio da Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ).

Neste método, valores numéricos que são estabelecidos empiricamente e atribuídos as características toxicológicas e concentrações dos contaminantes, a eficiência do projeto de prevenção de contaminação ambiental, bem como as características físico-químicas dos recursos ambientais envolvidos (água, solo e ar). Os resultados são trabalhados de forma ponderada e cumulativa, com a finalidade de classificar através dos pontos obtidos, o grau de risco de contaminação de uma área.

Em 2000, Cordazzo e colaboradores desenvolveram um modelo de análise de risco denominado “Modelo de análise de risco para locais contaminados com hidrocarbonetos de petróleo e álcool”, no qual simulam o transporte físico de hidrocarbonetos de petróleo e álcool ao longo do solo, envolvendo os aspectos de dispersão, advecção, sorção e biodegradação destes contaminantes.

Este modelo de simulação, que está sendo comercializado na forma de um “software”, permite a modelagem da fonte de contaminação como uma função do tempo (p.e. o decaimento exponencial), propiciando uma estimativa do tempo requerido para dissipação da pluma, bem como projeta o alcance e velocidade de deslocamento da mesma.

ALEMANHA.

O despertar da consciência preservacionista alemã levou os governos estaduais, com o apoio da comunidade científica, mas de forma individualizada, a pesquisar o nível de contaminação ambiental em seus territórios, propondo mecanismos para quantificação e

qualificação do grau de contaminação, bem como metodologias de recuperação de áreas contaminadas.

Desta forma, foram estabelecidos diversos critérios e padrões de qualidade, que buscavam balizar o processo de preservação e remediação ambiental nos estados de Bayern, Baden-Württemberg, Berlim, Bremen, Hamburg e Nordrhein Westfalem (CETESB, 1997a).

No início dos anos 80, amparado pela legislação alemã que definiu o solo como “um recurso natural, indispensável e não renovável”, o governo federal, visando preservar este recurso para gerações futuras, estabeleceu um Plano de Proteção do Solo, que era sustentado por dois pilares (Visser, 1994):

- 1 – Definição de limites para emissão de substâncias poluentes, advindas tanto de fontes pontuais como disseminadas (indústria, transporte, comércio, agricultura, etc.);
- 2 – Determinação de parâmetros para o uso do solo, priorizando a instalação de indústrias e comércios em locais já contaminados, preservando para outras finalidades, as áreas não contaminadas.

Em 1992, através da Lei Federal de Proteção ao Solo, que equiparava o solo para fins de preservação ambiental aos níveis da água e do ar, o governo federal direcionou esforços no sentido de gerar uma legislação ambiental uniforme para todo o país (Visser, 1994).

Como exemplo, podemos citar o trabalho de compilação e adequação dos critérios existentes na Alemanha, realizado por Ewers & Viereck-Göttel (1994), que levou em consideração os riscos toxicológicos relacionados ao uso e ocupação do solo. Neste trabalho as áreas estudadas foram segmentadas em parques infantis, moradia e jardinagem, plantio livre e indústria e comércio. Foram definidos Valores de Referência (concentrações encontradas em solos não contaminados), Valores de Intervenção (concentração acima da qual é necessária restrições ao uso do solo) e Metas de Remediação (concentração de contaminantes, a ser alcançada o processo de remediação), para diferentes categorias de uso do solo em todo o país.

Neste mesmo período, foi celebrado um acordo de cooperação entre o Ministério Federal de Pesquisas e Tecnologia da Alemanha (BMFT) e a Agência de Proteção Ambiental do Estados Unidos (USEPA), com a finalidade de desenvolver tecnologias de avaliação de risco de contaminação, detecção e remediação de áreas contaminadas.

As ações do governo federal propiciaram uma interligação e o aprimoramento dos sistemas de caracterização e classificação de áreas contaminadas, desenvolvidos por várias

agências estaduais de meio ambiente no início da década de 80, os quais são conceitualmente semelhantes, diferenciando-se entre si, principalmente em função dos limites de contaminação aceitos para cada local, bem como dos índices determinados para a remediação destas áreas.

A metodologia alemã está fundamentada no princípio de que uma área em função do uso e ocupação atual e/ou histórico possa conter materiais que representem perigo potencial para os recursos ambientais.

Em seguida é feita a avaliação da probabilidade do produto entrar em contato com estes recursos, contaminando-os e, finalmente, é verificada a possibilidade desta substância migrar através destes recursos, até atingir um bem que se queira preservar.

Em outras palavras, podemos dizer que na avaliação dos riscos ambientais, o método alemão leva em consideração:

- 1 - A periculosidade dos produtos armazenados;
- 2 - A liberação de produtos nocivos ao meio ambiente;
- 3 - A entrada destes produtos nos recursos ambientais;
- 4 - A migração dos produtos através dos recursos ambientais e seus efeitos sobre o bem a proteger.

O objetivo primordial do sistema é propiciar a partir de uma pequena quantidade de informações, mas com embasamento técnico/científico os informes necessários à tomadas de decisões quanto a prioridade de ações de recuperação ou contenção da contaminação.

Para a consecução deste objetivo o sistema classifica as áreas em 4 grandes grupos:

- 1 – **Áreas Preservadas:** são aquelas em que não existe nenhum indício de contaminação.
- 2 – **Áreas Potenciais:** são aquelas em que ocorreu ou ocorre algum tipo de atividade, cujos resíduos possam vir a causar alguma alteração na qualidade dos recursos ambientais.
- 3 – **Áreas Suspeitas:** a conceituação de área suspeita é bem similar àquela da área potencial, tendo como diferença básica o fato de que a classificação como área suspeita é obtida a partir do universo de áreas potenciais, através de avaliações feitas “in situ”, levando-se em consideração a análise visual e o levantamento de informações existentes sobre a área.

4 – **Áreas Contaminadas:** são aquelas áreas nas quais através de avaliações físico-químicas e químicas é detectada a presença de substâncias nocivas em concentrações acima dos padrões permitidos pela legislação vigente.

O método de avaliação de risco usado pelos estados alemães é composto de um modelo matemático em que fatores numéricos são trabalhados de forma ponderada e cumulativa, com a finalidade de classificar através dos pontos obtidos o grau de risco de contaminação de uma área.

Nesta metodologia cada característica físico-química da área em estudo (água, ar e solo) recebe uma valoração numérica que pode ser maximizada ou minimizada, através de fatores ponderativos (**m**), que representam ações ou fatos que possam aumentar ou reduzir os riscos de contaminação.

A quantificação do risco é feita de forma segmentada e independente, compondo 3 processos distintos, que vão avaliar a liberação (R1), a entrada (R2), o deslocamento e as conseqüências (R3) de uma substância nociva presente em um recurso ambiental.

Desta forma, partindo-se da periculosidade natural de uma substância presente no local (R0), o risco de contaminação de um bem que se queira proteger, pode ser avaliado a partir de três fatores diferenciados:

- 1 – A liberação desta substância para o recurso ambiental (**R1**)
- 2 – A entrada da substância no recurso ambiental (**R2**)
- 3 – O deslocamento da substância através do recurso ambiental e seus efeitos sobre o mesmo (**R3**)

Assim, podemos calcular o risco do local em estudo em 3 etapas:

- a) na primeira etapa (R1) que define a probabilidade de uma substância ser liberada para o recurso ambiental, o 1º risco parcial de contaminação ambiental é fornecido pela fórmula:

$$\mathbf{R1 = m1 \times R0} \quad \text{onde, } m1 \text{ é o fator ponderativo de } R0.$$

- b) na segunda etapa onde é avaliada a possibilidade desta substância entrar no recurso ambiental, o 2º risco parcial de contaminação ambiental é fornecido pela fórmula:

$$\mathbf{R2 = m2 \times R1} \quad \text{onde, } m2 \text{ é o fator ponderativo de } R1.$$

- c) na terceira etapa, na qual e analisado o deslocamento desta substância através do recurso ambiental e os efeitos por ele causados, o 3 risco parcial de contaminação ambiental é fornecido pela fórmula:

$$R3 = m3 \times R2 \quad \text{onde, } m3 \text{ é o fator ponderativo de } R2.$$

O risco final de contaminação ambiental é calculado levando-se também em conta a importância do bem a proteger ($m4$), ou seja:

$$R_{\text{final}} = m4 \times R3 \quad \text{onde, } m4 \text{ é o fator ponderativo de } R3.$$

De acordo com a pontuação alcançada, é determinado o grau de prioridade e o tipo de atuação que será desenvolvida na área avaliada.

7 – RESULTADOS.

O presente trabalho é o resultado da adaptação de um método criado em 1991, no estado alemão de Nordrhein Westfalem, com o objetivo de classificar, de acordo com o grau de risco de contaminação ambiental, algumas áreas de disposição de resíduos industriais já desativados, cujas informações referentes ao tipo e volume de contaminantes dispostos eram relativamente precárias.

O aspecto principal que determinou a adoção dos fundamentos propostos na metodologia supra citada, foi o pequeno aporte de informações requeridas, para um ordenamento uniforme do grau de risco de contaminação ambiental. Este método proporciona leituras separadas sobre os riscos potenciais gerados pela vulnerabilidade operacional dos locais de disposição (postos) e pela vulnerabilidade dos recursos naturais existentes na área em estudo e em seu entorno, com focos diferenciados sobre a proteção de recursos naturais, patrimoniais e saúde pública, viabilizando desta forma a priorização e desenvolvimento de medidas específicas na prevenção de contaminações ambientais.

Outro aspecto importante na escolha, foi o sucesso obtido por Hassuda (1997), quando aplicou esse método na determinação dos riscos apresentados pela disposição de resíduos sólidos em áreas ativas (lixões e aterros controlados) na cidade de São Paulo.

Para a definição dos graus de risco de contaminação ambiental apresentado pelos postos de abastecimento de combustíveis da cidade de Belém do Pará, o método alemão foi adaptado a legislação brasileira através da adequação, por análise comparativa, dos valores determinados pelo método original à classificação definida pela NBR 13.786/97 da ABNT, para os postos revendedores de combustíveis.

A norma técnica NBR 13.786/97, estabelece dependendo das vizinhanças e dos bens a proteger, que tipo de equipamento e projeto deve ser utilizado nos postos de abastecimento.

7.1.- ESTRUTURA DO MÉTODO ADAPTADO PARA DETERMINAÇÃO DO RISCO DE CONTAMINAÇÃO AMBIENTAL POR HIDROCARBONETOS.

Neste método de avaliação de risco de contaminação, as áreas em estudos são classificadas em três grandes grupos:

a) **Área Potencial:** é toda a área em que exista uma atividade cuja rotina operacional possa degenerar a qualidade ambiental. A classificação de uma área como potencialmente contaminada, não significa que ela esteja neste momento representando algum tipo de perigo a saúde humana ou ao meio ambiente. A inclusão de uma área nesta categoria indica que nela existe o manuseio e/ou estocagem de substâncias que podem, em caso de vazamento ou qualquer outro tipo de acidente, causar a transferência destas substâncias para os recursos naturais, ocasionando mudança significativa nas características originais destes recursos.

Todos os parques de armazenagem de combustíveis, em sua rotina operacional, estocam e manuseiam produtos de elevado grau de toxicidade (óleo diesel, gasolina, lubrificantes, etc.), estando portanto classificados como áreas potencialmente contaminadas.

b) **Área Suspeita:** é toda a área em que exista uma atividade, cuja rotina operacional possa degenerar a qualidade de um bem que se queira proteger. Conquanto este conceito seja semelhante ao anterior, nota-se a inclusão de uma variável, o bem à proteger, que confere nova leitura conceitual a esta classificação. A proteção a um bem introduz na metodologia o conceito de risco, do qual já tratamos anteriormente.

As áreas suspeitas, são áreas pertencentes ao universo de áreas potenciais, que apresentam risco aos bens a proteger. Na classificação de uma área como potencial, são analisados apenas os riscos inerentes as atividades operacionais ali desenvolvidas, ou seja, o grau de toxicidade das substâncias em operação e a vulnerabilidade operacional do sistema. Para a classificação de uma área como suspeita, é necessário que nesta área, além dos aspectos citados anteriormente, sejam também avaliadas a existência e a importância de um bem que se queira proteger, bem como sua vulnerabilidade a contaminação.

c) **Área Contaminada:** são áreas pertencentes ao universo de áreas suspeitas, nas quais através de investigações físico-químicas e químicas, realizadas pelos diversos métodos científicos já consagrados, é confirmada a presença de substâncias contaminantes no recurso ambiental.

O processo de determinação dos riscos de contaminação ambiental apresentado para os postos de combustíveis é desenvolvido em duas etapas:

a) **1ª Etapa:** Com base em detalhes técnicos construtivos obtidos em escritório (projetos de instalação e funcionamento) e levantamentos efetuados no local da avaliação (posto de abastecimento e o seu entorno), é preenchido um formulário denominado Ficha Cadastral (Fc), no qual são anotadas informações sobre: a) aspectos ambientais relevantes, b) impactos e riscos ambientais potenciais, c) qualidade operacional do parque de armazenagem, e e) a importância dos bens a proteger existentes no entorno do parque de abastecimento em um perímetro de 100 metros.

Esta etapa requer um aporte muito pequeno de capital, pois não há nenhum processo oneroso como perfuração, coleta de amostras ou análises químicas. As informações são obtidas basicamente em análise visual e levantamento de informações existentes. Nestas fichas também são registradas todas as características construtivas e operacionais do posto sob avaliação. Essas informações são obtidas através de análise do projeto construtivo e operacional, das informações das distribuidoras de combustíveis e de pesquisa no local.(Anexo B)

2ª Etapa: As informações contidas na ficha cadastral são transferidas para um outro formulário denominado Ficha de Pontuação (Fp), no qual cada informação, de acordo com suas características principais, é valorada com a pontuação adaptada do método alemão (tabelas 4, 5, 6, 7 e 8), e da tabela 9 adaptada da NBR 13786.

No momento seguinte, estes valores são processados e o resultado obtido irá determinar de forma quantitativa o risco de contaminação ambiental apresentado pela área em estudo. (Anexo C)

Conforme a pontuação obtida na segunda etapa, as áreas com maior risco potencial poderão, por intermédio de investigações "in situ", ser mais profundamente estudadas, com o objetivo de detectar a presença de substâncias nocivas através de técnicas e metodologias cientificamente consagradas.

A tabela 2 indica as principais metodologias utilizadas no desenvolvimento da detecção e análises de presença de derivados de petróleo como contaminante no meio ambiente.

Tabela 2 - Meios a serem investigados e tipos de investigações a serem realizadas.

Meio a Ser Investigado	Tipo de Investigação	Aplicação
01- Ar do Solo	<i>Soil Gas Survey</i>	Coleta de gases em zona não saturada do solo
	Coleta e análise de gases	Coleta de gases em edificações próximas
02- Água Subterrânea	Investigação geofísica: <ul style="list-style-type: none"> • Sondagem elétrica vertical . • Caminhamento elétrico (Arranjos Schlumberger e Wenner) 	Delineamento preliminar da extensão da pluma de contaminantes
	Coleta e análise de água subterrânea	Avaliação físico-química e química da presença de hidrocarbonetos na água subterrânea
03- Água Superficial	Coleta e análise de água superficial na área suspeita	Avaliação físico-química e química da presença de hidrocarbonetos na água superficial.
04- Solo	Coleta e análise de solo na área suspeita	Avaliação físico-química e química da presença de hidrocarbonetos no solo da área suspeita.

Fonte: Modificado de Hassuda, (1997).

7.2.- PARÂMETROS FUNDAMENTAIS.

O suporte científico da metodologia está baseado no princípio de que toda contaminação ambiental inicia-se na existência de uma substância contaminante (1º Risco – R1), desenvolve-se através do contato desta substância com o meio ambiente (2º Risco – R2) e pelo deslocamento da mesma através do recurso ambiental (3º Risco – R3), terminando no receptor que é o bem que se quer proteger, portanto o ponto focal da análise de risco.

Todo estudo de avaliação de risco tem como objeto e principal beneficiário os bens a proteger, ou seja, tudo aquilo em que uma deterioração de sua qualidade original possa trazer prejuízos ao homem.

Nesta adequação metodológica, a avaliação do risco de contaminação ambiental sofrido pelos bens a proteger é determinada a partir da importância atribuída a estes, das características das fontes de contaminação, da vulnerabilidade operacional dos postos de abastecimento e da vulnerabilidade das vias de propagação dos contaminantes.

Em toda metodologia de avaliação de riscos, a determinação do grau de risco é sempre definida em relação a um ou mais bens que se queira proteger. Neste trabalho, objetivando possibilitar um maior detalhamento na avaliação de risco de contaminação ambiental, os bens a proteger foram agrupados em três grandes classes, são elas :

a) Saúde da População (Bp1) - Nesta classe são agrupados todos os fatores que possam de forma direta afetar a saúde da população, quer através de contato direto com o contaminante (epidêmico), quer pela ingestão de alimentos que tenham sido diretamente contaminados pelas substâncias em questão, ou ainda pela absorção de gases tóxicos.

b) Recursos Hídricos (Bp2) - Os recursos hídricos serão divididos em duas grandes classes: a) águas superficiais (lagos, rios, córregos e mananciais), b) águas subterrâneas (aquíferos freáticos e artesianos que possam vir a ser utilizados).

c) Outros Bens (Bp3) - Nesta classe reunimos os demais bens de interesse público, tais como: áreas verdes, parques, áreas de proteção ecológica, escolas, casas de espetáculos, templos, hospitais, residências, edifícios multifamiliares, prédios comerciais, prédios públicos, indústrias, etc.

Para poder determinar o grau de risco de contaminação de uma área, além de definir a importância dos bens a proteger, é necessário conhecer as características dos elementos envolvidos no processo de contaminação ambiental. Esses elementos, são denominados de parâmetros fundamentais e estão divididos em três grandes grupos, são eles:

- 01) fonte de contaminação (tipo de substância) – CP1;
- 02) vulnerabilidade do parque de armazenagem – CP2
- 03) meio de propagação (vias de propagação) – CP3;

Às características dos parâmetros fundamentais são atribuídos valores numéricos que são usados de forma ponderativa e cumulativa, determinando desta forma, o risco de contaminação de uma área.

Os valores atribuídos às características dos parâmetros fundamentais são compostos por dois fatores:

- **CPn** – Critério Principal que representa um fato ou ação que possa gerar um determinado grau de risco de contaminação ambiental. Pode assumir 4 valores: a) 3 (alto), b) 2 (médio), c) 1 (baixo), e d) 0 (inexistente);
- **Fn** – Fator de Ponderação que representa um fator de agravamento ou minoração do grau de risco provocado pelo fato ou ação em tela (CPn) e seus valores oscilam entre 3 e 0 conforme o caso. Maior gravidade 3 e menor gravidade 0.

Os valores de CPn e Fn são oriundos do método alemão (original), tendo sido adaptados para solos tropicais por Hassuda (1997). Estes valores são obtidos a partir de tabelas apresentadas a seguir (itens 7.2.1, 7.2.2 e 7.2.3). Os valores apresentados no item 7.2.2. foram obtidos em processo de análise comparativa da importância atribuída aos bens a proteger versus a seleção de equipamentos e sistemas para instalações subterrâneas de combustíveis em postos de serviços, determinada pela norma NBR 13.786/97 da ABNT, e os valores originais do método alemão.

Deve-se destacar ainda, que Fn tem uma segunda função, que é balizar os valores obtidos nos parâmetros fundamentais (CP1, CP2 e CP3), de forma que os valores dos riscos individuais não ultrapassem 10 pontos e o risco global não apresente valores acima de 1.000 pontos (regras estabelecidas no método alemão).

7.2.1 - Fontes de Contaminação (CP1).

Neste item são avaliados os graus de periculosidade das substâncias armazenadas e/ou operacionalizadas pelos postos de abastecimento. No caso em estudo, o tipo de resíduo disposto é representado unicamente pelo resíduo industrial, e o universo de substâncias originalmente tratado pelo método alemão também se reduz de forma significativa, abrangendo apenas três tipos de derivados de petróleo, quais sejam: a) óleo diesel, b) gasolina e c) óleos lubrificantes.

A elaboração do sistema de pontuação, expresso na tabela 3, foi baseada no grau de periculosidade que uma substância pode apresentar, levando em consideração as características dos fatores abaixo:

Nível de toxidez da substância para o homem e o ecossistema;

Concentração da substância;

Solubilidade, volatilidade;
 Densidade e viscosidade;
 Reatividade com água.

Tabela 3 : Valores de CPn e Fn para o componente CP1 – Tipo de Contaminante

Tipo de Resíduos	CPn	Fn
Gasolina	2,0	0,95
Óleo Diesel	2,0	0,90
Óleo Lubrificante	2,0	0,85
Volumes de Armazenagem		
> 300 m ³	3,0	0,48
De 150 m ³ a 300 m ³	2,0	0,48
< 150 m ³	1,0	0,48

Fonte: Adaptado de Hassuda (1997)

7.2.2 – Vulnerabilidade dos Parques de Armazenagem de Combustíveis (CP2).

O segundo aspecto de importância fundamental previsto pelo método alemão é a avaliação da probabilidade dos produtos contaminantes entrarem em contato com os recursos ambientais.

A utilização de equipamentos e procedimentos de segurança esta intimamente relacionada à vulnerabilidade operacional dos postos de abastecimento. A norma técnica NBR 13.786/97, estabelece dependendo das vizinhanças e dos bens a proteger, que tipo de equipamento e projeto deve ser utilizado nestes postos.

A definição dos tipos de equipamentos de proteção a serem usados nos postos de serviços está diretamente ligada as características do ambiente em torno do mesmo, cuja importância dos bens a proteger, numa distância de 100 metros a partir de seu perímetro, são fatores de agravamento dos riscos existentes e irão determinar o enquadramento do posto de serviço (PS) em uma das quatro classes definidas abaixo, **prevalecendo sempre a situação mais crítica**, independente de existir apenas uma das características descritas.

A classe do posto de abastecimento (classe 0, 1, 2 ou 3), definirá os tipos de equipamentos e sistemas de proteção ambiental a serem utilizados (tabela 4).

Classe 0: quando o PS não possuir nenhum dos fatores de agravamento das classes seguintes;

Classe 1: quando a rua na qual está localizado o PS, num perímetro de 100 metros possuir:

- a) galeria de drenagem pluvial, de esgoto ou de serviços;
- b) fossa séptica em quota igual ou inferior aos tanques de combustível;
- c) edifício multifamiliar sem garagem subterrânea, com até 4 andares;

Classe 2: quando a rua na qual está localizado o PS, num perímetro de 100 metros possuir

- d) edifício multifamiliar com garagem subterrânea, com mais de 4 andares;
- e) favela próxima em quota igual ou inferior;
- f) edifício de escritórios comerciais, com 4 ou mais andares;
- g) garagem ou túnel, construídos no subsolo;
- h) poço de água, artesiano ou não, para consumo doméstico;
- i) casa de espetáculo ou templo;

Classe 3: quando a rua na qual está localizado o PS, num perímetro de 100 metros possuir

- a) hospital;
- b) metrô;
- c) vizinhança com atividades industriais de risco (conforme NR-16) que produzam condições favoráveis a ignição de vapores provenientes de um vazamento;
- d) utilização de água proveniente do subsolo para consumo público (independente do perímetro de 100 metros);
- e) fontes de água, rios ou lagos, destinados ao abastecimento doméstico ou ;
- f) fontes de água, rios ou lagos, destinados à reserva de proteção ambiental;
- g) fontes de água, rios ou lagos, destinados à irrigação ou recreação de 1º grau (natação, mergulho, etc.)
- h) fontes de água destinada a criação natural e/ou intensiva de espécies destinadas a alimentação humana (peixes, camarões, etc.).

Tabela 4 - Distribuição dos equipamentos conforme classificação do posto de abastecimento, segundo a NBR 13.786/97 (ABNT)

Proteção	Classe 0	Classe 1	Classe 2	Classe 3
Vazamento	Uma única válvula de retenção junto à sucção da bomba	As opções da classe 0	As opções da classe 1	As opções da classe 2 Monitoramento Intersticial
	Poço de monitoramento da água subterrânea ou vapores ou ensaio de estanqueidade			
	Controle de estoque manual – LMC – ou controle automático (que detecta perda de 1 L/h, com 95% de possibilidade de acerto e 5% de alarme falso)			
Derramamento	Caixa separadora de água e óleo	A opção da classe 0 e canaleta de contenção na projeção da cobertura das bombas	As opções da classe 1	As opções da classe 2 e câmara de contenção sob a unidade abastecedora
	Câmara de acesso à boca de visita			
Transbordamento	Descarga selada	As Opções da classe 0	As opções da classe 1 Válvula de proteção contra transbordamento Alarme de transbordamento Válvula de retenção de esfera flutuante	As opções da classe 2
	Câmara de contenção da descarga selada			
Corrosão em tanques subterrâneos	Qualquer uma das opções da classe 1	Qualquer uma das opções da classe 2	Tanque fabricado em material não metálico, conforme NBR 13212 Tanque fabricado em aço-carbono, conforme a norma NBR 13212, com revestimento externo resistente à corrosão e proteção catódica Tanque fabricado em aço-carbono, conforme a NBR 13312, com revestimento externo reforçado resistente à corrosão, que dispense proteção catódica Qualquer uma das opções da classe 3	Tanque de parede dupla, fabricado em aço-carbono, conforme a NBR 13785, com revestimento externo resistente à corrosão e proteção catódica. Tanque de parede dupla, fabricado em aço-carbono, conforme a NBR 13785, com revestimento externo reforçado resistente à corrosão, que dispense proteção catódica. Tanque de parede dupla, fabricado em aço-carbono, sendo a última de material não-metálico, fabricado conforme a NBR 13785. Tanque de parede dupla, fabricado em material não metálico.
Corrosão em tubulações subterrâneas	Qualquer uma das opções da classe 1	Qualquer uma das opções da classe 2	Tubulação em aço-carbono com proteção contra corrosão, compatível com a utilizada no tanque Qualquer uma das opções da classe 3	Tubulação de aço-carbono, de parede dupla, sendo a última de material não-metálico. Tubulação fabricada em material não-metálico

Obs.: Os equipamentos de monitoramento, exceto os intersticiais, não se aplicam para álcool

Fonte: NBR 13.786 / 97 - ABNT

O sistema de pontuação existente na tabela 5 relaciona implicitamente a contribuição dos equipamentos de proteção e segurança utilizados nos postos de abastecimentos de veículos, com a importância dos bens existentes no seu entorno.

Tabela 5 - Valores de CPn e Fn para o componente CP2 - vulnerabilidade dos parques de armazenagem de combustíveis.

Classificação do Posto	CPn	Fn
Classe 0	1,0	1,0
Classe 1	1,5	1,0
Classe 2	2,0	1,0
Classe 3	3,0	1,0

Armazenamento de Combustíveis	CPn	Fn
Fora das Normas	3,0	0,7
Classe 2	1,0	0,7
Classe 3	0,0	0,0

Tubulações	CPn	Fn
Fora das Normas	3,0	0,6
Classe 2	1,0	0,6
Classe 3	0,0	0,0

Proteção contra Vazamentos	CPn	Fn
Fora das Normas	3,0	0,5
Classe 2	1,0	0,5
Classe 3	0,0	0,0

Proteção contra Derramamentos	CPn	Fn
Fora das Normas	3,0	0,3
Classe 1	2,0	0,3
Classe 2	1,0	0,3
Classe 3	0,0	0,0

Proteção Contra Transbordamento	CPn	Fn
Fora das Normas	3,0	0,3
Classe 1	2,0	0,3
Classe 2	0,0	0,0

Fonte: Adaptado da NBR 13786 – ABNT (1997)

7.2.3 - Vias de Propagação do Contaminante (CP3).

Após atingir o meio ambiente, o contaminante poderá, dependendo das características do meio físico com o qual ele está em contato, propagar-se com maior ou menor dificuldade através dos recursos ambientais disponíveis, até atingir um bem que se queira proteger.

Os contaminantes podem utilizar como vias preferenciais de propagação, o solo, a água superficial, a água subterrânea e o ar. Nesse processo, considera-se que mais de uma via pode vir a ser usada no deslocamento dos contaminantes ao longo dos recursos ambientais. Para melhor avaliação do risco de migração dos contaminantes, face às características diferenciadas dos meios de propagação possíveis, o fator CP2 é subdividido em 04 (quatro) parcelas, cuja somatória dos valores ponderados agregados, fornecem a contribuição das vias de propagação na avaliação global do grau de risco de contaminação.

$$CP2 = CPa + CPb + CPc + CPd, \text{ onde :}$$

CPa = Características de vulnerabilidade do Solo;

CPb = Características de Vulnerabilidade da Água Superficial;

CPc = Características de vulnerabilidade da Água Subterrânea;

CPd = Características de vulnerabilidade do Ar.

7.2.3.1 – Características de vulnerabilidade do solo (Cpa).

O solo é um recurso ambiental que leva longos períodos de tempo para se formar. Quando contaminado, dificilmente recupera suas características anteriores, independente do processo empregado em sua remediação.

Conquanto que o solo transfira para os vegetais pequenas quantidades de substâncias tóxicas, devemos ter cuidados especiais com a contaminação do mesmo, principalmente com as camadas mais superficiais, as quais viabilizam a vida animal e vegetal sobre a superfície terrestre.

O solo e a zona vadoza representam a primeira e mais importante defesa natural contra a poluição de aquíferos, em função de sua posição estratégica situada entre a superfície e a água subterrânea, como também pelo seu ambiente físico-bioquímico, que geralmente é mais favorável a eliminação e a atenuação dos poluentes, sendo sua composição granulométrica e espessura da

zona não saturada, fatores fundamentais na avaliação do risco de contaminação de um lençol freático (Hirata, 1994)

No estudo da migração de contaminantes através do solo, são avaliados os seguintes aspectos:

Uso do solo;

Meios de Transporte dos Contaminantes (água, ar, gases);

Capacidade de Sorção;

Volume do combustível vazado e/ou derramado e/ou transbordado;

Vegetação existente;

Microclima: (temperatura, umidade, ventos, etc.)

De maneira subjetiva, as características acima mencionadas contribuem para a elaboração da tabela 6.

Tabela 6 - Valores de CPn e Fn para o componente CPa (Solo).

Análise (0 – 1 metro de profundidade)	CPn	Fn
Contaminado	3,0	0,3
Não Contaminado	0,0	0,0
Análise não realizada	2,0	0,3
Desconhecido	2,0	0,3
Análise (> 1 metro de profundidade)		
Contaminado	3,0	0,3
Não Contaminado	0,0	0,0
Análise não realizada	2,0	0,3
Desconhecido	2,0	0,3
Eventos Importantes		
Danos a vegetação	2,0	0,2
Danos Materiais	2,0	0,2
Desconhecido	1,0	0,2
Inexistentes	0,0	0,0
Indicações Visíveis		
Odor / Presença de Contaminante	3,0	0,2
Coloração	3,0	0,2
Desconhecido	2,0	0,2
Inexistente	0,0	0,0

Fonte: Adaptado de Hassuda (1997).

7.2.3.2 - Características de vulnerabilidade da água superficial (CPb).

A preservação dos recursos hídricos de nosso planeta, principalmente a água doce, tem sido a palavra de ordem em todos os movimentos em defesa do meio ambiente. Essa unanimidade preservacionista está assentada nos prognósticos sombrios da grande maioria dos cientistas ambientais, que apontam a carência de água potável como um dos grandes problemas que a humanidade irá enfrentar nos próximos anos.

A água tem papel fundamental na manutenção da vida sobre a superfície terrestre e desempenha função preponderante em grande parte dos processos de reações químicas realizados.

Apesar de apenas uma pequena parte dos derivados de petróleo, os hidrocarbonetos aromáticos (Benzeno, Tolueno, Etilbenzeno e Xileno) se solubilizar em água, o elevado índice pluviométrico da região estudada pode induzir o deslocamento dos contaminantes, tanto na fase aquosa (solubilizada) quanto na fase não aquosa (NAPL) por extensas áreas. A água superficial é um dos principais meios de entrada e transporte de contaminantes para diversos recursos ambientais.

A entrada de contaminante no sistema de águas superficiais pode ocorrer por via direta ou por via indireta (através da água subterrânea). No estudo da contaminação da água superficial por via direta, os principais aspectos a serem avaliados são:

- Tipo de instalação existente para armazenamento e fornecimento de combustíveis;
- Volume de combustível vazado e/ou derramado e/ou transbordado;
- Vegetação existente (incluindo a micro fauna)
- Microclima: (temperatura, umidade, ventos, etc.).

Na análise de contaminação por via indireta avalia-se as características abaixo:

- Gradiente hidráulico entre a água subterrânea e a superficial;
- Direção do fluxo;
- Porosidade e condutividade hidráulica do solo na área em estudo.

O sistema de pontuação apresentado na tabela 7 contempla de forma implícita os aspectos supracitados.

Tabela 7 - Valores de CPn e Fn para o componente CPb (Água Superficial).

Qualidade da água superficial	CPn	Fn
Não contaminada	0,0	0,0
Contaminada, utilizada para abastecimento público	3,0	0,6
Contaminada, utilizada para abastecimento Domiciliar	3,0	0,6
Contaminada, não utilizada	1,0	0,6
Contaminada, utilizada para irrigação, pecuária, piscicultura	2,0	0,6
Contaminada, utilizada para recreação	3,0	0,6
Desconhecida	2,0	0,6
Possibilidade de influência direta da área sobre as águas superficiais		
Negativa	0,0	0,0
Positiva, utilizada para abastecimento público	3,0	0,4
Positiva, utilizada para abastecimento Domiciliar	3,0	0,4
Positiva, não utilizada	1,0	0,4
Positiva, utilizada para irrigação, pecuária, piscicultura	2,0	0,4
Positiva, utilizada para recreação	3,0	0,4
Desconhecida	3,0	0,4
Possibilidade de enchente na área e uso da água superficial		
Negativa	0,0	0,0
Positiva, utilizada para abastecimento público	3,0	0,3
Positiva, utilizada para abastecimento Domiciliar	3,0	0,3
Positiva, não utilizada	1,0	0,3
Positiva, utilizada para irrigação, pecuária, piscicultura	2,0	0,3
Positiva, utilizada para recreação	3,0	0,3
Desconhecida	2,0	0,3

Fonte: Adaptado de Hassuda (1997)

7.2.3.3 - Características de vulnerabilidade da água subterrânea (CPc).

Com características similares a água superficial, a água subterrânea é um importante veículo de transporte de substâncias contaminantes e uma das principais fontes de suprimento de água potável para a humanidade.

Os principais fatores que influenciam a migração de contaminantes através das águas subterrâneas são:

Escoamento de águas superficiais;
Porosidade, granulometria e permeabilidade do solo;
Profundidade da água subterrânea;
Características físico-químicas do solo
Vegetação e microfauna;
Clima (temperatura e índice pluviométrico).

Os fatores supracitados estão inclusos de forma implícita na pontuação da tabela 8.

Tabela 8 - Valores para CPn e Fn para o componente CPc (Água Subterrânea).

Contaminação das águas subterrâneas	CPn	Fn
Sim contaminada	3,0	0,5
Não	0,0	0,0
Desconhecida	2,0	0,5
Uso da água subterrânea afetada pela contaminação		
Abastecimento Público ou Domiciliar	3,0	0,4
Recreação	3,0	0,4
Irrigação / Pecuária	2,0	0,4
Uso Industrial	1,0	0,4
Desconhecida	2,0	0,4
Inexistente	0,0	0,0
Textura predominante do solo		
Arenosa e/ou Siltosa	3,0	0,1
Areno-argilosa	2,0	0,1
Argilosa	0,0	0,0
Desconhecida	2,0	0,1
Nível d'água subterrânea, (sazonal) mais elevado		
Em contato com o solo contaminado	3,0	0,1
Abaixo do solo contaminado	2,0	0,1
Muito abaixo do solo contaminado	1,0	0,1
Desconhecido	2,0	0,1
Contexto Hidrogeológico		
Quaternário, Terciário em área de recarga, Cárstico, Cristalino aflorante, Cristalino com manto arenoso em área de recarga	3,0	0,4
Terciário em área de descarga, Cristalino, Cristalino com manto argiloso em área de recarga, Cristalino com manto arenoso em área de descarga	2,0	0,4
Cristalino com manto argiloso em área de descarga	1,0	0,4
Desconhecido	3,0	0,4

Fonte: Adaptado de Hassuda (1997)

7.2.3.4 – Características de vulnerabilidade do ar (CPd).

Após atingir o recurso ambiental, uma parte dos hidrocarbonetos formadores dos combustíveis sofre volatilização e partição para a fase gasosa. A propagação do contaminante via aérea se processa principalmente por intermédio da fase gasosa existente no solo e através do ar

presente em ambientes fechados existentes no solo ou sobre ele (porões, garagens subterrâneas, tubulações, etc.).

Os fatores abaixo induzem a migração do contaminante até o recurso ambiental:

Gradiente de pressão e temperatura;

Vias de escape (poros, fendas, tubulações, caixas de passagem, etc.);

Composição físico-química do solo (orgânico / mineral, granulometria, etc.);

Pressão de vapor do contaminante.

O sistema de pontuação da tabela 9, contempla implicitamente a contribuição destes fatores.

Tabela 9 - Valores de CPn e Fn para o componente CPd (Ar).

Qualidade do ar do solo	CPn	Fn
Análise não realizada	2,0	0,3
Contaminada	3,0	0,3
Não Contaminada	0,0	0,0
Desconhecida	2,0	0,3
Eventos importantes		
Explosão, incêndio, Danos à saúde	3,0	0,4
Emanação de gases e vapores (perceptível)	2,0	0,4
Danos à vegetação	2,0	0,4
Inexistente	0,0	0,0
Presença de vapores/gases nas edificações vizinhas		
Não	0,0	0,0
Sim	3,0	0,4
Desconhecido	1,0	0,4
Distancia até a edificação mais próxima		
< 30 metros	3,0	0,4
Entre 30 e 60 Metros	2,0	0,4
> 60 metros	1,0	0,4
Edificações inexistentes	0,0	0,0

Fonte: Adaptado de Hassuda (1997).

7.3 – CÁLCULO DO GRAU DE RISCO DE CONTAMINAÇÃO AMBIENTAL

Para a determinação do grau de risco de contaminação ambiental de uma área (Rf) é necessário estabelecer os riscos intermediários, relacionados aos diferentes bens a proteger. No caso de postos de gasolina, são denominados de R1 (risco apresentado pelo parâmetro fundamental “Características do Contaminante”), R2 (risco apresentado pelo parâmetro fundamental “Vulnerabilidade do Parque de Armazenagem de combustíveis”) e R3 (risco apresentado pelo parâmetro fundamental “Características de Vulnerabilidade das Vias de Migração”).

O valor de Rf será o produto entre os riscos intermediários, ou seja:

$$\mathbf{Rf = (R1 \times R2 \times R3)}$$

Para determinação dos riscos intermediários (R1, R2 e R3), multiplica-se o valor atribuído ao fato ou ação (CPn) pelo seu fator ponderativo (Fn), ou seja: $R1 = CP1 \times F1$, $R2 = CP2 \times F2$ e $R3 = CP3 \times F3$, onde :

R1 = Risco apresentado pelo parâmetro fundamental “Características do Contaminante”

CP1 = Critério Principal 1 (Característica do Contaminante);

F1 = Fator de Ponderação do contaminante;

R2 = Risco apresentado pelo parâmetro fundamental “Vulnerabilidade do Parque de Armazenagem (de combustíveis)”;

CP2 = Critério Principal 2 (Vulnerabilidade dos Parques de Armazenagem);

F2 = Fator de Ponderação da vulnerabilidade operacional do parque de armazenagem

R3 = Risco apresentado pelo parâmetro fundamental “Características de Vulnerabilidade das Vias de Migração”;

CP3 = Critério Principal 3 (Característica de Vulnerabilidade das Vias de Migração);

F3 = Fator de Ponderação da vulnerabilidade;

Na avaliação dos riscos intermediários, pode ser que ocorra mais de um critério principal (CPn) ou o fator ponderativo (Fn). Neste caso, apenas aquele que apresentar o maior valor

numérico é considerado para a questão da pontuação. Dessa forma, o sistema de pontuação é eliminatório e considera apenas a pior situação ou a situação de maior risco.

Para melhor compreender o mecanismo tome-se o exemplo do Posto Senador Lemos (ficha de pontuação do Posto Senador Lemos, ANEXO C, página 84). No item “Grupo de Substâncias” (que é um dos componentes do critério principal CP1), aparecem relacionados os produtos óleo diesel (CP1=2,0 e F1=0,90), Gasolina (CP1=2,0 e F1=0,95) e lubrificantes (CP1=2,0 e F1=0,80). Neste caso serão utilizados apenas os valores de CP1 e F1 da gasolina, por serem aqueles cujo produto CP1 x F1 apresenta o maior valor numérico.

Hassuda (1997), com base no valor obtido na análise do risco final (Rf) para cada classe de bens a proteger (saúde da população – Bp1, recursos Hídricos – Bp2 e Outros Bens – Bp3), classificou os níveis de risco apresentado na área que está sendo estudada em três grupos: a) baixo risco – valores abaixo de 100 pontos; b) médio risco – valores entre 100 e 300 pontos e c) alto risco – valores acima de 300 pontos.

7.4 – ESTUDOS DE CASOS NA CIDADE DE BELÉM.

Para testar a aplicabilidade do método de avaliação de risco de contaminação ambiental (modificado do método alemão), fez-se à aplicação deste em 20 postos revendedores de combustível na cidade de Belém, cujas localizações estão indicadas na figura 4. O resultado obtido nesta avaliação de riscos está sintetizado na tabela 10, que expressa numericamente os riscos de contaminação ambiental apresentado por cada um dos postos analisados, em relação às três classes de bem a proteger (saúde da população – Bp1, recursos Hídricos – Bp2 e Outros Bens – Bp3).

Tabela 10 - Quantificação de Riscos de Contaminação Ambiental, nos postos avaliados

Posto de combustível	Distribuidora	Riscos de Contaminação Ambiental Apresentado			
		Saúde da População BP1	Recursos Hídricos BP2	Outros Bens BP3	Somatória dos Riscos (BP1+BP2+BP3)
Abastecedora Brasília	Shell	192	447	370	1.009
New Posto	Esso	186	353	308	847
Posto 14 de Março	Texaco	136	354	299	789
Posto Aliança	Texaco	92	511	424	1.027
Posto Almt. Barroso	Texaco	137	289	243	669
Posto Bandeirante	Texaco	99	232	192	523
Posto Chermont	BR	193	382	335	910
Posto Conceição	Texaco	108	266	223	597
Posto Ferreira	Texaco	99	245	205	549
Posto Humaitá	Ipiranga	331	618	532	1.481
Posto Lavão I	Esso	153	356	295	804
Posto Lavão II	Shell	158	364	313	835
Posto Nogueira	Esso	346	676	577	1.599
Posto Novaes	Ipiranga	216	532	446	1.194
Posto Redentor	Shell	123	304	255	682
Posto Rezende	Texaco	99	209	176	484
Posto Senador Lemos	Texaco	297	701	609	1.607
Posto Três Estrelas	Texaco	113	264	218	595
Posto UBN	Shell	203	473	392	1.068
Posto Volga	Shell	213	406	358	977

MAPA DE LOCALIZAÇÃO DOS POSTOS AVALIADOS - BELÉM/PARÁ

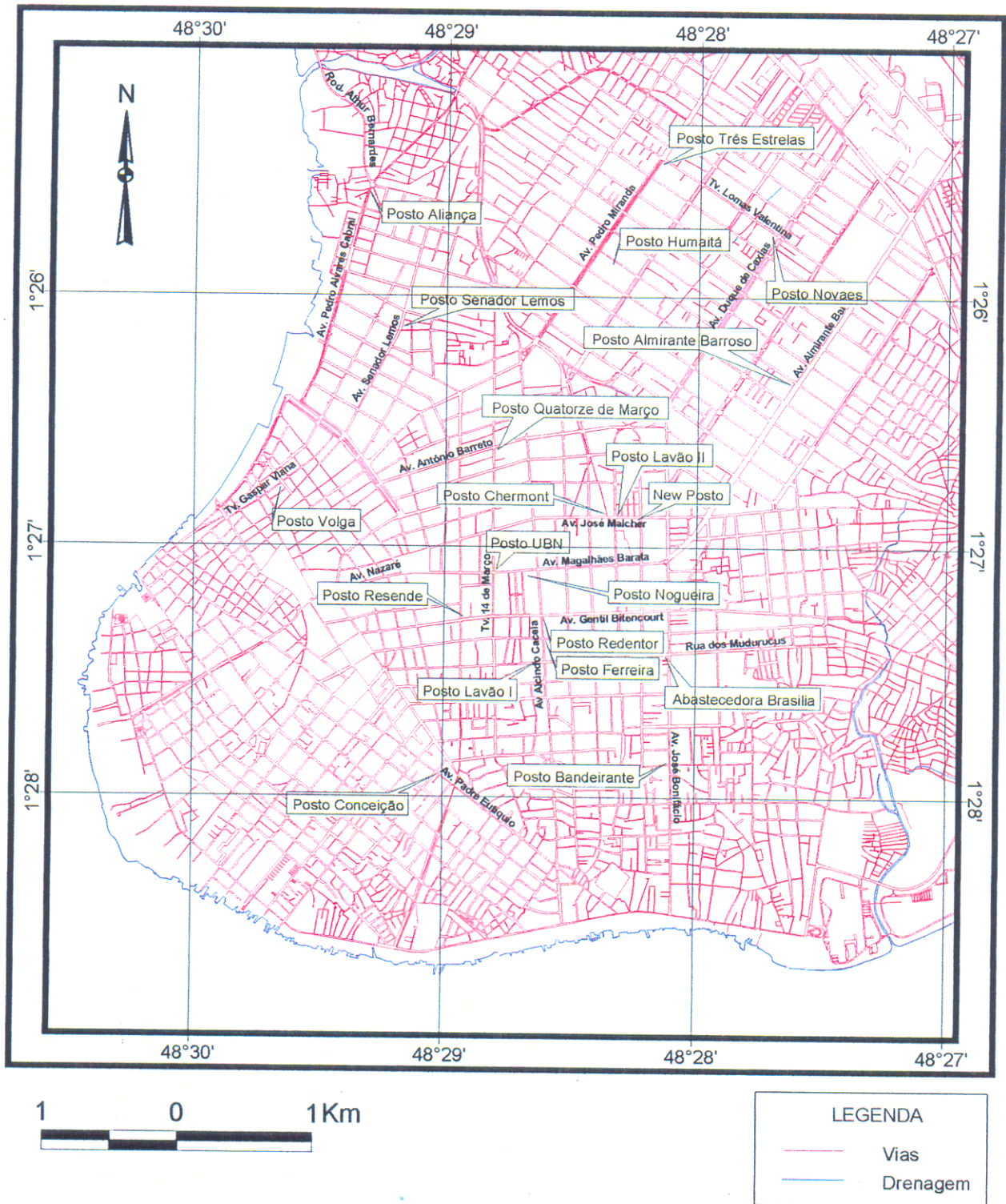


Figura 4: Mapa de localização dos postos avaliados.

Na avaliação dos resultados obtidos na classe *Saúde da população-Bp1*, observa-se que 4 postos de combustível (20%) apresentam risco de contaminação baixo, 14 unidades (70%) apresentam risco médio e apenas 2 postos (10%) avaliados tem classificação alta. Cerca de 90% da amostragem obteve pontuação inferior a 300 pontos. Isto porquê, todos os postos analisados têm os seus parques de manobras e abastecimento devidamente pavimentados e há uma preocupação constante na remoção de todo combustível que eventualmente vaze para o piso (risco de incêndio). No caso dos postos Humaitá e Nogueira, as elevadas pontuações obtidas (> 300 pontos) foram decorrentes da inexistência em seu parque operacional de equipamentos adequados para prevenção de derramamentos e transbordamento de combustíveis, bem como a presença de gasolina derramada na pista de abastecimento, no momento da inspeção (Fig. 5).

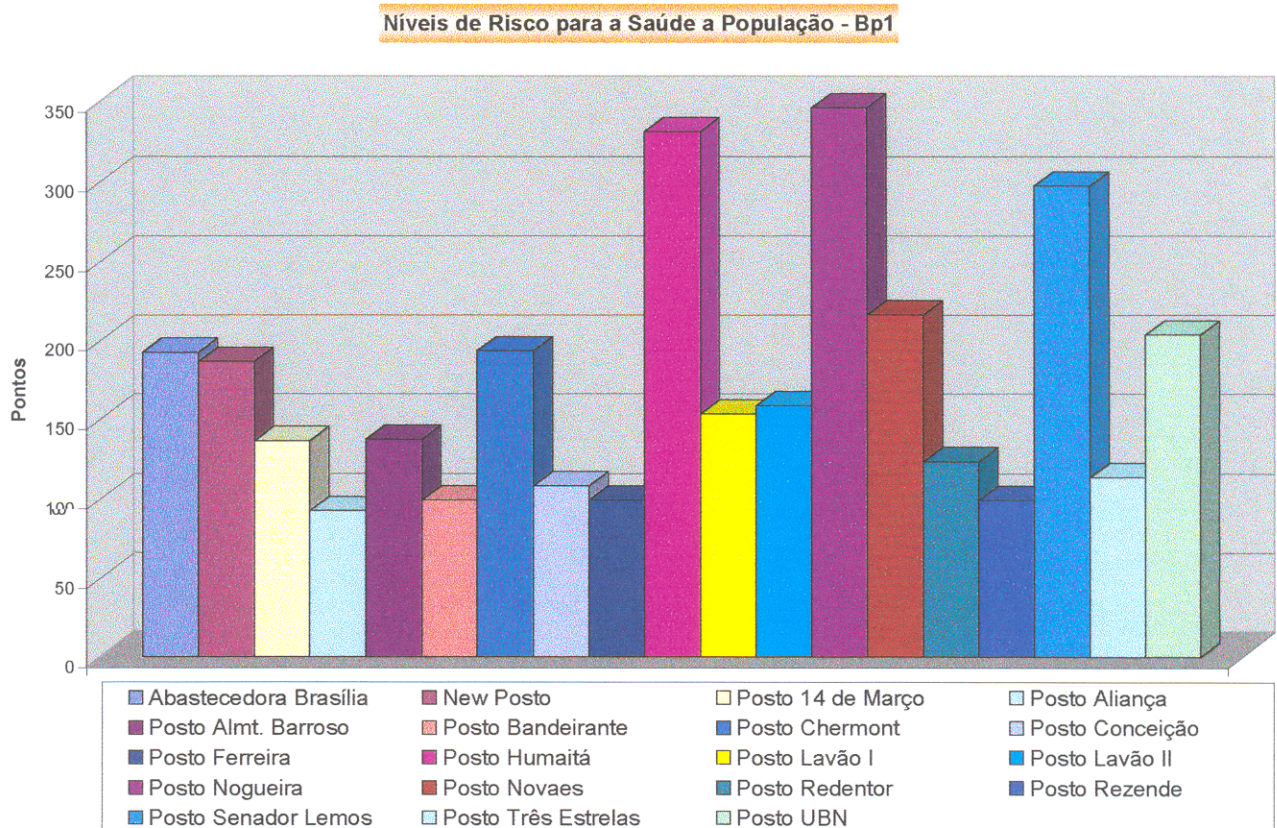


Figura 5 - Níveis de Riscos referentes à Saúde da População—B

No que diz respeito à classe *Recursos hídricos de Belém (Bp2)* percebe-se valores de risco de contaminação ambiental elevados, uma vez que 70% dos postos analisados apresentaram uma pontuação acima de 300 pontos (risco alto) e 30 % entre 100 e 300 pontos (risco médio). Os elevados valores observados devem-se ao alto índice pluviométrico da região, que proporciona uma elevação do nível freático, facilitando com isso o contato da água com os contaminantes. Além disso, verificou-se a ausência de equipamentos de segurança adequados, que pudessem minimizar um possível vazamento dos tanques subterrâneos de combustíveis.

Nos postos S. Lemos, Nogueira, Humaitá, Novaes e Aliança a inadequação de seus tanques e tubulações à Norma NBR 13.786/97 teve papel fundamental no alto nível de risco apresentado por estes postos de combustíveis (Fig. 6).

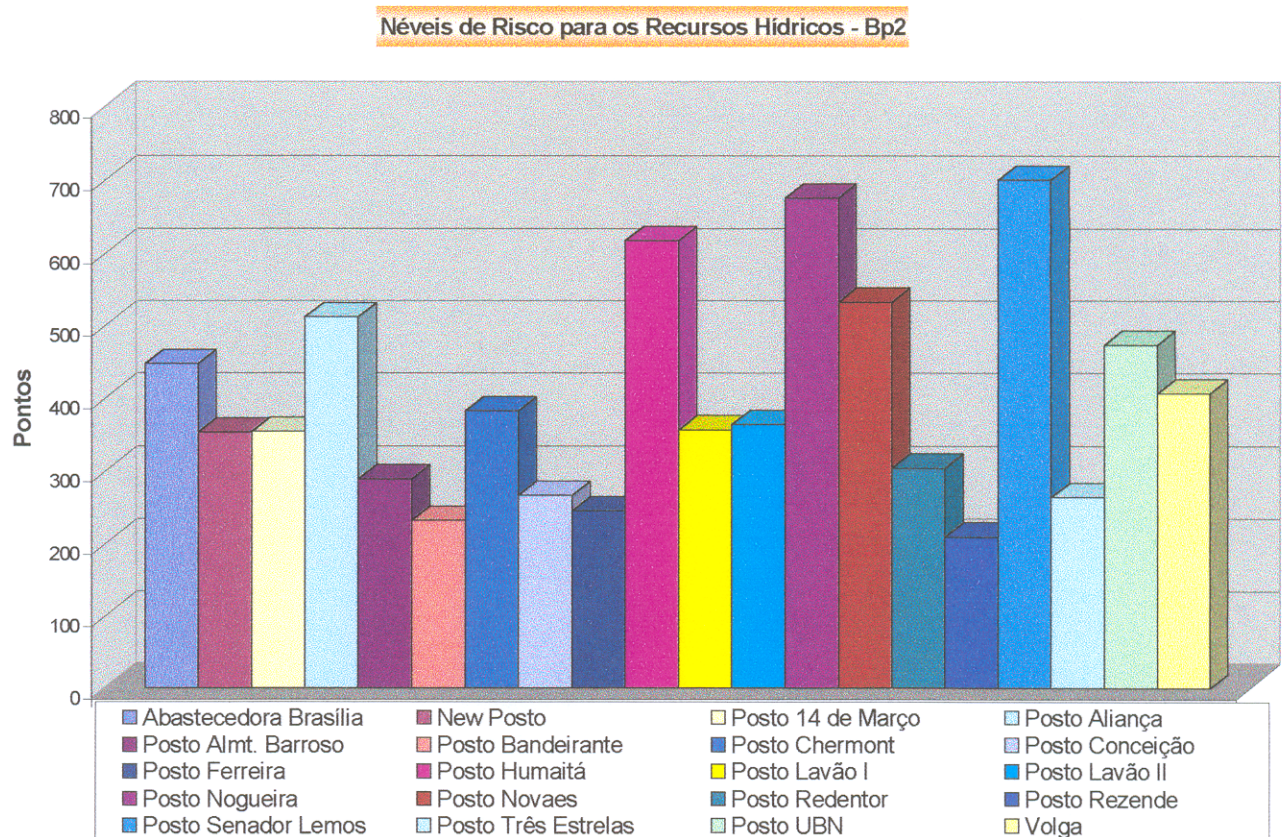


Figura 6 - Níveis de Riscos referentes aos Recursos Hídricos—

Na classe Outros Bens – Bp3, a avaliação dos riscos apresentados pelos postos estudados indicou que 45% (9 postos) deles possuem nível de risco médio e em 55% (11 postos) dos postos o nível alto. Este resultado foi provocado pelo fato dos postos de combustível estarem localizados em áreas densamente povoadas e terem como vizinhança próxima (distância < 100 metros) residências, edifícios multifamiliares, escolas e templos, o que eleva de forma significativa o valor do risco de contaminação ambiental para esta classe.

As elevadas pontuações encontradas nos postos Senador Lemos, Nogueira e Humaitá são devidas aos fatores anteriormente mencionados e a grande vulnerabilidade apresentada pelos tanques, tubulações e equipamentos de segurança destes postos, que são totalmente inadequados à suas classificações operacionais determinadas pela NBR 13.786/97 da ABNT (Fig. 7).

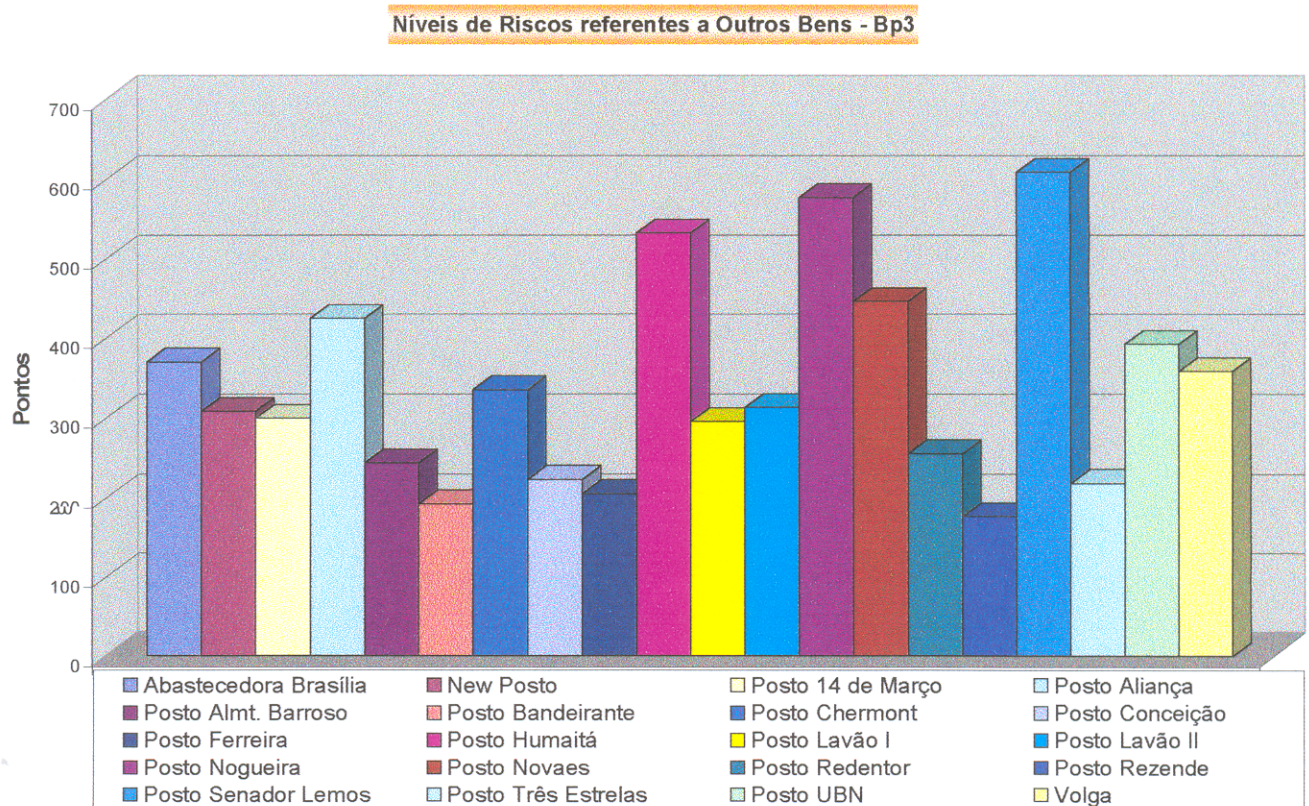


Figura 7 - Nível de Risco referente a Outros bens.

A figura 8 mostra a somatória dos riscos apresentados pelos postos em análise, referentes à Saúde da População, Recursos Hídricos e Outros bens e não deve ser entendida como outra classe de riscos. A sua principal função é apresentar uma visão global dos riscos de contaminação ambiental apresentados pelos postos de combustível analisados.

Os postos de combustível estão situados em uma área que apresenta urbanização relativamente homogênea e as características físicas e físico-químicas do solo e subsolo muito semelhantes. Portanto, a variação nos níveis de risco de contaminação ambiental apresentada é devida, principalmente, à seleção de equipamentos e aos sistemas de segurança utilizados nas instalações subterrâneas de armazenamento de combustíveis.

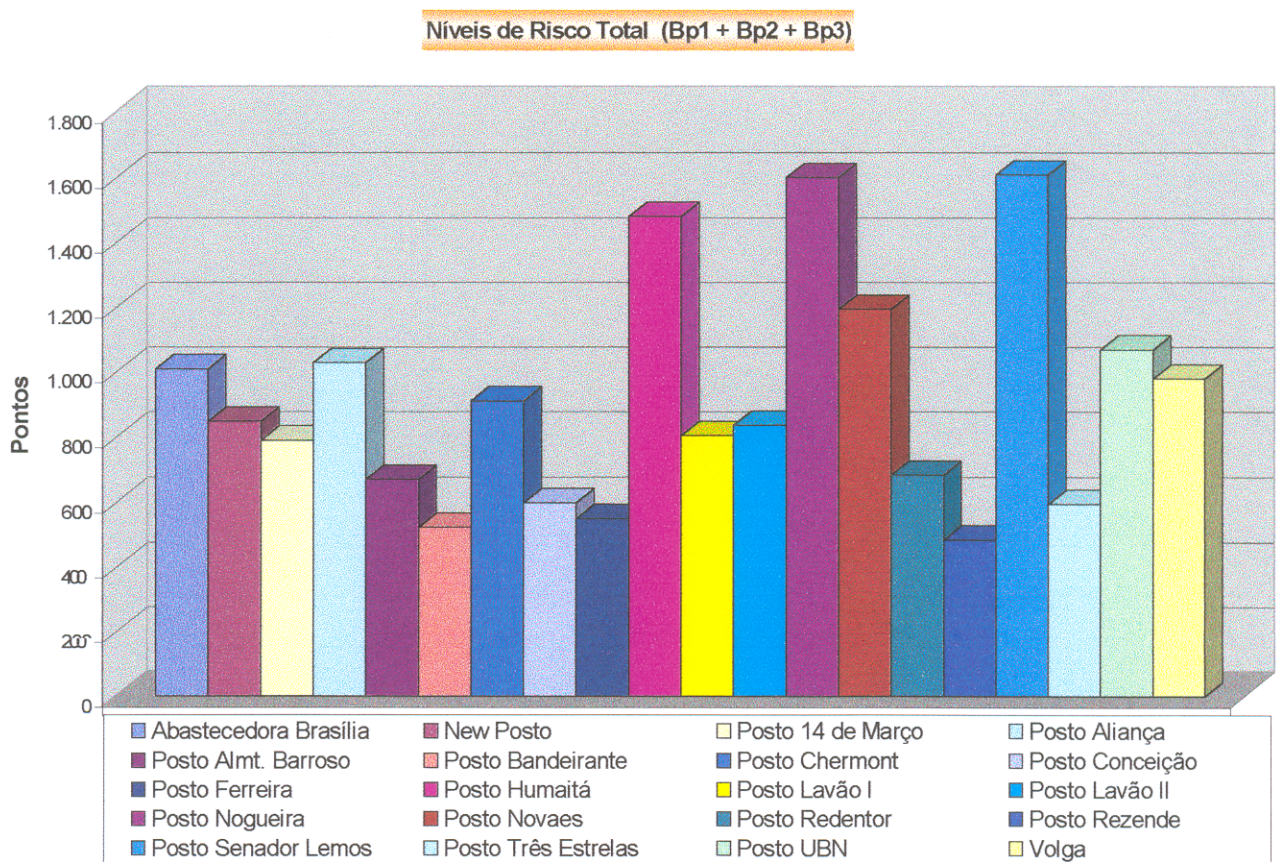


Figura 8 - Nível de Risco referente à somatória de todos os Bens a Proteger..

7.5 – AVALIAÇÃO DA CONFIABILIDADE DO MÉTODO.

Para verificar a confiabilidade da adequação metodológica proposta, o método de avaliação foi aplicado no posto Senador Lemos, que está sendo investigado pelo Ministério Público, após denúncia de que estaria contaminando o lençol freático da área próxima ao seu entorno. De acordo com os laudos de análise química (em anexo) cedidos pela empresa PETEM - Hidrogeologia e Poços Ltda., o solo do local está contaminado por hidrocarbonetos em profundidades que variavam do nível zero (superfície) ao nível estático do lençol freático localizado a 5,30 metros abaixo da superfície (poço de observação aberto junto ao posto revendedor).

Ao aplicar o método, verificou-se que a propagação de contaminantes por meio de água superficial é inexistente em função do posto estar em uma área de cota elevada, onde não existe a presença de drenagens superficiais de água nem a possibilidade do local sofrer enchentes.

O lençol freático e artesiano da área está contaminado (comprovado por análises químicas) e esse aquífero é utilizado por várias famílias para abastecimento domiciliar (poços artesianos e tipo Amazonas).

A textura predominante do solo é areno/argilosa e o nível sazonal mais elevado da água subterrânea (< 5,30 metros) entra em contato com o solo contaminado.

As rochas onde os principais aquíferos estão localizados são de idade Quaternária.

Apesar de não se ter notado a presença de gases em edificações vizinhas, nem ter-se conhecimento da ocorrência de acidentes ou eventos importantes provocados por gases, os mesmos foram identificados através de análises químicas realizadas nos solos da área contaminada.

O posto opera em uma região densamente povoada, onde se identificou a existência de bens a proteger, são eles: a) galeria de drenagem pluvial, b) edifício multifamiliar, c) poços para abastecimento doméstico de água, d) escolas e e) templos. A presença desses bens classifica o posto com sendo da classe 2, segundo a norma NBR 13.786/97 da ABNT.

Os tanques de armazenamento de combustíveis existentes no posto, no momento do vazamento, eram de aço carbono com pintura anticorrosiva. Eles estão portanto fora das normas de segurança para instalações subterrâneas de combustíveis em postos de serviços (NBR 13.786/97). O mesmo acontece com as tubulações condutoras de combustíveis para os tanques de

armazenamento e destes para as bombas de abastecimento dos veículos que eram de aço carbono sem proteção anticorrosiva .

O posto não possui nenhum dos equipamentos de proteção contra vazamentos e derramamentos de combustíveis previstos pela NBR 13.786/97 da ABNT (está fora da norma).

No aspecto de proteção contra possíveis transbordamentos ocorridos durante o abastecimento dos tanques de armazenagem do posto, foi verificado que no posto em questão a descarga de combustíveis é realizada através de um processo selado com câmara de contenção de descarga. Esse tipo de procedimento é utilizado normalmente em postos da classe 1 (NBR-13.786/97).

A avaliação acima foi registrada na ficha cadastral do posto e na ficha de valoração (Anexos B, página 80). As informações foram obtidas por intermédio de visita ao local, coleta de informações junto às pessoas que moram na vizinhança do posto, que trabalham no local, junto à empresa PETEM e junto à distribuidora de combustível. Posteriormente, os dados foram transferidos para uma ficha de pontuação e então foi realizado o cálculo que determina os níveis de risco de contaminação ambiental existente naquele local (Anexo C, página 89).

O resultado desta avaliação indicou que o posto de abastecimento avaliado apresentou um dos mais altos níveis de risco de contaminação ambiental entre todos os postos analisados.

Toda metodologia de avaliação de riscos **opera no campo probabilístico**, e o fato de um posto apresentar alta pontuação em uma avaliação de risco, não significa obrigatoriamente que ele esteja contaminando a área onde ele está localizado. Contudo, no caso do Posto Senador Lemos o alto potencial de risco verificado, que indicaria a necessidade de uma investigação mais profunda, mostrou o bom funcionamento do método adaptado. As empresas que estudam a área confirmaram a contaminação dos aquíferos por hidrocarbonetos.

8 – CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS.

O método de avaliação de risco de contaminação ambiental por hidrocarbonetos, adaptado a partir do método criado em 1991 no estado de Nordrhein Westfalem – Alemanha, embora apresente algumas deficiências por generalizar vários parâmetros do meio físico, demonstra ser um bom instrumento de trabalho devido à facilidade ofertada na obtenção e manuseio das informações requeridas.

O baixo custo dos investimentos exigido pelo método para classificar os postos de combustíveis existentes, de acordo com o risco potencial de contaminação ambiental que os mesmos apresentem viabiliza uma distribuição mais precisa dos recursos temporais e financeiros destinados à preservação do meio ambiente.

A ficha cadastral desenvolvida para coletar dados no campo demonstrou ser um instrumento eficaz e de manuseio simples, podendo ser trabalhada por técnicos de graduação média que tenham noções básicas de dimensionamento de áreas, topografia, hidrologia e química.

A ficha de pontuação, que é preenchida a partir de dados obtidos na ficha cadastral, segue a mesma seqüência de armazenamento de dados apresentado por esta. As operações matemáticas exigidas para definição do grau de risco da área analisada resumem-se em soma e multiplicação (operações básicas). A utilização seqüencial das informações contidas nas duas fichas funciona de forma eficaz para uma primeira classificação do grau de risco apresentado por um posto de combustível. Serve ainda para a definição de áreas prioritárias que devem receber avaliações complementares (exames físico-químicos para detecção de possíveis contaminações)

O treinamento funcional ofertado aos frentistas (operadores de bomba de abastecimentos de combustíveis), associado a pavimentação em cimento existente nos locais de abastecimento dos veículos, reduziu de forma significativa o risco de contaminação por contato direto com combustíveis dentro dos posto de abastecimento. No entanto, o nível de risco de contaminação ambiental apresentado pelo seguimento de revenda de combustíveis na área estudada, revelou que 70% dos locais avaliados apresentavam pontuação acima de 300 pontos e em uma ou mais classes de bem a proteger. Isso caracteriza a área estudada como tendo um elevado risco de contaminação. Esse risco poderia ser reduzido se os postos de combustível obedecessem a norma NBR 13.786 de 03/1997. Isso certamente reduziria os riscos ambientais a níveis razoáveis (< 300 pontos).

Para finalizar, deve-se destacar que o método aplicado além de possuir um bom fator custo/benefício, mostrou-se eficiente e de fácil aplicação. Dessa forma, atendeu plenamente o objetivo do trabalho de pesquisa, podendo ter grande aplicabilidade para os órgãos governamentais responsáveis pela fiscalização ambiental.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1997 - *Coletânea de Normas para Postos de Serviços (NBRs 7.505, 13.212, 13.220, 13.312, 13.784, 13.786)*.
- AGENCIA NACIONAL DO PETRÓLEO (ANP), 1991 - *Portaria ANP 23/91*.
- AGENCIA NACIONAL DO PETRÓLEO (ANP), 1991 - *Regulamento Técnico DNC nº 01/91*.
- AGENCIA NACIONAL DO PETRÓLEO (ANP), 2000 - *Decreto nº 3.552 / 2000*.
- BUONICORE, A. J., 1995 – *Cleanup criteria for contaminated soil and groundwater* – Filadelfia Air and Waste Management Association. 326p. (ASTM-DS64).
- CANADIAN COUNCIL OF MINISTERS OF THE ENVIROMENT (CCME), 1992 – *National classification system for contaminated sites*. Ottawa, Ontário. Canadá.
- CERRI, L. E. S., 1993 - *Riscos Geológicos Associados a Escorregamentos* : Uma Proposta para Prevenção de Acidentes. Rio Claro, IGCE-Unesp. 197p. (Tese Doutorado)..
- CERRI, L. E. S. & AMARAL, C. P. , 1998 – Riscos geológicos. In: OLVEIRA, A. M. dos S. & BRITO, S. N. de. *Geologia de Engenharia*. São Paulo, ABGE. p. 301-310 (cap. 18).
- COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL (CETESB), 1997a – Estabelecimento de padrões de referência de qualidade e valores de intervenção para solos e águas subterrâneas no estado de São Paulo. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL SOBRE QUALIDADE DE SOLOS E ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, 2. São Paulo. CETESB p.
- COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL (CETESB), 1997b – *Cadastro de Área Contaminada. Projeto de Recuperação do solo e das Águas Subterrâneas em Áreas de Disposição de Resíduos Industriais*. CETESB, GTZ, IG. São Paulo.

- CORDAZZO, J., MALISKA, C., CORSEUIL, H., 2000 - *Modelo de análise de risco para locais contaminados com hidrocarbonetos de petróleo e álcool* - Disponível em <http://www.sinmec.ufsc.br>. Acesso em outubro de 2000.
- CORSEUIL, H. X. & MARTINS, D. M. M., 1997 – Contaminação de água subterrânea por derramamentos de gasolina. *Revista Engenharia Sanitária e Ambiental*, 2: 50-54, abr./jun.
- COSTA, T. C. D. da, 2001 – *Análise crítica das metodologias gerais de mapeamento geotécnico visando formulação de diretrizes para a cartografia geotécnica no Trópico Úmido e aplicação na Região Metropolitana de Belém, escala 1:50.000*. Belém, Universidade Federal do Pará. Centro de Geociências, 2v . (Tese Doutorado em Geologia).
- DAHMANI, M. A. *et al.*, 1993 – Measurement of motor fuel contaminated soil leachate. In: KOSTECKI, P. T. & CALABRESE, E. J. (Ed.). *Hydrocarbon Contaminated Soil and Groundwater*. Chelsea Michigan: Lewis, v.3 p. 123-144.
- DEPARTAMENTO DE SALUD HUMANA Y SERVICIOS DE LOS E.E.U.U, 1992 - *Evaluacion de Riesgos en Salud por la Exposicion a Residuos Peligrosos*. - Atlanta, Georgia 30333 – 1992.
- DETRAN – PA. , 2001 – *Frota de veículos do Estado do Pará* – Disponível em www.detran.org.br. Acesso em junho de 2001.
- DUARTE, U., 1980 – *Geologia Ambiental da Área de São Paulo (SP). Vetor Águas Subterrâneas*. São Paulo. IG / USP. (Tese Doutorado)
- EWERS, U; VIERECK - GÖTTEL, L., 1994 – *Ableitung und Begründung länderrübergreifender nutzungs und schutzgutbezogene Prüfwert zur Beurteilung von Bodenverunreinigung.- Altlasten-Spectrum*, nº 4.

- FERNANDES, M. & CORSEUIL, H. X., 1996 – Contaminação de Águas Subterrâneas por Derramamento de Gasolina: Efeito Cossolvência. In: SIMPÓSIO ÍTALO – BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL (SIMBESA), 3., Gramado – RS.....
- FERREIRA, J. & ZUQUETTE, L. V., 1998 – Considerations on the interactions between hydrocarbons pollutants and the environmental components. *Geociências*, São Paulo, 17 (2): 527 – 557.
- FETTER, C. W., 1993 – *Contaminant Hydrogeology*. New York: Macmillan, 458 p.
- FETTER, C. W., 1994 – *Applied Hydrogeology*. 3 ed. New York: Macmillan, 691 p.
- FOSTER, S. & HIRATA, R., 1988 – *Groundwater pollution risk evaluation: the methodology using available data*. Lima, CEPIS-PAHO/WHO. 78 p.
- GOUVEIA, P. R. A., 2000 – *Proposta de um Modelo de Gestão de Segurança e Meio ambiente para Postos de Serviços*. Belém, UNAMA. (Monografia do Curso de especialização em Engenharia de Segurança).
- HAGERTY, D.; PAVONI, L.; HERR, J. 1973. *Solid Waste Management*. New York, Van Nostrand Reinhold, p.242-262.
- HASAN, S. E., 1996 – *Geology and Hazardous Waste Management*. New Jersey: Prentice-Hall, 387 p.
- HASSUDA, S., 1997 – *Crítérios para Gestão de Áreas Suspeitas ou Contaminadas por Resíduos Sólidos: Estudo de Caso na Região Metropolitana de São Paulo*. São Paulo, USP. (Tese Doutorado).

- HIRATA, R., 1994 – *Fundamentos e Estratégias de Proteção e Controle da Qualidade das Águas Subterrâneas: Estudo de Casos no Estado de São Paulo*. São Paulo, IG-USP. (Tese Doutorado).
- HIRATA, R.; BASTOS, C.; ROCHA, G., 1992 - *Mapa de Vulnerabilidade e Risco de Poluição das Águas Subterrâneas do Estado de São Paulo*. IG, CETESB, DAEE . São Paulo 2v.
- HIRATA, R.; BASTOS, C.; ROCHA, G.; IRITANI, M.; GOMES, D., 1991 - *Groundwater Pollution Risk Vulnerability Map of the São Paulo State – Brasil*. Water Sci. Tech, 24: 236-246.
- LE GRAND, H. E., 1964 – *System for Evaluating the Contamination Potential of some Wastes Sites*. American Water Works Association Journal, v. 56, 8: 959-974.
- MANUAL DE LEGISLAÇÃO ATLAS, 1998 - Manual de Segurança e Medicina do Trabalho, 42.ed. Editora Atlas.
- MELFI, A. J., CERRI, C. C., FRITSCH, E., 1997 – Solos tropicais: formação e transformação (degradação) dos sistemas pedológicos lateríticos. In: SIMPÓSIO DA ACADEMIA BRASILEIRA DE CIÊNCIA, São Paulo. *A Importância da ciência para o desenvolvimento nacional*. São Paulo, USP. 45 p.
- MERCER, J. W. & COHEN, R. M., 1990 – A review of immiscible fluids in the sub-surface: properties, models, characterization and remediation. *Journal of Contaminant Hydrology*, 6: p. 63-107.
- MINISTERIUM FÜR UMWELT BADEN-WÜRTTEMBERG (MUBW), 1989 – *Altlasten-Handbuch*. Teil I. Altlasten-Bewertung. Baden-Württemberg.
- POHLAND, F.G. ,1980 – Leachate recycle as a management option. In: *Proceedings of Leachate Management Seminar*. University of Toronto. Ontario.

- RAHN, P. H., 1986 - *Engineering Geology: an environmental approach*. - New York: Elsevier Science Publishing. 589 p.
- ROBBINS, E. A., ROBERTSON, M., STEUBE, G., 1993 - *False identification of BTEX compounds using EPA Method 8020: Hydrocarbon contaminated soils and groundwater*. v3 p. 93 - 110.
- ROSTAD, H., 1976 - *Behavior of oil spills with emphasis on the North Sea*. Report of the Continental Shelf Inst, Trondheim.
- SECTAM, 1998 - *Programa de Adequação dos Posto de Abastecimento de Combustíveis à NBR 13.786 de 03 / 1997*.
- SELLERS, K., 1999 - *Fundamentals of hazardous waste site remediation* - Lewis Publishers, 326p.
- SHELL BRASIL S/A (PETRÓLEO), 1982 - *Curso de Lubrificação Industrial, "O Petróleo"* 31p.
- SIEGRIST, R. L., 1989 - *International review of approaches for establishing cleanup goals for hazardous waste contaminated land*. Norway: Institute of Georesources and Pollution Research. 81p.
- UNITED STATE OF AMERICA, 2000 - *Code of Federal Regulations (Cfr)*. Disponível em <http://www.gpo.gov>. Acesso em março de 2000.
- USEPA - U.S. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY, 1991 - *Groundwater issue*. 21p. (Report nº EPA/540/4-91/002).
- VAQUERA VARGAS, A., 1985 - *Alteração Supergênica dos Basaltos de Porto Franco - Grajaú - Ma*. Belém, UFPA. CG. (Dissertação de Mestrado).

VISSER, W. J. F., 1994 – *Contaminated land policies in some industrialized countries*. 2 ed. Hague: Technical Soil Protection Committee. 149 p.

YARON, B., 1989 – On the behavior of petroleum hydrocarbon in the unsaturated zone: abiotic aspects. In: GERSTL Z., CHEN Y., MINGELGRIN U., YARON B. (eds.). *Toxic organic chemicals in porous media*. Springer, Berlin Heidelberg New York, p. 211-230.

YARON, B., CALVET, R., PROST, R., 1996 – *Soil pollution, processes and dynamics*. Berlin, Springer, 310 p.

ANEXOS

ANEXO A

FICHA DE INFORMAÇÃO DE SEGURANÇA SOBRE PRODUTO QUÍMICO
PRODUTO : ÓLEO DIESEL

1 – IDENTIFICAÇÃO

NOME/MARCA COMERCIAL:	ÓLEO DIESEL
NOME QUÍMICO:	N.A.
SINONÍMIA:	N.A.
FAMÍLIA OU FUNÇÃO QUÍMICA:	HIDROCARBONETOS
FÓRMULA QUÍMICA:	N.A.

2 – COMPOSIÇÃO

HIDROCARBONETOS
CORANTE
DISPERSANTE

3 – PROPRIEDADES FÍSICAS E QUÍMICAS (valores típicos)
--

ESTADO FÍSICO/APARÊNCIA/ODOR:	Produto líquido à temperatura ambiente, avermelhado (cor ASTM, 3.0 max.)
FAIXA DE DESTILAÇÃO:	100 a 400 °C @ 101,325 kpa (760 mmHg)
PONTO DE FUSÃO:	N.D.
PRESSÃO DE VAPOR:	N.D.
DENSIDADE DO VAPOR (ar=1):	N.D.
DENSIDADE (água=1):	0,850 @ 20/4 °C
VISCOSIDADE:	3,8cSt @ 37,8 °C
VOLÁTEIS:	N.D.
TAXA DE EVAPORAÇÃO:	N.D.
pH.:	N.A.
SOLUBILIDADE (água):	Desprezível
SOLUBILIDADE (solventes orgânicos):	Solúvel
N.A. : Não aplicável	N.D. : Não disponível

FICHA DE INFORMAÇÃO DE SEGURANÇA SOBRE PRODUTO QUÍMICO

PRODUTO : ÓLEO DIESEL

4 – REATIVIADE

ESTABILIDADE: Estável

TEMPERATURA DE DECOMPOSIÇÃO: 400 °C

PRODUTOS DE DECOMP. TÉRMICA: Hidrocarbonetos de Maior e Menor Peso Molecular

POLIMERIZAÇÃO DESCONTROLADA: Não Ocorre

MATERIAIS INCOMPATÍVEIS: Oxidantes Em Geral

5 - RISCOS DE INCÊNDIO

PONTO DE FULGOR: entre 0 e 100 °C

PONTO DE COMBUSTÃO: N.D.

PONTO DE AUTO-IGNIÇÃO: N.D.

LIMITES DE EXPLOSIVIDADE/INFLAMABILIDADE: Inferior N.D.
Superior: N.D.

6 – PROPRIEDADES TOXICOLÓGICAS

CLASSIFICAÇÃO: Substância que altera o comportamento
 Asfixiante
 Asfixiante químico
 Irritante
 Corrosivo
 N.A

LIMITE DE ODOR: N.D.

N.A. : Não aplicável

N.D. : Não disponível

FICHA DE INFORMAÇÃO DE SEGURANÇA SOBRE PRODUTO QUÍMICO

PRODUTO : ÓLEO DIESEL

LIMITE DE TOLERÂNCIA BIOLÓGICO (LTB):	N.D.
CONCENTRAÇÕES E DOSES LETAIS:	Ingestão: > 5g / Kg DL50 (rato) Inalação: N.D. Pele: > 5g / KgDL50 (coelho)
IDLH:	N.D.

7 - EFEITOS TÓXICOS

AGUDOS LOCAIS: Sistema respiratório: Irritação da mucosa do trato respiratório
Olhos: Irritação da conjuntiva
Pele: Irritação (em exposição constante pode causar dermatite)

AGUDOS SISTÊMICOS: Dor de cabeça, sonolência e lassidão

CRÔNICOS: Irritação do trato respiratório após inalação repetida de névoa
Leve irritação nos olhos
Pessoas suscetíveis a dermatites podem agravar sua condição após contato repetido

8 – GLOSSÁRIO

Dose Letal (DL): Dose capaz de provocar a morte de um animal de uma população especificada

DL50: Significa que a morte ocorre em 50% da população animal exposta. Esta notação somente será válida se a via de exposição não for a inalação.

Limite de Tolerância Biológico(LTB): Representa o nível não nocivo de substâncias químicas, ou de seus produtos de biotransformação em material biológico, no qual não se observa risco significativo ou efeitos nocivos para a saúde.

IDLH (Immediately Dangerous to Life or Health) : Concentração máxima a que a maioria dos trabalhadores pode ficar exposta por 30 minutos, sem sintomas prejudiciais ou efeitos irreversíveis à saúde. Índice estabelecido pelo National Institute of Occupational Safety and Health - NIOSH.

Fonte: TEXACO / 1994

FICHA DE INFORMAÇÃO DE SEGURANÇA SOBRE PRODUTO QUÍMICO

PRODUTO : GASOLINA

1 – IDENTIFICAÇÃO

NOME / MARCA COMERCIAL:	GASOLINA C
NOME QUÍMICO:	N.A.
SINONÍMIA:	GASOLINA
FAMÍLIA OU FUNÇÃO QUÍMICA:	HIDROCARBONETOS
FÓMULA QUÍMICA:	C4 A C12

2 – COMPOSIÇÃO

HIDROCARBONETOS	Saturados :	32% a 52% (em peso)
	Olefnicos:	19% a 32% (em peso)
	Aromáticos:	29% a 39% (em peso)
BENZENO:		< 2%
ALCOOL ETÍLICO ANIDRO COMBUSTÍVEL:		20 % (em volume)

3 – PROPRIEDADES FÍSICAS E QUÍMICAS (valores típicos)
--

ESTADO FÍSICO/APARÊNCIA/ODOR:	Líquido amarelado, límpido e isento de material em suspensão, com odor forte característico
FAIXA DE DESTILAÇÃO:	27 a 220 °C @ 101,325 kpa (760 mmHg)
PONTO DE FUSÃO:	N.D.
PRESSÃO DE VAPOR:	0,70 Kgf/cm ² (max.)
DENSIDADE DO VAPOR (ar=1):	4
DENSIDADE (água=1):	0,750 @ 20/4 °C
VISCOSIDADE:	0,41cSt @ 37,8 °C
VOLÁTEIS:	100% volume
TAXA DE EVAPORAÇÃO:	> 1 (acetato de n-butila=1)
pH.:	N.A.
SOLUBILIDADE (água):	Desprezível
SOLUBILIDADE (solventes orgânicos):	Solúvel
N.A. : Não aplicável	N.D. : Não disponível

FICHA DE INFORMAÇÃO DE SEGURANÇA SOBRE PRODUTO QUÍMICO

PRODUTO : GASOLINA

4 - REATIVIADE

ESTABILIDADE: Estável

TEMPERATURA DE DECOMPOSIÇÃO: N.D.

PRODUTOS DE DECOMP. TÉRMICA: Peróxidos e gomas

POLIMERIZAÇÃO DESCONTROLADA: Não Ocorre

MATERIAIS INCOMPATÍVEIS: Oxidantes em geral e oxigênio concentrado

5 - RISCOS DE INCÊNDIO

PONTO DE FULGOR: < -43 °C (vaso fechado)

PONTO DE COMBUSTÃO: N.D.

PONTO DE AUTO-IGNIÇÃO: 257 °C

LIMITES DE EXPLOSIVIDADE/INFLAMABILIDADE: Inferior 1,4
Superior: 7,6

6 – PROPRIEDADES TOXICOLÓGICAS

CLASSIFICAÇÃO: () Substância que altera o comportamento
() Asfixiante
() Asfixiante químico
() Irritante
() Corrosivo
(x) N.A

LIMITE DE ODOR: N.D.

N.A. : Não aplicável

N.D. : Não disponível

FICHA DE INFORMAÇÃO DE SEGURANÇA SOBRE PRODUTO QUÍMICO

PRODUTO : GASOLINA

LIMITE DE TOLERÂNCIA BIOLÓGICO (LTB):	N.D.
CONCENTRAÇÕES E DOSES LETAIS:	Ingestão: 10 a 15g (criança) Inalação: 900 ppm (homem -1h); tontura, irritação nos olhos, nariz e garganta Pele: N.D.
IDLH:	N.D.

EFEITOS TÓXICOS

AGUDOS LOCAIS: Sistema respiratório: Irritação das vias aéreas superiores
Olhos: Irritação com congestão da conjuntiva
Pele: Irritação e ressecamento

AGUDOS SISTÊMICOS: Dor de cabeça, náuseas e tonteira. Inalação prolongada pode provocar perda de consciência após sensação de embriagues.

CRÔNICOS: Irritação crônica das vias aéreas superiores.
Conjuntivite crônica
Contatos prolongados com a pele podem causar dermatites

INFORMAÇÕES ADICIONAIS: Os principais riscos estão associados a ingestão (irritação da mucosa digestiva) e a aspiração (pneumonia química).

8 - GLOSSÁRIO

Dose Letal (DL): Dose capaz de provocar a morte de um animal de uma população especificada

DL50: Significa que a morte ocorre em 50% da população animal exposta. Esta notação somente serra válida se a via de exposição não for a inalação.

Limite de Tolerância Biológico(LTB): Representa o nível não nocivo de substâncias químicas, ou de seus produtos de biotransformação em material biológico, no qual não se observa risco significativo ou efeitos nocivos para a saúde.

IDLH (Immediately Dangerous to Life or Health) : Concentração máxima a que a maioria dos trabalhadores pode ficar exposta por 30 minutos, sem sintomas prejudiciais ou efeitos irreversíveis à saúde. Índice estabelecido pelo National Institute of Occupational Safety and Health - NIOSH.

Fonte: TEXACO / 1994

FICHA DE INFORMAÇÃO DE SEGURANÇA SOBRE PRODUTO QUÍMICO
PRODUTO : ÓLEO LUBRIFICANTE

1 - IDENTIFICAÇÃO

NOME/MARCA COMERCIAL:	ÓLEO LUBRIFICANTE
NOME QUÍMICO:	N.A.
SINONÍMIA:	N.A.
FAMÍLIA OU FUNÇÃO QUÍMICA:	HIDROCARBONETOS
FÓMULA QUÍMICA:	N.A.

2 - COMPOSIÇÃO

ÓLEO MINERAL PARAFINICO
 ÓLEO MINERAL NAFTÊNICO
 ADITIVOS

3 – PROPRIEDADES FÍSICAS E QUÍMICAS (valores típicos)
--

ESTADO FÍSICO/APARÊNCIA/ODOR:	Produto líquido à temperatura ambiente, límpido e transparente.
FAIXA DE DESTILAÇÃO:	N.A.
PONTO DE FUSÃO:	N.A.
PRESSÃO DE VAPOR:	< 666,5 Pa (< 5 mmHg) @ 25 °C
DENSIDADE DO VAPOR (ar=1):	N.A.
DENSIDADE (água=1):	0,860 a 0,960 @ 20/4 °C
VISCOSIDADE:	3,2 a 3200 cSt @ 40 °C (método ASTM-D445)
VOLÁTEIS:	< 0,01% peso @ 25°C
TAXA DE EVAPORAÇÃO:	N.A.
pH.:	N.A.
SOLUBILIDADE (água):	Desprezível
SOLUBILIDADE (solventes orgânicos):	Solúvel

N.A. : Não aplicável

N.D. : Não disponível

FICHA DE INFORMAÇÃO DE SEGURANÇA SOBRE PRODUTO QUÍMICO
PRODUTO : ÓLEO LUBRIFICANTE

4 - REATIVIADE

ESTABILIDADE: Estável

TEMPERATURA DE DECOMPOSIÇÃO: N.D.

PRODUTOS DE DECOMP. TÉRMICA: Hidrocarbonetos, CO, CO₂, aldeídos, cetonas, e produtos da combustão de Li, S, Pb e P.

POLIMERIZAÇÃO DESCONTROLADA: Não Ocorre

MATERIAIS INCOMPATÍVEIS: Oxidantes fortes

5 - RISCOS DE INCÊNDIO

PONTO DE FULGOR: 70 °C mínimo

PONTO DE COMBUSTÃO: N.D.

PONTO DE AUTO-IGNIÇÃO: N.D.

LIMITES DE EXPLOSIVIDADE/INFLAMABILIDADE: Inferior N.A.
Superior: N.A.

6 – PROPRIEDADES TOXICOLÓGICAS

CLASSIFICAÇÃO: () Substância que altera o comportamento
() Asfixiante
() Asfixiante químico
() Irritante
() Corrosivo
(x) N.A

LIMITE DE ODOR: N.D.

N.A. : Não aplicável

N.D. : Não disponível

FICHA DE INFORMAÇÃO DE SEGURANÇA SOBRE PRODUTO QUÍMICO

PRODUTO : ÓLEO LUBRIFICANTE

LIMITE DE TOLERÂNCIA BIOLÓGICO (LTB):	N.D.
CONCENTRAÇÕES E DOSES LETAIS:	Ingestão: > 5g / Kg DL50 (rato) Inalação: N.D. Pele: > 3g / KgDL50 (coelho)
IDLH:	N.D.

7 - EFEITOS TÓXICOS

AGUDOS LOCAIS: Sistema respiratório: Irritação de leve a moderada
Olhos: Irritação leve a moderada da conjuntiva
Pele: Irritação da derme de leve a moderada

AGUDOS SISTÊMICOS: Dor de cabeça, sonolência e lassidão

CRÔNICOS: Irritação do trato respiratório após inalação repetida de névoa
Leve irritação nos olhos
Pessoas suscetíveis a dermatites podem agravar sua condição após contato repetido

8 – GLOSSÁRIO

Dose Letal (DL): Dose capaz de provocar a morte de um animal de uma população especificada

DL50: Significa que a morte ocorre em 50% da população animal exposta. Esta notação somente será válida se a via de exposição não for a inalação.

Limite de Tolerância Biológico(LTB): Representa o nível não nocivo de substâncias químicas, ou de seus produtos de biotransformação em material biológico, no qual não se observa risco significativo ou efeitos nocivos para a saúde.

IDLH (Immediately Dangerous to Life or Health) : Concentração máxima a que a maioria dos trabalhadores pode ficar exposta por 30 minutos, sem sintomas prejudiciais ou efeitos irreversíveis à saúde. Índice estabelecido pelo National Institute of Occupational Safety and Health - NIOSH.

Fonte: TEXACO / 1994

ANEXO B

FICHA CADASTRAL DE ÁREAS CONTAMINADAS

1 - IDENTIFICAÇÃO DA ÁREA

1.1 – Data de inspeção: 02 de março de 2001

1.2 - Data de atualização: -----

1.3 – Inspetores: Claudio Chaves

1.4 – Denominação atual do local: Posto Senador Lemos

1.5 – Endereço: Av. Senador Lemos esquina com a Tv. Manoel Evaristo .

Bairro: Umarizal

CEP.:

1.6 – Proprietário: J. Longo

1.7 – Tipo de fonte potencial de Contaminação

 Álcool Gasolina Óleo Diesel Resíduos de Lavagem Óleo Lubrificante

1.8 – Situação atual quanto ao funcionamento

 Ativa (o) Desde : 03 / 1952 Desativado Funcionou de: _____ até _____

1.9 – Classificação da área

 Área Suspeita

Motivo:

 Avaliação preliminar Área Contaminada Investigação Local Área Excluída Remediação

Reclassificação:

Data:

Motivo:

Área Contaminada

Investigação local

II – POSTO INDUSTRIAL / COMERCIAL

01 - Número de funcionários : 14

02 – FONTES DE CONTAMINAÇÃO : (Critério Principal 1)

Produtos Armazenados / Comercializados

PRODUTOS	Volumes médios mensais (M³)	
	Armazenado	Comercializado
Óleo Diesel	3,0	20,0
Gasolina	30,0	175,0
Alcool	5,0	25,0
Lubrificantes	0,6	1,2
Outros	-----	-----
Volume Total	38,6	221,2

III - DESCRIÇÃO DA ÁREA E SUA ADJACÊNCIAS (raio de 100 m.)

01 – PROPAGAÇÃO VIA SOLO : (Critério Principal 2A)

1.1 – Resultado de análise de solo (profundidade de 0 a 1 metro)

(x) Contaminado () Não Contaminado () Desconhecido

1.2 – Resultado de análise de solo (profundidade > 1metro)

(x) Contaminado () Não Contaminado () Desconhecido

1.3 – Eventos importantes

() Danos a vegetação (PA)

() Danos materiais

() Explosões / incêndios

() Desconhecidos

(x) Inexistentes

1.4 – Indicativos visíveis na Superfície do Solo.

- Odor / presença de contaminantes
- Coloração
- Desconhecido
- Inexistente

02 – PROPAGAÇÃO VIA ÁGUA SUPERFICIAL: (Critério Principal 2B)**2.1 – Existência de água superficial contaminada por influência da área.**

- Não
- Sim, utilizada para abastecimento público.
- Sim, utilizada para abastecimento domiciliar.
- Sim, utilizada para recreação.
- Sim, não utilizada.
- Desconhecida.
- Confirmada por análise ou presença de produto

2.2 – Possibilidade de influência direta da área sobre águas superficiais

- Não.
- Sim, utilizada para abastecimento público.
- Sim, utilizada para abastecimento domiciliar.
- Sim, utilizada para recreação
- Sim, não utilizada
- Desconhecida

2.3 – Possibilidade de enchente na área e uso da água superficial.

- Não.
- Sim, utilizada para abastecimento público.
- Sim, utilizada para domiciliar e/ou recreação
- Sim, não utilizada
- Desconhecida

03 – PROPAGAÇÃO VIA ÁGUA SUBTERRÂNEA : (Critério Principal 2C)**3.1 – Existência de água subterrânea contaminada por influência da área .**

- Sim, confirmada por análise ou por presença de produto
 Não
 Desconhecida

3.2 – Uso da água subterrânea afetada pela contaminação .

- Abastecimento público e/ou domiciliar
 Recreação
 Industrial
 Desconhecido
 Inexistente

3.3 – Textura predominante do solo

- Arenosa / Siltosa Areno-Argilosa Argilosa

3.4 – Nível sazonalmente mais elevado da água subterrânea .

- Em contato com o solo contaminado
 Abaixo do solo contaminado ($\leq 5\text{m}$ de profundidade)
 Muito abaixo do solo contaminado ($> 5\text{m}$ de profundidade)
 Desconhecido

3.5 – Contexto hidrogeológico da área .

- Quaternário, Terciário em área de recarga, Cárstico, Cristalino aflorante, Cristalino com manto arenoso em área de recarga
 Terciário em área de descarga, Cristalino com manto argiloso em área de recarga, Cristalino com manto arenoso em área de descarga
 Cristalino com manto argiloso em área de descarga
 Desconhecido

04 – PROPAGAÇÃO VIA AR DO SOLO : (Critério Principal 2D)**4.1 – Qualidade do ar do solo**

- Contaminado
 Não contaminado
 Desconhecido

4.2 – Ocorrência de acidentes e/ou eventos importantes

- Explosões, incêndios e danos a saúde
 Emissão perceptível de gases e vapores
 Danos materiais
 Danos a vegetação
 Desconhecida
 Inexistente

4.3 – Presença de gases em edificações vizinhas.

- Sim Não Desconhecida

4.4 - Distância até a edificação mais próxima.

- Até 30 metros
 De 30 a 60 metros
 Acima de 60 metros
 Edificações Inexistentes

05 – BENS A PROTEGER : (Critério Principal 3A)**5.1 – Caracterização da área ao redor do posto de serviços (raio de 100metros).**

- Galeria de drenagem pluvial, (Cl.1)
 Galeria de esgoto ou de serviços, (Cl.1)
 Fossa séptica em quota igual ou inferior aos tanques de combustível, (Cl.1)
 Edifício multifamiliar sem garagem subterrânea, com até 4 andares. (Cl.1)
 Edifício multifamiliar com garagem subterrânea, com mais de 4 andares, (Cl.2)
 Favela próxima em quota igual ou inferior; (Cl.2)

- Edifício de escritórios comerciais, com 4 ou mais andares; (Cl.2)
- Garagem ou túnel, construídos no subsolo; (Cl.2)
- Poço de água, artesiano ou não, para consumo doméstico; (Cl.2)
- Casa de espetáculo, templo ou escola; (Cl.2)
- Parques e/ou áreas verdes; (Cl.2)
- Parque/escola Infantil; (Cl.3)
- Hospital , (Cl.3)
- Área de proteção ambiental; (Cl.3)
- Metrô (Cl.3)
- Vizinhança com atividades industriais de risco (conforme NR-16) que produzam condições favoráveis a ignição de vapores provenientes de um vazamento; (Cl.3)
- Utilização de água proveniente do subsolo para consumo público (independente do perímetro de 100 metros); (Cl.3)
- Fontes de água, rio ou lago destinados ao abastecimento doméstico; (Cl.3)
- Fontes de água, rio ou lago destinados a reserva de proteção ambiental; (Cl.3)
- Fontes de água, rio, lago ou oceano, destinado à recreação de 1º grau (natação, esqui aquático, mergulho, etc.); (Cl.3)
- Fontes de água destinada a irrigação; (Cl.3)
- Fontes de água destinada a criação natural e/ou intensiva de espécies destinadas a alimentação humana (peixes, camarões, etc.); (Cl.3)
- Nenhum dos itens acima foi encontrado. (C 0)

5.2 – Classificação do P.A. (a maior classificação encontrada em 5.1 \Rightarrow Cl.3>Cl.2>Cl.1>Cl.0)

- Não enquadrado nas normas de segurança atuais
- Classe 0
- Classe 1
- Classe 2
- Classe 3

5.3 – Tipo de proteção dos tanques do parque de armazenamento (PA.) de combustíveis

- Tanques de aço carbono com pintura anticorrosiva;
- Tanques de aço-carbono c/ revestimento resistente a corrosão e proteção catódica (Cl.2)
- Tanques de aço-carbono c/ revest. anti-corrosivo que dispense a proteção catódica (Cl.2)
- Tanques de aço-carbono, com parede dupla, revestimento resistente a corrosão, e com proteção catódica (Cl.3)
- Tanques de aço-carbono, com parede dupla e revestimento anti-corrosivo que dispense a proteção catódica (Cl.3)
- Tanques de aço-carbono c/ parede dupla, sendo a externa de material não metálico (Cl.3)
- Tanques de material não metálico (Cl.2)
- Tanques de material não metálico com parede dupla. (Cl.3)

5.4 – Nível de proteção dos tanques de armazenagem de combustíveis. Obs.: (usar a menor classificação do item anterior)

- Fora das normas de segurança atuais;
- Classe de 0 a 2;
- Classe 3

5.5 - Tipo de proteção das tubulações do parque de armazenamento de combustíveis.

- De aço-carbono, sem proteção;
- De aço-carbono, com proteção contra a corrosão, compatível com a utilizada no tanque.(Cl.2)
- De aço-carbono, de parede dupla, sendo a externa de material não metálico (Cl.3)
- De material não metálico. (Cl.3)

5.6 - Nível de proteção das tubulações. Obs.: (usar a menor classificação do item anterior)

- Fora das normas de segurança atuais;
- Classe 2
- Classe 3

5.7 – Tipo de proteção contra vazamentos.

- Uma única válvula de pé no tanque;
- Uma única válvula de retenção junto a sucção da bomba; (Cl.0)

- Poço de monitoramento de águas subterrâneas. (Cl.0)
- Poço de monitoramento de vapores. (Cl.0)
- Controle de estoque manual ou Controle de estoque automático, que detecte perda de 1L/H, com possibilidade de acerto de 95% (Cl.0)
- Monitoramento intersticial. (Cl.3)

5.8 - Nível de proteção contra vazamentos no PA. (usar a maior classificação do item anterior)

- Fora das normas de segurança atuais
- Classes de 0 a 2
- Classe 3

5.9 – Tipo de proteção contra derramamento.

- Sem proteção contra derramamento;
- Caixa separadora de água e óleo e Câmara de acesso à boca de visita do tanque. (Cl.0 e Cl.1)
- Caixa separadora de água e óleo, Câmara de acesso a boca de visita do tanque e Canaleta de proteção da cobertura de bombas. (Cl.2)
- Caixa separadora de água e óleo, Câmara de acesso a boca de visita do tanque, Canaleta de proteção da cobertura de bombas e Câmara de contenção sob a unidade abastecedora. (Cl.3)

5.10 - Nível de proteção contra derramamentos. (usar a maior classif. do item anterior)

- Fora das normas de segurança atuais
- Classe 1
- Classe 2
- Classe 3

5.11 – Tipo proteção contra transbordamento.

- Sem proteção contra transbordamento;
- Descarga selada e câmara de contenção da descarga selada. (Cl.0, Cl.1)
- Descarga selada, câmara de contenção da descarga selada, válvula de proteção contra transbordamento ou alarme de transbordamento, ou válvula de retenção de esfera flutuante.(Cl.2 e Cl.3)

5.12 - Nível de proteção contra transbordamentos . (usar a maior classif. do item anterior)

- Não enquadrado nas normas de segurança atuais
 Classe 1
 Classe 3

III – ATIVIDADES DESENVOLVIDAS NA ÁREA**1.0 – Investigação confirmatória** **Sim** **Não**

5.1.1: Executante: _____

5.1.2: Data de: Início: ____/____/____ Encerramento: ____/____/____

2.0 – Investigação detalhada **Sim** **Não**

2.1: Executante: PETEM Hidrogeologia e Poços

2.2: Data de: Início: ____/____/____ Encerramento: ____/____/____

3.0 – Análise de risco **Sim** **Não**

3.1: Executante: Claudio chaves

3.2: Data de: Início: 02 / 03 / 2.001 Encerramento: 04 / 03 / 2.001

3.3: Existência de risco à saúde: **Sim** **Não****4.0 – Remediação do local**

4.1: Executante: _____

4.2: Data de: Início: ____/____/____ Encerramento: ____/____/____

4.3: Técnicas empregadas : _____

IV – FONTES DE INFORMAÇÃO

- SECTAM
 Funverde
 Prefeitura
 Pessoas do local
 Empresas
 Outras

ANEXO C

FICHA DE PONTUAÇÃO

Nome do Posto: Posto Senador lemos

Enderêço: Av. Senador Lemos esquina com a Rua Manoel Evaristo

Data da Avaliação: 02 de Março de 2001

Distribuidora: () Atlantic () BR () Esso () Ipiranga
 () Shell/Sabba (x) Texaco () _____

CRITÉRIO PRINCIPAL 1 – FONTES DE CONTAMINAÇÃO
--

Disposição: Tipo de Resíduo	CPn	Bp1 a Bp3	Fn	BP1	BP2	BP3
Resíduo Industrial	3	3	1,9			
		3	(x) 1,9 =	5,70	5,70	5,70

Volumes moviment. por mês	CPn	Bp1 a Bp3	Fn	BP1	BP2	BP3
> 300 m ³	3					
de 150 m ³ a 300 m ³	2	2,0	0,48			
< 150 m ³	1					
		2,0	(x) 0,48 =	0,96	0,96	0,96

Grupo de substância	CPn	Bp1 a Bp6	Fn	BP1	BP2	BP3
Óleo Diesel	2	2,0	0,90			
Álcool	--	---	--			
Gasolina	2	2,0	0,95			
Lubrificantes	2	2,0	0,80			
		2,0	(x) 0,95 =	1,90	1,90	1,90

Soma do Critério Principal 1				8,56	8,56	8,56
-------------------------------------	--	--	--	-------------	-------------	-------------

Critério Principal 2 – Vulnerabilidade dos Parques de Armazenagem

Classific. do posto	CPn	Bp1	Bp2	Bp3	Fn	Bp1	Bp2	Bp3
Classe 0	1,0							
Classe 1	1,5							
Classe 2	2,0	2,0	2,0	2,0				
Classe 3	3,0							
		2,0	2,0	2,0	(x) 1,0 =	2,00	2,00	2,00

Armaz. de Combust.	CPn	Bp1	Bp2	Bp3	Fn	Bp1	Bp2	Bp3
Fora das Normas	3,0	3,0	3,0	3,0				
Classe 2	1,0							
Classe 3	0,0							
		3,0	3,0	3,0	(x) 0,70 =	2,10	2,10	2,10

Tubulações	CPn	Bp1	Bp2	Bp3	Fn	Bp1	Bp2	Bp3
Fora das Normas	3,0	3,0	3,0	3,0				
Classe 2	1,0							
Classe 3	0,0							
		3,0	3,0	3,0	(x) 0,60 =	1,80	1,80	1,80

Vazamentos	CPn	Bp1	Bp2	Bp3	Fn	Bp1	Bp2	Bp3
Fora das Normas	3,0	3,0	3,0	3,0				
Classe 2	1,0							
Classe 3	0,0							
		3,0	3,0	3,0	(x) 0,50 =	1,50	1,50	1,50

Derramamentos	CPn	Bp1	Bp2	Bp3	Fn	Bp1	Bp2	Bp3
Fora das Normas	3,0	3,0	3,0	3,0				
Classe 1	2,0							
Classe 2	1,0							
Classe 3	0,0							
		3,0	3,0	3,0	(x) 0,30 =	0,90	0,90	0,90

Transbordamento	CPn	Bp1	Bp2	Bp3	Fn	Bp1	Bp2	Bp3
Fora das normas	3,0							
Classe 1	2,0	2,0	2,0	2,0				
Classe 2	0,0							
		2,0	2,0	2,0	(x) 0,30 =	0,60	0,60	0,60

Soma do Critério Principal 2 – Vuln. dos Parques de Armaz.	8,90	8,90	8,90					
---	-------------	-------------	-------------	--	--	--	--	--

Critério Principal 3A – Propagação via Solo
--

Análise (0-1 m prof.)	CPn	Bp1	Bp2	Bp3	Fn	Bp1	Bp2	Bp3
Contaminado	3	3,0	3,0	3,0				
Não Contaminado	0							
Análise não realizada	2							
Desconhecido	2							
		3,0	3,0	3,0	(x) 0,30 =	0,90	0,90	0,90

Análise (>1 m prof.)	CPn	Bp1	Bp2	Bp3	Fn	Bp1	Bp2	Bp3
Contaminado	3	3,0	3,0	3,0				
Não Contaminado	0							
Análise não realizada	2							
Desconhecido	2							
		3,0	3,0	3,0	(x) 0,30 =	0,90	0,90	0,90

Eventos Importantes	Cpn	Bp1	Bp2	Bp3	Fn	Bp1	Bp2	Bp3
Danos a vegetação	2							
Danos materiais	2							
Desconhecida	1							
Inexistente	0	0,0	0,0	0,0				
		0,0	0,0	0,0	(x) 0,20 =	0,00	0,00	0,00

Ind. Visíveis (sup.solo)	Cpn	Bp1	Bp2	Bp3	Fn	Bp1	Bp2	Bp3
Odor / pres.contamin.	3							
Coloração	3							
Desconhecido	2							
Inexistente	0	0,0	0,0	0,0				
		0,0	0,0	0,0	(x) 0,20 =	0,00	0,00	0,00

Soma do Critério Principal 3A – Propagação via Solo						1,80	1,80	1,80
--	--	--	--	--	--	-------------	-------------	-------------

Critério Principal 3B – Propagação via Água Superficial
--

Qualidade	CPn	Bp1	Bp2	Bp3	Fn	Bp1	Bp2	Bp3
Não.	0	0,0	0,0	0,0				
Sim, util.abast. público	3							
Sim, util.abast. domicil	3							
Sim, util. recreação	3							
Sim, não utilizada	1							
Desconhecido	2							
		0,0	0,0	0,0	(x) 0,60 =	0,00	0,00	0,00

Infl. direta sobre AS	CPn	Bp1	Bp2	Bp3	Fn	Bp1	Bp2	Bp3
Não.	0	0,0	0,0	0,0				
Sim, abast. público	3							
Sim, abast. domiciliar	3							
Sim, não utilizada	1							
Sim, util. recreação	3							
Desconhecido	2							
		0,0	0,0	0,0	(x) 0,40 =	0,00	0,00	0,00

Possibil. de enchente	Cpn	Bp1	Bp2	Bp3	Fn	Bp1	Bp2	Bp3
Não	0	0,0	0,0	0,0				
Sim, util.abast. público	3							
Sim, util.abast. domicil	3							
Sim, não utilizada	1							
Desconhecido	2							
		0,0	0,0	0,0				

Soma do Critério Principal 3B – Propag. via Água Superficial	0,00	0,00	0,00
---	-------------	-------------	-------------

Critério Principal 3C – Propagação via Água Subterrânea

Contam. A. Subterrâ.	Cpn	Bp1	Bp2	Bp3	Fn	Bp1	Bp2	Bp3
Sim	3	----	3,0	3,0				
Não	0	----						
Desconhecido	2	----						
		----	3,0	3,0	(x) 0,50 =	----	1,50	1,50

Uso A.Sub. afet. cont.	CPn	Bp1	Bp2	Bp3	Fn	Bp1	Bp2	Bp3
Abastec. público/domi	3	----	3,0	3,0				
Recreação	3	----						
Uso Industrial	1	----						
Desconhecida	2	----						
Inexistente	0	----						
		----	3,0	3,0	(x) 0,40 =	----	1,20	1,20

Text. predom. solo	Cpn	Bp1	Bp2	Bp3	Fn	Bp1	Bp2	Bp3
Arenosa, Siltosa	3	----						
Areno-Argiloso	2	----	2,0	2,0				
Argilosa	1	----						
		----	2,0	2,0	(x) 0,10 =	----	0,20	0,20

Nível D'água subter.	CPn	Bp1	Bp2	Bp3	Fn	Bp1	Bp2	Bp3
Em contato c/ resíduo	3	----	3,0	3,0				
Abaixo do solo cont.	2	----						
Muito abaixo do solo cont.	1	----						
Desconhecido	2	----						
		----	3,0	3,0	(x) 0,40 =	----	1,20	1,20

Contexto Hidrogeol.	CPn	Bp1	Bp2	Bp3	Fn	Bp1	Bp2	Bp3
Quaternário	3	----	3,0	----				
Terciário a. recarga	3	----		----				
Terciário a. descarga	2	----		----				
Carstico, Cristalino afl.	3	----		----				
Crist. m. argil. recarga	2	----		----				
Crist.m. aren. descarga	2	----		----				
Crsit. m. aren. recarga	3	----		----				
Desconhecido	0	----		----				
		----	3,0	----	(x) 0,40 =	----	1,20	----

Soma do Critério Principal 3C – Prop. Via Água Subterrânea		----				----	5,30	4,10
---	--	------	--	--	--	------	-------------	-------------

Critério Principal 3D – Propagação via Ar (do solo)
--

Qualid. do ar do Solo	CPn	Bp1	Bp2	Bp3	Fn	Bp1	Bp2	Bp3
Análise não realizada	2							
Contaminado	3	3,0	3,0	3,0				
Não contaminado	0							
Desconhecido	2							
		3,0	3,0	3,0	(x) 0,30 =	0,90	0,90	0,90

Eventos Importantes	Cpn	Bp1	Bp2	Bp3	Fn	Bp1	Bp2	Bp3
Expl,Incênd.,dan.saude	3							
Gases	2							
Danos materiais	2							
Danos Vegetação	2							
Desconhecido	1							
Inexistente	0	0,0	0,0	0,0				
		0,0	0,0	0,0	(x) 0,40 =	0,00	0,00	0,00

Pres.gases edif. vizin.	CPn	Bp1	Bp2	Bp3	Fn	Bp1	Bp2	Bp3
Sim	3							
Não	0	0,0	0,0	0,0				
Desconhecido	2							
		0,0	0,0	0,0	(x) 0,40 =	0,00	0,00	0,00

Dist. Edif. Vizinha	CPn	Bp1	Bp2	Bp3	Fn	Bp1	Bp2	Bp3
Até 30 metros	3	3,0	3,0	3,0				
Entre 30 e 60 metros	2							
Acima de 60 metros	1							
Edif. Inexistente	0							
		3,0	3,0	3,0	(x) 0,40 =	1,20	1,20	1,20

Soma do Critério Principal 3D - Propagação via Ar (do solo)	2,10	2,10	2,10
--	-------------	-------------	-------------

SOMA DO CRITÉRIO PRINCIPAL 3

		Bp1	Bp2	Bp3
Propagação via Solo	+	1,80	1,80	1,80
Propagação Via Água Superficial	+	0,00	0,00	0,00
Propagação Via Água Subterrânea	+	0,00	5,30	4,10
Propagação via ar – CP2	+	2,10	2,10	2,10
Soma do critério Principal 3	=	3,90	9,20	8,00

		Bp1	Bp2	Bp3
Soma do Critério Principal 1	X	8,56	8,56	8,56
Soma do Critério Principal 2	X	8,90	8,90	8,90
Soma do Critério Principal 3	X	3,90	9,20	8,00
PONTUAÇÃO FINAL	=	297	701	609

Total de Pontos Obtidos = 1.607