

**UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE ELETROTÉCNICA E ENERGIA**

**CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM GESTÃO AMBIENTAL E
NEGÓCIOS NO SETOR ENERGÉTICO**

**AVALIAÇÃO AMBIENTAL PRELIMINAR DO TRANSPORTE
DUTOVIÁRIO DE ETANOL, PETRÓLEO E SEUS DERIVADOS
LÍQUIDOS COMO POSSÍVEL FONTE DE CONTAMINAÇÃO DAS
ÁGUAS SUBTERRÂNEAS DO MUNICÍPIO DE ATIBAIA/SP.**

KLEBER CAVAÇA CAMPOS

**SÃO PAULO
2010**

KLEBER CAVAÇA CAMPOS

AVALIAÇÃO AMBIENTAL PRELIMINAR DO TRANSPORTE DUTOVIÁRIO DE ETANOL, PETRÓLEO E SEUS DERIVADOS LÍQUIDOS COMO POSSÍVEL FONTE DE CONTAMINAÇÃO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS DO MUNICÍPIO DE ATIBAIA/SP.

Monografia para conclusão do Curso de Especialização em Gestão Ambiental e Negócios no Setor Energético do Instituto de Eletrotécnica e Energia da Universidade de São Paulo

Orientador: Prof^o Dr^o Uriel Duarte

SÃO PAULO
2010

AUTORIZO A REPRODUÇÃO E DIVULGAÇÃO TOTAL OU PARCIAL DESTES TRABALHOS, POR QUALQUER MEIO CONVENCIONAL OU ELETRÔNICO, PARA FINS DE ESTUDO E PESQUISA, DESDE QUE CITADA A FONTE.

FICHA CATALOGRÁFICA

Campos, Kleber Cavaça.

Avaliação ambiental preliminar do transporte dutoviário de etanol, petróleo e seus derivados líquidos como possível fonte de contaminação das águas subterrâneas do Município de Atibaia/SP. / Kleber Cavaça Campos; orientador: Uriel Duarte – São Paulo, 2010.

54 fls. : il + cd

Monografia (Curso de Especialização Gestão Ambiental e Negócios no Setor Energético) Instituto de Eletrotécnica e Energia Universidade de São Paulo

1.Dutos 2.Águas subterrâneas 3.Atibaia/SP I. Título

AGRADECIMENTOS

Serei breve!

Ao Net, pela leitura desta monografia, pelos grifos, observações e pelo cafezinho sempre pontual (no horário dos “friends”).

Ao mestre Prof. Uriel Duarte, que topou acompanhar-me nesta jornada...pela oportunidade, confiança e simpatia com que sempre me recebe.

Aos meus pais “Cida” e “Ni”.

A Marta...

Por fim, a Deus, por ter me dado forças para mais está etapa.

LISTA TABELA

TABELA 1.1 – Relação de áreas contaminadas do Estado de São Paulo – maio de 2002.....	03
TABELA 1.2 – Relação de áreas contaminadas do Estado de São Paulo – outubro de 2003.....	03
TABELA 1.3 – Relação de áreas contaminadas do Estado de São Paulo – novembro de 2004.....	03
TABELA 3.4 – Elementos encontrados no petróleo.....	20
TABELA 3.5 – Modalidades de movimentação no Brasil em comparação com os EUA e a Alemanha.....	22
TABELA 3.6 – Brasil e matriz de transporte de cargas.....	22
TABELA 3.7 – Modalidades de movimentação no Estado de São Paulo.....	23
TABELA 3.8 – Quantitativo das causas de acidentes com dutos (1980-2006).....	25
TABELA 3.9 – Fases do contaminante nas zonas não saturada e saturada.....	26
TABELA 4.10 – Unidades de solos do Município de Atibaia.....	37

LISTA QUADRO

QUADRO 1.1 – Níveis de avaliação.....	09
QUADRO 1.2 – Fontes geradoras de cargas contaminantes.....	12
QUADRO 3.3 – Fases do combustível nas zonas não saturada e saturada após vazamento.....	27
QUADRO 4.4 – Localização do Município de Atibaia.....	30
QUADRO 4.5 – Principais sub-bacias, no Município de Atibaia, drenadas pelo Rio Atibaia.....	34

LISTA GRÁFICO

GRÁFICO 3.1 – Notificações de acidentes envolvendo dutos – período de 1980 a 2002 = 149 acidentes.....	24
GRÁFICO 3.2 – Tipos de produtos liberados em acidentes – período de 1980 a 2002 = 149 acidentes.....	24

RESUMO

CAMPOS, K. C.; Avaliação ambiental preliminar do transporte dutoviário de etanol, petróleo e seus derivados líquidos como possível fonte de contaminação das águas subterrâneas do Município de Atibaia/SP. Monografia de especialização – Curso de Especialização em Gestão Ambiental e Negócios no Setor Energético do Instituto de Eletrotécnica e Energia da Universidade de São Paulo. 2010. 54 fls.

O escoamento de etanol, petróleo e seus derivados líquidos por meio de dutovias é de extrema importância, uma vez que tem baixo custo e permite o deslocamento de grandes volumes. Uma vez que o produto transportado pelos dutos são substâncias que podem causar danos aos bens a proteger, torna-se importante o levantamento e o reconhecimento do duto como fonte potencial de contaminação. O Município de Atibaia/SP, além de seus atributos ambientais apresenta importância no contexto regional, no que tange aos eixos rodoviários e dutoviários. Assim, o objeto desta pesquisa foram as águas subterrâneas, tendo como fonte de contaminação os produtos transportados pelas dutovias. Optou-se por uma avaliação ambiental preliminar que permitiu ter o município como escala de trabalho. O resultado do trabalho mostrou que as informações no município são esparsas, quando não ausentes.

Palavras-chave: 1.Dutos 2.Águas subterrâneas 3.Atibaia/SP

ABSTRACT

CAMPOS, K.C.; Preliminary ambient evaluation of the pipeline transport of ethanol, liquid oil and its derivatives as possible source of contamination of underground waters of the City of Atibaia/SP. Monograph of specialization - Course of Specialization in Ambient Management and Businesses in the Energy Sector of the Electrotechnical Institute of and Energy of the University of São Paulo. 2010. 54 fls.

The draining of ethanol, liquid oil and its derivatives by means of pipelines is of extreme importance, a time that has low cost and allowed the displacement of great volumes. A time that the product carried for the pipelines is substances that can cause damages to the goods to protect, becomes important the survey and the recognition of the duct as potential source of contamination. The city of Atibaia/SP, beyond its ambient attributes and presents importance in the regional context, in what it refers to the road and pipelines. Thus, the object of this research had been the underground waters, having as contamination source the products carried for the pipelines. It was opted to a preliminary ambient evaluation that allowed to have the city as work scale. The result of the work showed that the information in the city are esparsas, when not absent.

Word-key: 1.Pipelines 2.Underground water 3.Atibaia/SP

AGRADECIMENTOS.....	i
LISTA DE TABELA.....	ii
LISTA DE QUADRO.....	iii
LISTA DE GRÁFICO.....	iv
RESUMO.....	V
ABSTRACT.....	vi
SUMÁRIO.....	vii
1. INTRODUÇÃO.....	01
1.1 Breve histórico.....	01
1.2 Objetivos.....	05
1.3 Metodologia.....	06
1.3.1 Etapas da pesquisa.....	06
1.3.2 Nível de avaliação e escala de abordagem da fonte.....	08
1.3.3 Enquadramento da fonte.....	10
2. CONCEITOS E DEFINIÇÕES.....	14
2.1 Poluição e contaminação.....	14
2.2 Fontes de contaminação.....	16
2.3 Área contaminada.....	16
2.4 Água subterrânea e aquífero.....	17
2.5 Solo, zona não saturada e zona saturada.....	17
2.6 Faixa de domínio e de servidão de dutos.....	18
2.7 Dutovias.....	18
3. CONSIDERAÇÕES SOBRE O CONTAMINANTE.....	20
3.1 O contaminante.....	20
3.2 Enquadramento dos produtos transportados por dutovias.....	21
3.3 A dutovia como integrante da matriz de transporte.....	22
3.4 Acidentes com dutovias no Estado de São Paulo.....	23
3.4.1 Tipos de produtos liberados em acidentes envolvendo dutovias.....	24
3.4.2 Causas e conseqüências dos acidentes com dutovias.....	24
3.4.3 Comportamento do etanol, petróleo e seus derivados vazado no meio líquido.....	26
4. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO – ATIBAIA/SP.....	30
4.1 Aspectos antrópicos.....	30
4.1.1 Localização e acessos.....	30

4.1.2 O município como rota de passagem.....	31
4.1.3 Dados sócio-econômicos.....	31
4.1.4 Caracterização das dutovias.....	32
4.2 Aspectos do meio físico.....	33
4.2.1 Clima.....	33
4.2.2 Geomorfologia.....	33
4.2.3 Rede hidrográfica.....	34
4.2.4 Solos.....	35
4.2.5 Geologia Local.....	37
4.2.6 Hidrogeologia.....	38
5. AVALIAÇÃO AMBIENTAL PRELIMINAR.....	41
5.1 A contaminação e o meio físico.....	41
6. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.....	44
6.1 Conclusões.....	44
6.2 Recomendações.....	45
REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA.....	46
ANEXO.....	54

1 INTRODUÇÃO

1.1 Breve histórico

Por um longo tempo acreditou-se que o solo apresentasse uma capacidade infinita de atenuação das substâncias nocivas depositadas sobre ele e/ou infiltradas através dele.

A idéia do solo como um possível atenuador ilimitado de contaminantes causou sérios danos ambientais, sobretudo às águas subterrâneas, tornando-se objeto de grande preocupação, nas últimas décadas, em alguns países industrializados da Europa, nos Estados Unidos e, mais recentemente, em alguns centros urbanos de países em desenvolvimento, como o Brasil (GLOEDEN, 1999).

A deposição de substâncias nocivas acarretou o surgimento de inúmeras áreas contaminadas que, segundo Sanchez (1998), gera quatro problemas: a existência de riscos à segurança das pessoas e das propriedades; riscos à saúde pública e aos ecossistemas; restrições ao desenvolvimento urbano; redução do valor imobiliário das propriedades.

As ocorrências de contaminação em grande magnitude em certas áreas, como “Love Canal” (EUA), “Leekkerkerk” (Holanda), “Ville la Salle” (Canadá), no final da década de 1970 e início da década de 1980, impulsionaram a criação de políticas para elaboração de legislações ambientais em vários países (MANUAL DE GERENCIAMENTO DE ÁREAS CONTAMINADAS DA CETESB, 1999).

Essas políticas visavam ao gerenciamento e controle das áreas contaminadas através de estabelecimento de legislações específicas; inventário das áreas com potencial de contaminação, áreas suspeitas e áreas com contaminação já confirmada; procedimentos a serem adotados; desenvolvimento de tecnologias de remediação; e criação de fundos que viessem a subsidiar a remediação dos passivos ambientais.

Os Estados Unidos despontaram como pioneiros ao estabelecerem a primeira legislação sobre o tema, o Ato Geral de Resposta, Compensação e Responsabilidade Ambiental (Comprehensive Environmental Response, Compensation and Liability Act – CERCLA) ou Superfund, em 1980. Após esta primeira legislação, diversos estados norte-americanos elaboraram programas de controle de áreas contaminadas sob a tutela da Agência de Proteção Ambiental (Environmental Protection Agency – EPA).

A preocupação com as áreas contaminadas também foi demonstrada pelo Reino Unido, que em 1994 revisou a legislação referente ao assunto, acrescentando a análise de risco no controle destas.

Na França, embora exista uma política nacional para áreas contaminadas, as agências de águas desenvolvem suas próprias políticas, nas quais a prioridade é voltada a um

inventário/identificação destas áreas e à proteção das águas, tidas como um recurso a ser resguardado, independentemente de seu uso.

No Brasil, a questão das áreas contaminadas ganhou força na segunda metade da década de 1990, sendo alvo do Programa Vigilância dos Solos (VIGISOLO, 2005), uma parceria entre os Ministérios da Saúde, Meio Ambiente e das Cidades, que concluiu haver no Brasil por volta de 15 mil áreas contaminadas.

No entanto, ainda não há uma política nacional voltada para a questão das áreas contaminadas. O que existe são ações e atuações isoladas visando à remediação delas, baseadas em esparsas legislações, e, na sua maioria são consequência da atuação de órgãos de controle ambiental ou da iniciativa dos próprios responsáveis pelas contaminações.

Como exemplo da problemática das áreas contaminadas no Brasil, cita-se a Região Metropolitana de São Paulo (RMSP), cujo processo de industrialização, que teve grande importância e presença para o desenvolvimento desta região, presenciou a migração da atividade industrial para o interior do Estado e/ou para outros Estados. As áreas que foram, um dia, ocupadas por indústrias deram lugar a áreas residenciais, mesmo apresentando passivos ambientais oriundos das antigas fontes de contaminação que foram desativadas, no caso, as indústrias.

Esse processo desencadeou, no Estado de São Paulo, uma ação voltada à identificação e avaliação de áreas contaminadas que se iniciou em 1993 tendo como base a cooperação técnica entre a Companhia Ambiental (CETESB) e a agência de cooperação técnica do Ministério de Ciência e Tecnologia da Alemanha (Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit – GTZ).

Tal cooperação elencou quatro principais fontes geradoras de contaminação: os locais de disposição de resíduos (aterros e lixões); as áreas industriais ativas e inativas; as áreas comerciais que manipularam ou manipulam substâncias nocivas ao ambiente (postos de combustível, base de distribuição de seus derivados, depósitos de produtos químicos); e os acidentes com produtos químicos e tóxicos em rodovias, ferrovias, hidrovias e dutovias.

Assim, em 2002, foi publicada a primeira relação de áreas contaminadas do Estado de São Paulo. As Tabelas 1.1, 1.2 e 1.3 apresentam a evolução no tempo do número de áreas contaminadas relacionando as quatro fontes.

Tabela 1.1 – Relação de áreas contaminadas do Estado de São Paulo – maio de 2002.

	Disposição de resíduos	Atividade industrial	Atividade comercial	Postos combustíveis	Outros	Total
São Paulo ¹	3	9	3	65	1	81
RMSP ²	5	23	1	48	2	79
Litoral ³	3	11	1	6	0	21
Vale do Paraíba ⁴	0	12	0	3	0	15
Interior ⁵	1	39	2	14	3	59
Total	12	94	7	136	6	255

Fonte: CETESB, 2010.

Tabela 1.2 – Relação de áreas contaminadas do Estado de São Paulo – outubro de 2003.

	Disposição de resíduos	Atividade industrial	Atividade comercial	Postos combustíveis	Outros	Total
São Paulo ¹	14	28	19	250	1	314
RMSP ²	10	45	7	103	2	167
Litoral ³	11	19	1	44	4	79
Vale do Paraíba ⁴	0	14	1	4	0	17
Interior ⁵	15	56	20	63	6	150
Total	40	162	48	464	13	727

Fonte: CETESB, 2010.

Tabela 1.3 – Relação de áreas contaminadas do Estado de São Paulo – novembro de 2004.

	Disposição de resíduos	Atividade industrial	Atividade comercial	Postos combustíveis	Acidentes desconhecidos	Total
São Paulo ¹	20	42	28	397	2	489
RMSP ²	9	70	9	152	3	243
Litoral ³	10	32	10	63	1	116
Vale do Paraíba ⁴	0	18	2	52	0	72
Interior ⁵	22	75	43	267	9	416
Total	61	237	92	931	15	1336

Fonte: CETESB, 2010.

¹ **São Paulo:** inclui as áreas contaminadas da Capital do Estado;

² **RMSP:** refere-se às áreas contaminadas dos 38 municípios da Região Metropolitana de São Paulo, excluindo-se a Capital;

³ **Litoral:** está relacionada às áreas contaminadas dos municípios localizados no Litoral Sul, na Baixada Santista, no Litoral Norte, mais os municípios de Barra do Turvo, Jacupiranga, Pariquera-Açu, Miracatu e Registro;

⁴ **Vale do Paraíba:** inclui os municípios do Vale do Rio Paraíba e da Mantiqueira;

⁵ Interior: os municípios não relacionados anteriormente.

No caso de áreas contaminadas em decorrência do vazamento de produtos transportados por dutovias, estas são enquadradas nas colunas “outros” e “acidentes desconhecidos”.

Mesmo não estando nos números apresentados nas colunas mencionadas, merecem destaque as ocorrências como a de Vila Socó (Cubatão/SP) em 1983, com o vazamento de 1.200 m³ de gasolina com grande impacto na população local; Bertioga/SP que, em outubro de 1983, com a liberação de 2.500 m³ de petróleo impactando uma vasta área de manguezal do Canal da Bertioga e praias da região; TEBAR V (São Sebastião/SP) que, em maio de 1994, liberou 2.700 m³ de petróleo que veio a atingir 35 praias e duas ilhas nos quatros municípios do litoral norte; Tamboré (Barueri/RMSP) que, em maio de 2001, sofreu a liberação de 200 m³ de óleo combustível no interior de um condomínio de luxo; Barueri/RMSP que, em junho de 2001, liberou 680 toneladas de gás liquefeito de petróleo (GLP) expondo ao risco inúmeras pessoas.

Embora haja o risco de acidentes e diante de todas as conseqüências sobre o ambiente e a segurança das pessoas, dentro da matriz energética do país, o etanol, gás, petróleo e seus derivados apresentam grande importância e participação e acabam por demandar o deslocamento de grandes quantidades por longas distâncias com um baixo custo.

Este tripé é notado num comparativo feito com as rodovias. Tomando como exemplo duas bombas elétricas de 600 HP (*Horse Power*) com capacidade para transportar 9,3 milhões de litros de óleo diesel de Paulínia/SP a São Paulo/SP, por dia. Este volume, se fosse transportado por rodovia, necessitaria de 372 carretas com capacidade para acondicionar de 25.000 litros/carreta, e uma potência total de 111.600 HP, tomando-se como base 300 HP/carreta. Inquestionável a vantagem do modal dutoviário em relação ao rodoviário.

De tal forma, torna-se inevitável a implantação de dutos em ambientes naturais sensíveis e instáveis, ou então, em áreas com concentração populacional.

Esta situação é verificada na área tomada como estudo de caso desta monografia. Os dutos que cortam o Município de Atibaia/SP, apesar de estarem implantados em terrenos com problemas de instabilidade, planícies de inundação, áreas com adensamento populacional, são justificados pela importância estratégica da localização do município no contexto regional ao escoamento destes combustíveis através de rodovias e dutovias, pois está no entroncamento de duas importantes rodovias – Rodovia Fernão Dias e D. Pedro I (ver capítulo 4.1.1) – sendo que a última é considerada corredor de exportação que se liga ao porto de São Sebastião/SP.

No entanto, mesmo com a importância desta forma de escoamento e o risco envolvido, observa-se que os órgãos responsáveis, tanto na esfera estadual como na municipal, apresentam pouca informação e conhecimento a respeito dos dutos, e quando existe algo há uma ausência não o intercâmbio dentro e entre eles. Conseqüência disto é o desconhecimento da situação real sobre esse assunto e a adoção de medidas que se tornam ineficientes.

De um modo geral, estas dutovias que cortam os municípios são tubulações de aço que interligam *píeres*; terminais marítimos e fluviais; campos de produção de petróleo e gás; refinarias; companhias distribuidoras e consumidores, estando sob a superfície do solo, aéreas e em leito de rios.

Mesmo quando construídas e operadas dentro dos padrões de segurança estabelecidos por normas, as dutovias estão sujeitas a sofrerem avarias – erosões na faixa de servidão, corrosão da tubulação, rolamentos de rochas, vandalismo, ação de terceiros etc – que podem ocasionar vazamentos de substâncias que se encontram sob alta pressão e apresentam elevada periculosidade, acarretando danos aos bens a proteger.

1.2 Objetivos

A presente monografia teve como objetivo os seguintes pontos:

- Realização de uma avaliação ambiental preliminar do transporte dutoviário de etanol, petróleo e seus derivados líquidos, visto como uma fonte potencial de contaminação dos recursos hídricos subterrâneos no Município de Atibaia/SP;
- Locação das faixas de servidão das dutovias em bases cartográficas temáticas (topográfica / hidrográfica / pedológica / geológica);
- Caracterização dos aspectos do meio físico (topográfica / hidrográfica / pedológica / geológica) das áreas que suportam a faixa de servidão das dutovias;
- Cálculo da área do território do Município de Atibaia/SP ocupada pelas dutovias de etanol, petróleo e seus derivados líquidos.

E ainda, como objetivo mais amplo, as informações levantadas contribuirão com o Município de Atibaia/SP e com outros que apresentem características semelhantes subsidiando políticas públicas voltadas para o planejamento do uso e ocupação do solo, a exemplo das revisões e atualizações do Plano Diretor e outros instrumentos que sirvam de diretrizes ao ordenamento territorial. Bem como, vão cooperar com o órgão de defesa civil em suas ações para controlar e minimizar os impactos no ambiente e na saúde pública, decorrentes de acidentes que possam vir a causar danos aos bens a proteger.

1.3 Metodologia

1.3.1 Etapas da pesquisa

Para alcançar os objetivos propostos, estabeleceram-se três etapas:

ETAPA 1: pesquisa documental

- Aquisição de informações sobre o assunto em órgãos públicos – Município de Atibaia/SP, Governo do Estado de São Paulo e Governo Federal;
- Pesquisa bibliográfica;
- Pesquisa cartográfica;
- Levantamento de legislação referente ao assunto.

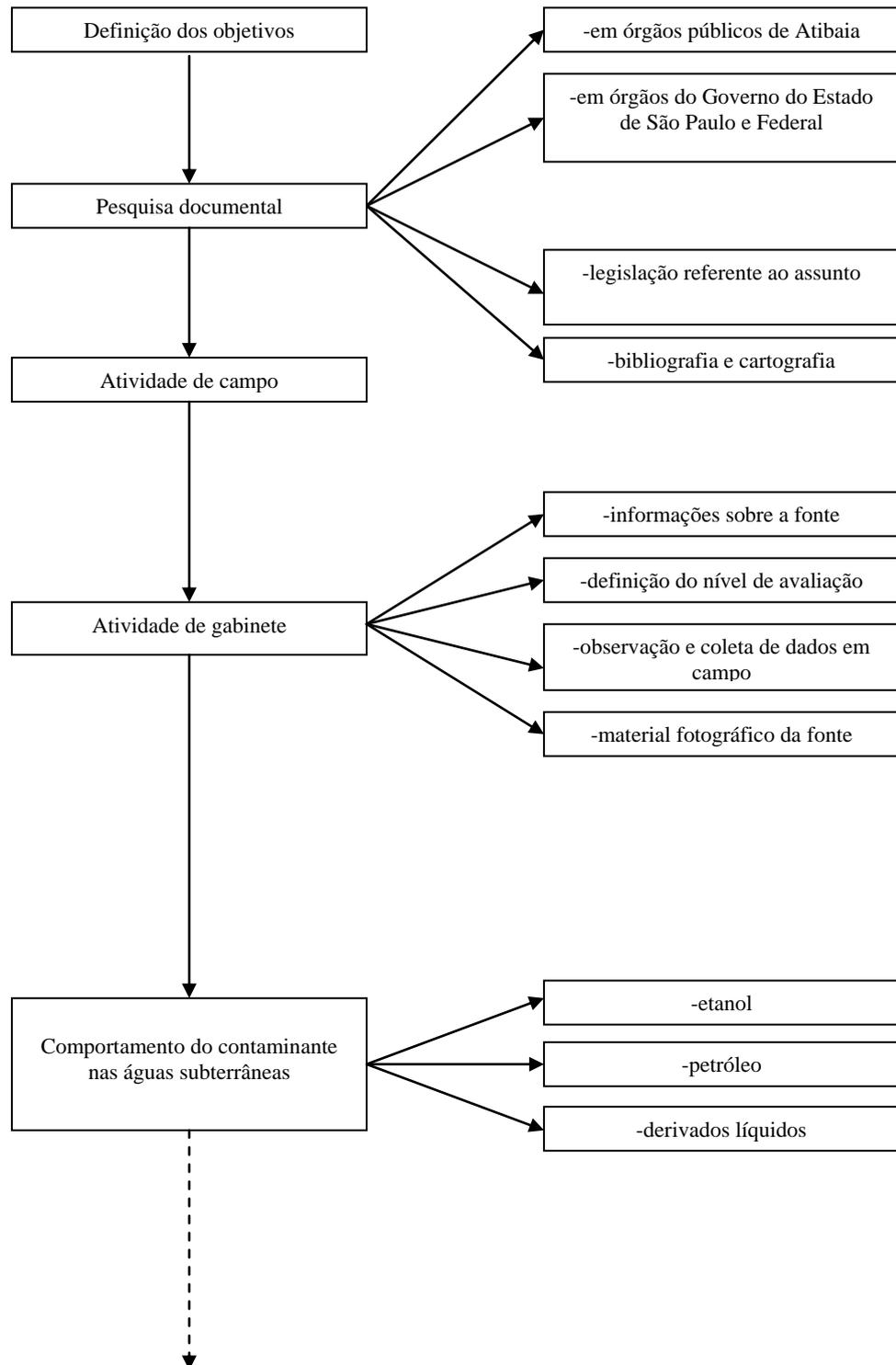
ETAPA 2: atividade de campo

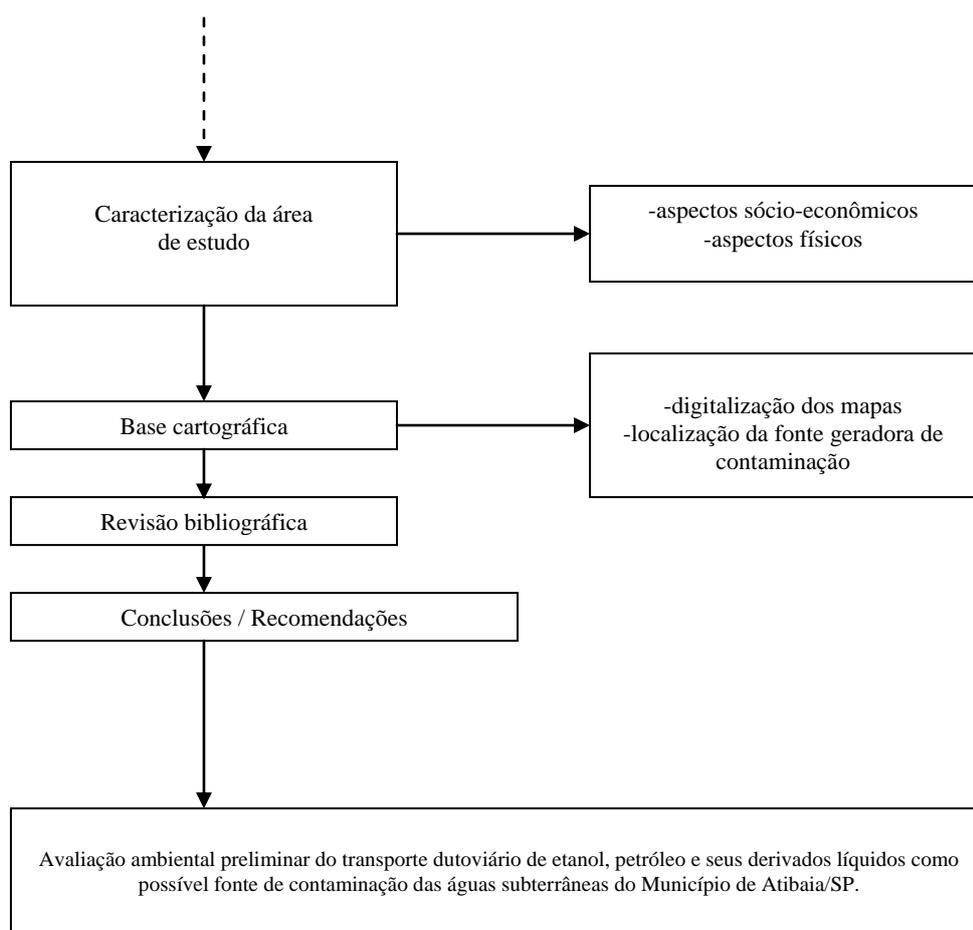
- Observação e coleta de informações em campo das dutovias usadas no transporte de etanol (projetada), petróleo e seus derivados líquidos;
- Locação de pontos em base cartográfica e caracterização do transporte dutoviário de etanol, petróleo e seus derivados líquidos;
- Avaliação ambiental preliminar das dutovias *in loco*.

ETAPA 3: atividade de gabinete

- Definição e entendimento da fonte potencial abordada na monografia;
- Definição do nível de avaliação/abordagem da fonte potencial na monografia;
- Caracterização da área de estudo;
- Elaboração de bases cartográficas temáticas (topográfica / hidrográfica / pedológica / geológica) com a localização da fonte potencial de geração de contaminação dos recursos hídricos subterrâneo;
- Confecção do documento final.

O fluxograma a seguir ilustra a seqüência das atividades.





1.3.2 Nível de avaliação e escala de abordagem da fonte

O nível de avaliação está atrelado a vários fatores, dentre os quais se destacam: objetivos da pesquisa, extensão da área a ser estudada, disponibilidade de dados, tempo e recursos financeiros.

Sendo assim, quando o foco são as águas subterrâneas, Foster e Hirata (1991), apresentam cinco possíveis níveis de avaliação (QUADRO 1.1).

Nível de avaliação	Aspectos chaves				Escala de trabalho
I- reconhecimento preliminar (existência risco)	baseado em dados existentes	sem amostras	aspectos qualitativos	não requer sondagens	1:250.000 a 1:500.000 estado dados a 10km
II- avaliação sistemática (grau risco)					1:50.000 a 1:100.000 município dados 1 a 2 km
III- reconhecimento de campo	requer coleta de campos	com amostras e análises	aspectos quantitativos		1:25.000 a 1:50.000 município dados 250 a 500m
IV- investigação através de monitoramento				>1:25.000 local dados 50 a 200m	
V- investigação completa de campo				1:5.000 a 1:10.000 local dados 20 a 100m	

Quadro 1.1 – Níveis de avaliação

Fonte: Foster e Hirata, 1991.

Após análise do proposto por Foster e Hirata (op.cit), das características do Município de Atibaia/SP, da forma de distribuição das dutovias no município, da compreensão da abrangência dos níveis de avaliação, optou-se, para monografia, por ser adotado um nível de avaliação (destacado em negrito) que abrange o reconhecimento preliminar da fonte geradora ou com potencial de geração de contaminação, baseado em dados existentes, sem a necessidade de sondagens e amostragens de solo e água, tendo o município como escala de trabalho. Adotou-se este nível, uma vez que na esfera municipal não há informação alguma sobre as dutovias usadas no transporte de etanol (projetada), petróleo e seus derivados líquidos.

1.3.3 Enquadramento da fonte

a) Quanto ao modo de emissão do contaminante ao meio

No caso de um vazamento nas dutovias usadas no transporte de etanol (projetada), petróleo e seus derivados líquidos, foram considerados alguns fatores apresentados por Foster e Gomes (1989), Foster e Hirata (1991), Foster et al. (1992), Foster et al. (1993), Hirata (1994) e Foster et al. (2002):

- **Emissão pontual:** dissemina o contaminante num único ponto conhecido e determinado, podendo ser superficial ou subterrâneo. Apresenta uma fácil detecção e caracterização de sua propagação. Exemplo: postos revendedores de combustíveis; uma fossa comum seca, negra e séptica; transporte de produtos perigosos (dutovias e rodovias);
- **Emissão difusa:** resulta de várias cargas pontuais. Apresenta grande dificuldade na detecção e caracterização da contaminação. Exemplo: várias fossas comuns secas, negras e sépticas; atividade agrícola (área agrícola onde se faz uso de agrotóxicos); aterros de resíduos; cemitérios;
- **Emissão linear:** no caso de rios e córregos influentes (indução das águas do rio no aquífero). Exemplo: lançamento de esgoto *in natura* em corpos superficiais; atividade agrícola, com lixiviação de águas pluviais contaminadas por agrotóxicos, para rios; atividade industrial; transporte de produtos perigosos (dutovias e rodovias).

No caso específico das dutovias, a mesma pode ser vista e enquadrada como uma fonte potencial linear e, quando ocorrido o vazamento, uma fonte potencial pontual. Deste modo, entende-se que:

- **pontual:** pois no caso de um vazamento este ocorrerá não em toda extensão do duto, mas sim num determinado ponto que venha a sofrer ruptura;
- **linear:** pois como o sistema de transporte dutoviário apresenta como característica a extensão, qualquer trecho está sujeito a vazamentos pontuais.

b) Quanto à atitude do contaminador

De acordo com Foster et al.(1992), pode ser classificada como:

- **intencional** – sistemas projetados para a disposição e/ou tratamento no subsolo (esgoto urbano; cemitérios; fossas comuns e sépticas; poços de injeção de efluentes etc);

- **incidental** – descarga no subsolo não controlada por atividades planejadas (cemitérios; atividade agrícola etc);
- **accidental** – sistemas de armazenamento ou transporte, projetados para não descarregarem no subsolo, exceto em caso de ruptura e fuga (lagoas de efluentes; aterros sanitários; tanques de armazenamento; dutovias sobre ou sob o solo; rodovias etc);
- **clandestina** – contaminação originada por práticas não autorizadas (lixões; injeção de efluentes em poços abandonados; lançamento de efluentes em corpos hídricos superficiais; lançamento de contaminantes na atmosfera etc).

c) Quanto ao ambiente no qual se encontra instalada a fonte

- **Ambiente urbano** – postos revendedores de combustíveis; esgoto sanitário; atividade industrial; transporte de produtos perigosos (dutovias e rodovias); unidades prestadoras de serviços de saúde humana e animal; aterro de resíduos; cemitérios;
- **Ambiente rural** – postos revendedores de combustíveis; esgoto sanitário; atividade agrícola; atividade industrial; transporte de produtos perigosos (dutovias e rodovias).

O sistema de transporte por dutovias atravessa ambientes urbanos e rurais, nos quais o foco e características são distintos.

d) Quanto à característica do contaminante

- **Nutrientes** – proveniente de: esgoto sanitário; atividade agrícola; atividade industrial; aterro de resíduos;
- **Organismos patogênicos** – proveniente de: esgoto sanitário; unidades prestadoras de serviços de saúde humana e animal; aterro de resíduos; cemitérios;
- **Compostos orgânicos** – proveniente de: postos revendedores de combustíveis; esgoto sanitário; atividade agrícola; atividade industrial; transporte de produtos perigosos (dutovias e rodovias); unidades prestadoras de serviços de saúde humana e animal; aterro de resíduos;
- **Compostos inorgânicos** – proveniente de: postos revendedores de combustíveis; esgoto sanitário; atividade agrícola; atividade industrial; transporte de produtos

perigosos (dutovias e rodovias); unidades prestadoras de serviços de saúde humana e animal; aterro de resíduos; cemitérios;

- **Sais** – proveniente de: esgoto sanitário; atividade agrícola; atividade industrial; transporte de produtos perigosos (dutovias e rodovias); aterro de resíduos; cemitérios;
- **Metais tóxicos** – proveniente de: postos revendedores de combustíveis; esgoto sanitário; atividade agrícola; atividade industrial; transporte de produtos perigosos (dutovias e rodovias); aterros de resíduos; cemitérios.

Os contaminantes (etanol, petróleo e seus derivados) podem apresentar em sua composição compostos orgânicos e inorgânicos, sais e metais tóxicos.

No Quadro 1.2, são apresentadas por Fetter (1993) as fontes de contaminação das águas subterrâneas, como complemento ao relatório do Congresso Americano “Protecting the Nation’s Ground Water from Contamination, do United States Office of Technology Assessment (OTA)”, de 1984.

<p>CATEGORIA 1</p> <p>fontes projetadas para descarregar substâncias</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ fossas comuns secas, negras e sépticas ▪ poços para injeção de resíduos diversos ▪ aplicação de agrotóxicos e nutrientes em atividade agrícola ▪ aplicação no solo de subproduto de água residual como lama
<p>CATEGORIA 2</p> <p>fontes projetadas para armazenar, tratar ou dispor substâncias</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ aterros de resíduos industriais perigosos e não perigosos <ul style="list-style-type: none"> ▪ aterros municipais <ul style="list-style-type: none"> ▪ lixões ▪ lagoas superficiais ▪ rejeito de resíduos ▪ pilhas de resíduos <ul style="list-style-type: none"> ▪ cemitérios ▪ sepultamento de animais ▪ tanques de armazenamento sobre o solo ▪ tanques de armazenamento sob o solo <ul style="list-style-type: none"> ▪ depósitos de containeres ▪ escavações abertas e áreas de explosão ▪ áreas de disposição de material radioativo

<p><u>CATEGORIA 3</u></p> <p>fontes projetadas para reter substâncias durante transporte ou transmissão</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ <u>dutovias</u> ▪ transporte de materiais e operações de transferência
<p>CATEGORIA 4</p> <p>fontes utilizadas para descarregar substâncias decorrentes de atividades planejadas</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ práticas de irrigação ▪ aplicação de pesticida ▪ aplicação de fertilizantes ▪ criação intensiva de animais <ul style="list-style-type: none"> ▪ escoamento urbano ▪ percolação de poluentes atmosféricos ▪ mineração e lixiviação de minas de superfície e sub-superfície
<p>CATEGORIA 5</p> <p>fontes que atuam como condutoras do contaminante para o aquífero</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ poços de extração de óleo ▪ poços de monitoramento com falhas construtivas <ul style="list-style-type: none"> ▪ poços de suprimento
<p>CATEGORIA 6</p> <p>fontes ou fenômenos naturais associados às atividades humanas</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ interações de água subterrânea e superficial <ul style="list-style-type: none"> ▪ percolação natural ▪ intrusão salina ▪ intrusão de outra água natural de baixa qualidade

Quadro 1.2 – Fontes geradoras de cargas contaminantes.

Fonte: Fetter, 1993.

Em termos legais, o art. 74º do Decreto Estadual nº 8.468, de 8 de setembro de 1976, traz em seu Anexo V, uma listagem das fontes ou atividades passíveis de gerar contaminação ou impactar os bens a proteger.

Deste modo, como forma de respaldar teórica e legalmente a opção por se abordar o transporte por dutovias de etanol, petróleo e seus derivados líquidos, tomou-se como base as informações anteriores: relações das fontes ou atividades geradoras de contaminação apresentadas no Anexo V do Decreto Estadual 8.468/76; listagem de atividades e principais contaminantes associados da EPA (2004); Classificação de Atividades Econômicas do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2010).

2 CONCEITOS E DEFINIÇÕES

Para facilitar a compreensão dos termos e conceitos adotados nesta monografia, este capítulo apresenta a definição e o entendimento que o autor pretende expressar.

2.1 Poluição e contaminação

A legislação federal e estadual, ao versarem sobre o tema “áreas contaminadas”, aplica com frequência o termo “poluição”, limitando o uso de “contaminação” a algumas citações.

O art. 2º da Lei Estadual nº 997, de 31 de maio de 1976, considera poluição do meio ambiente:

Art. 2º - A presença, o lançamento ou a liberação, nas águas, no ar ou no solo, de toda e qualquer forma de matéria ou energia, com intensidade, em quantidade, de concentração ou com características em desacordo com as que forem estabelecidas em decorrência desta Lei, ou que tornem ou possam tornar as águas, o ar ou solo:

- I- impróprios, nocivos ou ofensivos à saúde;
- II- inconvenientes ao bem-estar público;
- III- danosos aos materiais, à fauna e à flora;
- IV- prejudiciais à segurança, ao uso e gozo da propriedade e às atividades normais da comunidade.

O art. 3º, Inciso III, Item “a” da Lei Federal nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, define poluição como:

Art. 3º, III, a - degradação da qualidade ambiental resultante de atividades que direta ou indiretamente:

- a- prejudiquem a saúde, a segurança e o bem-estar da população;
- b- criem condições adversas às atividades sociais e econômicas;
- c- afetem desfavoravelmente a biota;
- d- afetem as condições estéticas ou sanitárias do meio ambiente;
- e- lancem matérias ou energia em desacordo com os padrões ambientais estabelecidos.

De acordo com Branco (1991), os termos “poluição” e “contaminação” são empregados como sinônimos, em especial nos países de língua espanhola (América Latina). No entanto, é interessante distinguir os dois conceitos que comumente se confundem nas definições correntes.

Ao mencionar os ambientes aquáticos superficiais, Branco (1965) considera que o termo poluição, derivado do latim *polluere* refere-se aos efeitos ecológicos que produzem transformações no meio ambiente, de forma a torná-lo impróprio ao desenvolvimento normal das populações aquáticas, não interferindo na qualidade da água potável, a não ser no caso de proliferação de organismos que produzam substâncias nocivas ao Homem.

Cunha et al.(1980) conceitua poluição como a introdução de substâncias na água que prejudiquem sua utilização, tornando-a desagradável à vista, paladar ou olfato.

No Dicionário Houaiss (2004), o termo poluição é definido como:

(...) ato ou efeito de poluir. **1.** degradação das características físicas ou químicas do ecossistema, por meio da remoção ou adição de substâncias. **2.** (...) poluição das águas – presença na água de agentes tóxicos que destroem a fauna e a flora e tornam a água imprópria para o consumo (...).

O Glossário Ecológico Ambiental (CETESB, 2010) define poluição como:

(...) qualquer interferência danosa nos processos de transmissão de energia em um ecossistema. Pode ser também definida como um conjunto de fatores limitantes de interesse especial para o Homem, constituídos de substâncias nocivas (poluentes) que, uma vez introduzidas no ambiente, podem ser efetiva ou potencialmente prejudiciais ao Homem ou ao uso que ele faz de seu habitat.

O termo “contaminação” é mencionado no art. 4º, § 2º da Lei Estadual nº 6.134, de 2 de junho de 1988, ao mencionar que:

Art. 4º, § 2º- Os órgãos estaduais competentes manterão serviços indispensáveis à avaliação dos recursos hídricos do subsolo, fiscalizarão sua exploração e adotarão medidas contra a contaminação dos aquíferos e deterioração das águas subterrâneas.

Branco (op.cit) cita que o termo contaminação, oriundo do latim *contaminare*, pode ser visto como a simples transmissão pela água de elementos, compostos ou microorganismos que possam prejudicar a saúde do homem ou de animais que a bebem, desempenhando papel de veículo do agente contaminante e não de ambiente ecológico alterado.

Fair (op.cit) apud Cunha et al. (op.cit) considera contaminação a introdução na água de organismos patogênicos ou de substâncias tóxicas que a tornem imprópria para o consumo público e uso doméstico.

Segundo o Dicionário Houaiss (op.cit), contaminação é:

(...) ato ou efeito de contaminar. **1.** transmissão de germes nocivos ou doenças infecciosas; infecção por contato.

O Glossário Ecológico Ambiental (CETESB, op.cit) define contaminação como:

(...) introdução no meio ambiente de organismos patogênicos, substâncias tóxicas ou outros elementos, em concentrações que possam afetar a saúde humana. É um caso particular de poluição.

Como há divergências no emprego desses conceitos, optou-se em adotar neste trabalho o termo “contaminação”, visto que as fontes abordadas aqui são geradoras de elementos químicos e tóxicos, tendo em vista que o autor entende “contaminação” como a introdução de elementos nocivos à saúde humana e que deterioram a qualidade dos compartimentos ambientais como os recursos hídricos, seja ele superficial ou subterrâneo, tornando-os impróprios ao consumo humano e sustento à fauna e flora.

2.2 Fontes de contaminação

O art. 4º da Lei Estadual nº 997/76, considera que:

Art. 4º- São consideradas fontes de poluição todas as obras, atividades, instalações, empreendimentos, processos, dispositivos, móveis ou imóveis, ou meios de transportes que, direta ou indiretamente, causem ou possam causar poluição ao meio ambiente.

Parágrafo único - Para efeito da aplicação deste artigo, entende-se como fontes móveis todos os veículos automotores, embarcações e assemelhados, e como fontes estacionárias, todas as demais.

Cabe evidenciar que essa lei não define fontes de contaminação, mas de poluição.

De acordo com Cunha (1997), as fontes de contaminação mais comuns estão associadas a diferentes naturezas, como industriais, sistema de tratamento e disposição de resíduos e as relacionadas ao armazenamento e distribuição de substâncias químicas, entre estas as de comercialização de combustíveis.

Segundo o Glossário Ecológico Ambiental (CETESB, 2010), as fontes de contaminação são apresentadas como local onde foi gerada a contaminação ou onde funciona ou funcionou uma atividade potencialmente contaminadora.

Os problemas gerados por essas fontes estão associados ao seu potencial contaminador, que podem afetar diferentes compartimentos do meio ambiente como os solos, os recursos hídricos superficiais e subterrâneos.

2.3 Área contaminada

O Glossário Ecológico Ambiental (CETESB, 2010) define área contaminada como um local ou terreno onde há comprovadamente contaminação causada pela introdução de quaisquer substâncias ou resíduos que nela tenham sido depositados, acumulados, armazenados, enterrados ou infiltrados de forma clandestina, acidental, incidental ou intencional.

Hassuda (1997) utiliza o termo área com contaminação confirmada (ACC), que é tido como o local que anteriormente foi considerado como área potencial e suspeita e, que através de instrumentos utilizados para a investigação no campo, permitiram comprovar cientificamente a contaminação dos bens a proteger.

Nessa ACC, o contaminante pode concentrar-se em sub-superfície nos diferentes compartimentos do ambiente, como no solo, nos sedimentos, nas rochas, nos materiais utilizados para aterrar os terrenos, nas águas subterrâneas e superficiais, além de estar impregnado em paredes, pisos e estruturas de instalações que manuseiam ou manusearam substâncias com potencial contaminador.

Segundo Hassuda (op.cit), uma área, antes de ser considerada contaminada, pode ser enquadrada em:

- **Área com potencial de contaminação (APC):** local onde estão sendo ou foram desenvolvidas atividades com potencial de contaminação e que possam vir a acarretar danos aos bens a proteger;
- **Área com suspeita de contaminação (ASC):** local que previamente foi considerada área com potencial de contaminação (APC). Após realização de uma avaliação preliminar, podem continuar como APC ou enquadrarem-se como ASC quando observados indícios que induzem a suspeitas da presença de contaminação.

Os bens a proteger, mencionados por Hassuda (op.cit), são definidos pelo art. 3º da Lei Federal nº 6.938/81:

Art.3º-

a- saúde e bem-estar da população;

b- fauna e flora;

c- qualidade do solo, das água e do ar;

d- interesses de proteção à natureza/paisagem;

e- ordenação territorial e planejamento regional e urbano;

f- segurança e ordem pública.

2.4 Água subterrânea e aquífero

Pode-se entender a água subterrânea como toda aquela que ocorre abaixo da superfície do solo, preenchendo os poros ou vazios intergranulares das rochas sedimentares, fraturas, falhas e fissuras das rochas compactas e que, sendo submetida a duas forças (de adesão e de gravidade), desempenha um papel essencial na manutenção da umidade do solo, do fluxo dos rios, lagos e brejos (BORGHETTI; BORGHETTI; ROSA FILHO, 2004).

Segundo esta mesma fonte, a água subterrânea é encontrada numa formação geológica denominada de aquífero, podendo ser constituído por rochas permeáveis ou não, que armazenam água em seus poros ou fraturas, sendo capaz de servir de depósito e transmissor da água aí armazenada.

2.5 Solo, zona não saturada e zona saturada

De acordo com o exposto no Glossário Ecológico Ambiental (CETESB, 2010) solo é um material alterado por agentes físicos, químicos e biológicos e que serve de base para as raízes das plantas. É constituído por horizontes (camadas) formados por compostos minerais e orgânicos. Pode ser espesso ou reduzido a uma fina camada e até mesmo não existir. Do

ponto de vista da hidrogeologia, o solo corresponde à zona não saturada (ZNS) e a zona saturada (ZS).

Segundo Guiguer (1996), a zona não saturada (ZNS) é o intervalo que se encontra logo acima da superfície freática (SF) ou nível do aquífero (NA), estendendo-se até a superfície exposta do solo e apresenta sua porosidade preenchida basicamente por ar.

A zona saturada (ZS) vem a ser uma camada, ambiente ou pacote geológico que está situada logo abaixo da superfície freática e vai até a base inferior do aquífero, apresentando seus poros preenchidos por água (FEITOSA; MANOEL FILHO, 1997).

2.6 Faixa de domínio e de servidão de dutos

De acordo com a Portaria da Agência Nacional de Petróleo (ANP) nº125, de 05 de agosto de 2002, faixa de domínio terá a largura determinada pelo tipo de produto transportado.

Estas faixas são áreas desapropriadas e destinadas à construção e passagem de dutos, linhas de transmissão, adutoras, emissários, entre outros. Os proprietários podem fazer o uso limitado da área desapropriada.

A faixa de servidão é uma faixa de segurança sinalizada, com largura de 20 metros (10 metros de cada lado do duto), que acompanha na superfície o percurso subterrâneo dos dutos. Tem por objetivo delimitar e proteger o traçado da dutovia como forma de sinalizar os locais nos quais não se pode escavar, construir, ocupar, queimar e outras restrições.

Os tubos ficam enterrados a uma profundidade média de 1 metro. Para protegê-los de possíveis danos, a faixa de servidão deve estar sempre limpa, sinalizada e visível.

Estas faixas, de tempos em tempos, passam por inspeções que podem ser:

- **Aérea:** por helicóptero a cada seis meses;
- **Fluvial:** realizada por mergulhadores nos trechos de travessias de rios e lagos;
- **Terrestre:** realizada ao longo dos dutos por técnicos de inspeção de faixa.

2.7 Dutovias

As dutovias são compostas por tubulações denominadas dutos (tubos ou cilindros previamente preparados), e são especialmente projetadas para satisfazer o tripé – longas distâncias / grande quantidade / baixo custo.

Os artigos 58 e 59 da Lei 9.478, de 06 de agosto 1997, classificam os dutos de acordo com a função desempenhada. Neste caso, podem ser dutos de transporte ou de transferência. O que caracteriza esta classificação é o “interesse”.

Quando o percurso de carregamento dos produtos (petróleo e derivados e gás natural) for de “interesse geral”, os dutos possuem vários clientes como destino; quando o percurso de carregamento dos produtos for considerado de “interesse específico” ou “exclusivo do proprietário”, interessam apenas a uma entidade, senão até duas entidades distintas.

O transporte dutoviário pode ser classificado como terrestre e submarino.

No modo submarino grande parte dos dutos é submersa, e normalmente é utilizado para o transporte da produção de petróleo das plataformas marítimas para as refinarias ou armazenamento nos tanques em terra. A área deverá ser sempre bem sinalizada para evitar acidentes.

Os dutos terrestres funcionam em terra e subdividem-se em:

- **Subterrâneos:** aqueles que ficam enterrados para obterem mais proteção, evitando-se as intempéries, acidentes provocados por veículos e vandalismo;
- **Aparentes:** encontram-se sobre o solo, normalmente encontrados nas chegadas e saídas das estações de bombeamento, nas de descarregamento e carregamento e nas estações de lançamento e recebimento;
- **Aéreos:** também sobre o solo, utilizados para instalação em grandes vales, cursos d’água, pântanos ou terrenos muito acidentados.

Os dutos também são classificados quanto ao produto transportado e finalidades, desta forma, podem ser:

- **Oleoduto:** transporta etanol, petróleo e seus derivados;
- **Gasoduto:** transporta gás natural;
- **Mineroduto:** transporta sal-gema, minério de ferro e concentrado fosfático;
- **Poliduto:** o produto a ser transportado é variado, como vinho e suco de laranja.

3 CONSIDERAÇÕES SOBRE O CONTAMINANTE

O desenvolvimento tecnológico permitiu ao Homem criar e controlar um enorme volume de reações químicas visando obter produtos para seu desenvolvimento e bem-estar.

Muitos desses produtos são inofensivos ao Homem e ao meio ambiente, enquanto outros são extremamente danosos.

Apesar dos riscos, esses produtos são de fundamental importância para o desenvolvimento econômico e tecnológico (FUZETTI, 2000), sendo indispensáveis ao progresso de um país, pois seu consumo traz benefícios, conforto e saúde, propiciando uma qualidade de vida melhor à comunidade.

3.1 O contaminante

O etanol, também chamado álcool etílico (popularmente álcool), é derivado de cereais e vegetais. No Brasil, utiliza-se a cana-de-açúcar para a produção do etanol, enquanto nos Estados Unidos e México utiliza-se o milho.

Apresenta-se na forma de um líquido incolor e sua fórmula química é C_2H_5OH .

Na constituição dos derivados do petróleo (TABELA 3.4) há uma complexa mistura de compostos orgânicos. Diante de diferentes processos de refinação, deriva-se uma grande diversidade de combustíveis. Podem ser citados alguns hidrocarbonetos, como: etanol, gasolinas, destilados médio como diesel, óleo para aquecimento, querosene e combustíveis para jatos (GUIGUER, 1996).

Tabela 3.4 – Elementos encontrados no petróleo.

ELEMENTO	PROPORÇÃO
carbono	81% a 88%
hidrogênio	10% a 14%
oxigênio	0,01% a 1,2%
nitrogênio	0,002% a 1,7%
enxofre	0,01% a 5%

Fonte: PETROBRÁS, 2010.

O etanol pode ser fornecido para consumo na forma hidratada (álcool etílico hidratado) e misturado na gasolina (álcool anidro) (mistura aproximadamente de 25% de etanol na gasolina).

O álcool hidratado é uma mistura de etanol com uma pequena parcela de água (93% de etanol). Não apresenta grande toxicidade, apesar de alterar sensivelmente o comportamento e o sistema nervoso (COSTA, 2002).

Quando misturado com a gasolina, apresenta dois grandes problemas ambientais:

- atua como co-solvente no processo de solubilização do benzeno, tolueno, etilbenzeno e xileno (BTEX), aumentando a mobilidade dos mesmos na zona não saturada e acelerando sua chegada na zona saturada;
- pode prejudicar a biodegradação do BTEX devido à ação inibidora do crescimento bacteriano.

Em ambas as situações o etanol aumenta as possibilidades de contaminação da água subterrânea pela gasolina, seja pelo aumento da mobilidade ou pela redução dos processos de atenuação na zona não saturada.

3.2 Enquadramento dos produtos transportados por dutovias

A Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB, 1992) classifica um produto de perigoso para o transporte, quando:

(...) dadas suas características físicas e químicas, possa oferecer, quando em transporte, riscos à saúde, à propriedade e ao meio ambiente, podendo este produto estar acondicionado, a granel incluindo também as embalagens vazias.

No Capítulo I, art. 1º, § 1º do Decreto Federal nº 96.044, de 18 de maio de 1988, os produtos perigosos são definidos e enquadrados em nove classes, baseadas nos riscos que representam. Observa-se que os números da classe não são uma forma de hierarquização:

- CLASSE 1 – explosivos
- CLASSE 2 – gases
- CLASSE 3 – líquidos inflamáveis
- CLASSE 4 – sólidos inflamáveis
- CLASSE 5 – substâncias oxidantes / peróxidos orgânicos
- CLASSE 6 – substâncias tóxicas (venenosas) e infectantes
- CLASSE 7 – materiais radioativos
- CLASSE 8 – corrosivos
- CLASSE 9 – substâncias perigosas diversas

3.3 A dutovia como integrante da matriz de transporte

A movimentação das cargas se dá através de cinco modais: rodoviário, ferroviário, aéreo, aquaviário e dutoviário.

Se comparado a outros países, na movimentação de cargas no Brasil há o predomínio das rodovias (TABELA 3.5).

Tabela 3.5 – Modalidades de movimentação no Brasil em comparação com os EUA e a Alemanha.

	BRASIL	EUA	ALEMANHA
rodoviário	70%	25%	18%
ferroviário	29%	50%	53%
fluvial	1%	25%	29%

Fonte: Carvalho, 1999.

Tomando os modais de transporte disponíveis no país, o Grupo Executivo de Integração da Política de Transportes (GEIPOT), apresenta a matriz de carga de transporte. (TABELA 3.6).

Tabela 3.6 – Brasil e matriz de transporte de cargas.

	1993	1999	2000
rodoviário	61,74%	61,82%	60,49%
ferroviário	22,61%	19,46%	20,48%
aquaviário	11,15%	13,83%	13,86%
dutoviário	4,21%	4,58%	4,46%
aeroviário	0,30%	0,31%	0,33%

Fonte: GEIPOT, 2004.

Algo semelhante é observado no Estado de São Paulo (TABELA 3.7):

Tabela 3.7 – Modalidades de movimentação no Estado de São Paulo.

	BRASIL	ESTADO DE SÃO PAULO
rodoviário	70%	93,3%
ferroviário	29%	5,2%
fluvial	1%	0,4%
dutovias	---	0,8%
aerovias	---	0,3%

Fonte: CETESB, 2010.

As movimentações desses produtos compreendem um conjunto de processos que envolvem sua origem e seu destino dos produtos.

Para Brito (1992), as indústrias que lidam com esses produtos perigosos têm demonstrado uma grande preocupação no que tange a área de produção e processamento, segurança de seus empregados e instalações. Entretanto, a atenção dada ao transporte é insatisfatória.

No Brasil, a primeira linha dutoviária que se tem registro foi construída na Bahia, com diâmetro de 2" e 1 km de extensão, ligando a "Refinaria Experimental de Aratu" ao Porto de Santa Luzia e que recebia o petróleo dos "Saveiros-Tanques" vindos dos campos de Itaparica e Joanes, com início de operação em maio de 1942 (FOGLIATTI et al. 2004).

A malha dutoviária brasileira é formada por 15.772 km, entre oleodutos e gasodutos. A Transpetro opera 9.607 km destes dutos, dos quais 70% são oleodutos, utilizados para transportar petróleo e derivados. Em sua maioria são dutos terrestres e subterrâneos, com profundidades que variam de 90 centímetros a 1,5 metros (PETROBRAS, 2004).

Segundo dados da Transpetro (2010), somente o Estado de São Paulo detém 2.970,5 km da malha dutoviária do país.

3.4 Acidentes com dutovias no Estado de São Paulo

A CETESB passou a registrar os acidentes envolvendo dutovias no Estado de São Paulo a partir de 1980. Até 2002, foram notificados 149 casos com vazamentos de produtos.

O Gráfico 3.1 mostra o número de acidentes com dutovias durante este período, no qual é claro o crescente aumento de casos a partir do ano de 1996, que pode ser interpretado como reflexo de uma maior preocupação com o registro dos mesmos.

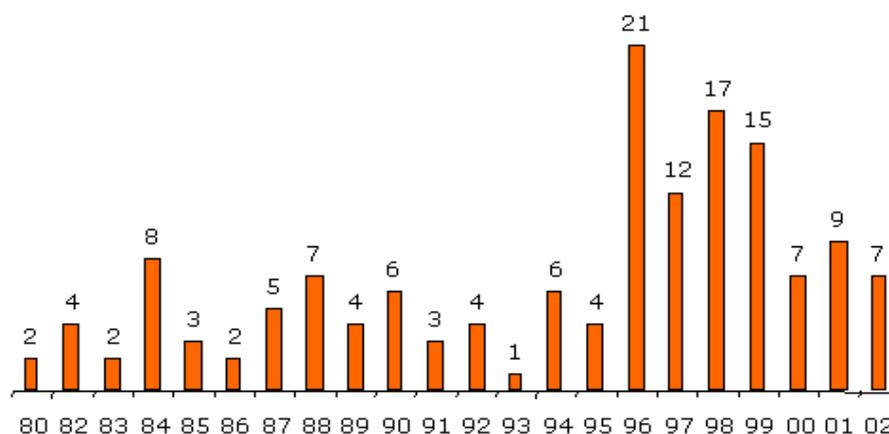


Gráfico 3.1 – Notificações de acidentes envolvendo dutos – período de 1980 a 2002 = 149 acidentes.

Fonte: CETESB, 2010.

3.4.1 Tipos de produtos liberados em acidentes envolvendo dutovias

Dos produtos liberados nos acidentes envolvendo dutovias, há o predomínio do gás natural (GRÁFICO 3.2).

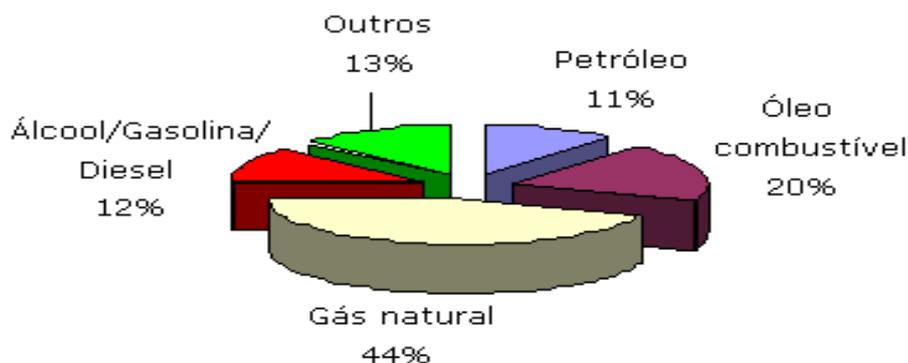


Gráfico 3.2 – Tipos de produtos liberados em acidentes – período de 1980 a 2002 = 149 acidentes.

Fonte: CETESB, 2004.

3.4.2 Causas e conseqüências dos acidentes com dutovias

Mesmo quando operando dentro de normas estabelecidas, os dutos estão sujeitos a falhas que podem estar relacionadas com:

- **Causas naturais:** eventos associados com a ação da natureza tais como erosão, deslizamentos de terra ou movimentação do solo;
- **Ação de terceiros:** eventos associados com perfuração da linha por empreiteiras durante obras de engenharia na faixa do duto como também vandalismo;
- **Falhas operacionais:** eventos com falha dos operadores durante a transferência de produto entre as diversas instalações;
- **Falhas mecânicas:** eventos associados a defeitos ou mau funcionamento de válvulas, flanges e juntas;
- **Falhas de manutenção:** incluem-se aqui a manutenção inexistente ou inadequada, ou ainda erros e falhas na execução dos trabalhos de manutenção.

A Tabela 3.8 apresenta as principais causas que levaram ao vazamento de produtos transportados por dutovias no Estado de São Paulo, independente do volume.

Tabela 3.8 – Quantitativo das causas de acidentes com dutos (1980-2006).

MODO FALHA	1980-1989	1990-1999	2000-2006	TOTAL
NATURAL	4	0	0	4
TERCEIROS	5	9	12	26
OPERACIONAL / MANUTENÇÃO	3	5	4	12
OPERACIONAL / OUTRAS	5	4	2	11
MECÂNICA / CORROSÃO	13	10	4	27
MECÂNICA / OUTRAS	3	6	4	13
NÃO APURADA	2	56	21	79
TOTAL	35	90	47	172

Fonte: Cadastro de Emergências Químicas da CETESB – CADEQ/CETESB, 2010.

Como consequência desses acidentes no ambiente natural ou rural, os trabalhos de reparo provocam a movimentação de solo, a supressão da vegetação, o impacto na micro e macro fauna, problemas momentâneos de saúde, contaminação dos solos e recursos hídricos superficiais e subterrâneos.

No ambiente urbano os maiores impactos são sentidos pela população que vive próxima aos dutos, podendo trazer transtorno ao trânsito local e também problemas momentâneos de saúde, contaminação dos solos e recursos hídricos superficiais e subterrâneos.

No entanto, 70% das ocorrências são registradas em áreas rurais, nas quais os danos ambientais são maiores (CETESB, 2005).

3.4.3 Comportamento do etanol, petróleo e seus derivados vazado no meio líquido

Assim como ocorre com os tanques de armazenamento de combustíveis subterrâneos (TACS) em postos de combustíveis, o vazamento de substâncias líquidas de um duto (etanol, petróleo e seus derivados líquidos) terá comportamento semelhante.

O contaminante de fontes imóveis irá atingir a zona não saturada (ZNS) e a zona saturada (ZS), e a extensão do impacto estará relacionada à quantidade vazada, ao tipo do contaminante e as características dos compartimentos geológicos.

No caso específico do vazamento de etanol, este apresentará um comportamento, nas ZNS e ZS, completamente diferente daquele verificado com a gasolina.

Alguns estudos mostram que a gasolina com 22% de etanol, quando vazada em postos revendedores de combustíveis (PRCs), acaba por sofrer interações. Os compostos benzeno,

tolueno, etilbenzeno e xileno (BTEX), encontrados na gasolina, podem interagir com etanol causando um comportamento completamente diferente no deslocamento da pluma do que aquele observado em países que utilizam gasolina pura (FERREIRA E ZUQUETE, 1998; FERREIRA, 2003).

Os três aspectos que podem afetar o comportamento dos hidrocarbonetos monoaromáticos BTEX em sistemas subsuperficiais com a presença do etanol são (FERNANDES E CORSEUIL, 1996):

- possibilidade do aumento da solubilidade dos BTEX na água;
- possibilidade do aumento da mobilidade dos BTEX dissolvidos na água subterrânea;
- possibilidade de que a presença do etanol possa dificultar a biodegradação natural dos BTEX aumentando a persistência destes compostos na água subterrânea.

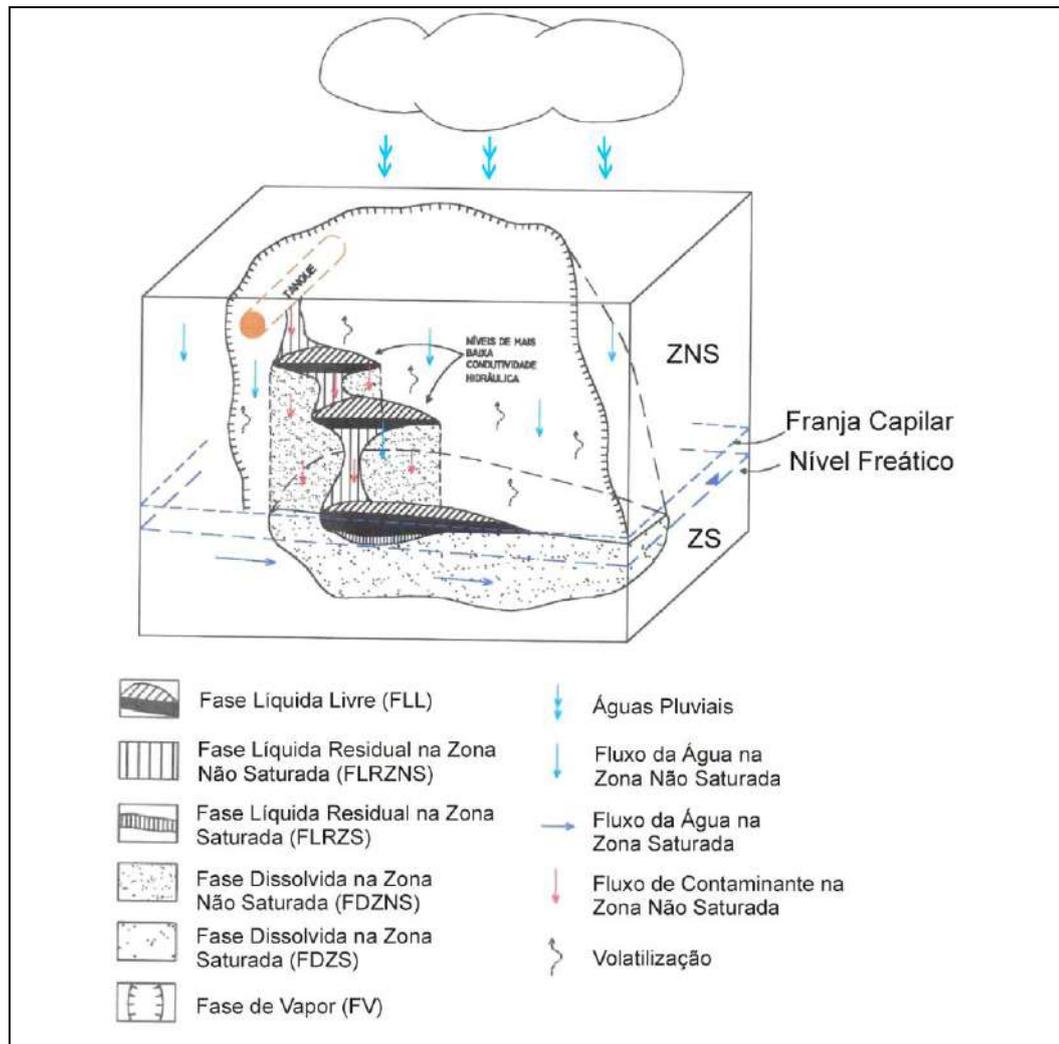
Já a contaminação decorrente do vazamento de petróleo e seus derivados no estado líquido apresentará as seguintes fases (TABELA 3.9):

Tabela 3.9 – Fases do contaminante nas zonas não saturada e saturada.

FASE	ZNS	ZS
vapor	ocorre	não ocorre
dissolvida	ocorre	ocorre
líquida livre	ocorre	ocorre
líquida residual	ocorre	ocorre

Fonte: Ferreira e Zuquete, 1998.

Essas fases ocorrerão conforme a migração do contaminante pela ZNS e ZS (QUADRO 3.3).



Quadro 3.3 – Fases do combustível nas zonas não saturada e saturada após vazamento.

Fonte: COSTA, 2002.

O vazamento de contaminante no estado líquido (petróleo e derivados) tende a sofrer migração influenciada pelas condições do meio físico.

O contaminante irá migrar pela zona não saturada, deixando resíduos adsorvidos nas partículas do solo, o que faz desta a fase líquida residual da zona não saturada.

De acordo com Oliveira (1992), essa fase servirá como fonte contínua de contaminação, podendo se estender por um longo período. A quantidade aí retida irá variar em função das características físicas da zona não saturada e do tipo de contaminante infiltrado.

O fluxo de contaminante, ao encontrar um meio de menor condutividade hidráulica, como a argila, ficará retido sobre esta camada, formando uma lente de acúmulo denominada de fase líquida livre da zona não saturada.

Ao se expandir por toda a extensão do meio de menor condutividade hidráulica, haverá um transbordamento do contaminante retido e uma continuidade do fluxo vertical descendente, até que ele seja interceptado por outro meio de menor condutividade hidráulica e venha a formar uma nova fase líquida livre, ou então atinja a franja capilar da zona saturada.

A fase líquida residual presente na zona não saturada, com o tempo, passará a liberar alguns constituintes que compõem o petróleo e seus derivados, os quais serão dissolvidos pela água que se infiltra por este meio, processo denominado de fase dissolvida da zona não saturada. Este processo dependerá da quantidade de contaminante vazado, da espessura da zona não saturada, bem como de suas características físicas (porosidade, permeabilidade, fraturas e outros).

Na franja capilar, devido à diferença de densidade, o contaminante acumular-se-á numa fase líquida livre, formando uma camada “flutuante” sobre a água, denominada de pluma de contaminação livre (GUIGUER, 1996).

A fase líquida livre da franja capilar caracteriza-se por ser uma fonte permanente de contaminação, uma vez que o produto é continuamente adsorvido pelos sedimentos e dissolvido pela água subterrânea, em decorrência das oscilações verticais e horizontais do nível da água do aquífero livre (CHAPELLE, 1992).

O contato com a água subterrânea propiciará a dissolução de alguns elementos do contaminante que apresentam maior solubilidade, como os compostos aromáticos leves BTEX e principais oxigenados, como metanol e etanol. Formar-se-á a fase dissolvida da zona saturada e uma pluma de contaminação, que tenderá a acompanhar o fluxo e velocidade da água subterrânea.

A quantidade de compostos orgânicos que se dissolverão na água dependerá, em especial, da solubilidade e do grau de mistura entre a fase líquida livre da zona saturada e a água subterrânea (OLIVEIRA, op.cit).

A fase de vapor será conseqüência do processo migratório do contaminante pela zona não saturada, resultado da volatilização de alguns hidrocarbonetos, sobretudo os presentes na gasolina.

Na fase de vapor a tendência é que o fluxo ocorra de um ambiente de maior pressão para um de menor pressão, acumulando-se em áreas mais baixas, por ser mais denso que o ar (GUIGUER, op.cit).

No que tange aos riscos, a fase líquida livre e a de vapor representam as maiores ameaças à qualidade dos solos e das águas subterrâneas. O uso destas pela população, pode acarretar sérios riscos de saúde.

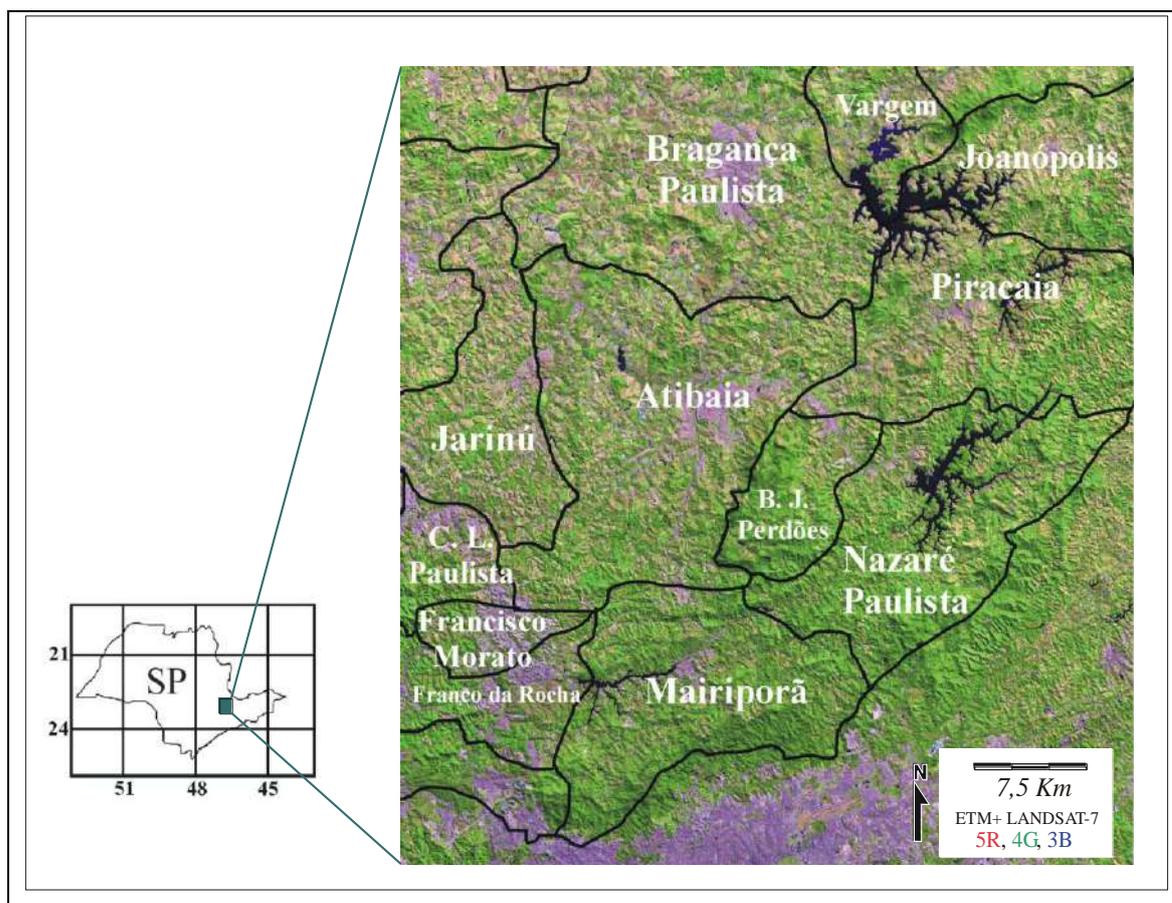
Por apresentar um risco maior de explosão e incêndio, a fase de vapor torna-se grande ameaça à segurança pública.

4 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO – ATIBAIA/SP

4.1 Aspectos antrópicos

4.1.1 Localização e acessos

Atibaia está situada à nordeste (NE) da capital paulista. Tem como limites os Municípios de Bragança Paulista/SP ao norte (N); Jarinú/SP ao oeste (W); Nazaré Paulista/SP ao sudeste (SE); Piracaia/SP ao NE; Bom Jesus dos Perdões/SP ao leste (E); e Mairiporã/SP, Franco da Rocha/SP e Francisco Morato/SP, que fazem parte da Região Metropolitana de São Paulo (RMSP), ao sul (S) (QUADRO 4.4).



Quadro 4.4 – Localização do Município de Atibaia.

Fonte: Kawakubo, 2005.

Duas importantes rodovias cortam o município: a Rodovia Fernão Dias (BR-381 – ligando a Capital do Estado de São Paulo (São Paulo) à Capital do Estado de Minas Gerais (Belo Horizonte)), e a Rodovia D.Pedro I (SP-065 – ligando o Município de Jacareí/SP ao Município de Campinas/SP).

4.1.2 O município como rota de passagem

O crescimento do Município de Atibaia foi acompanhado de um desenvolvimento desorganizado, que gerou conflitos entre os componentes naturais e sociais.

Desde os Bandeirantes, o município foi uma importante rota de passagem e interligação de centros econômicos. Este papel fez com que surgissem, no decorrer da história, importantes vias de acesso, que tiveram papel fundamental no crescimento e desenvolvimento do município, como mostra a citação seguinte:

Entre as vias para o Sertão dos Cataguases, sertão infestado de índios ferocíssimos, contava-se aquele que passava pela paragem denominada Atibaia, também conhecida, por alguns, por Cajussara e situada à margem de um rio caudaloso e no centro do sertão do mesmo nome (CONTI, 2001).

A primeira ligação com a capital paulista de expressiva importância econômica, foi a linha ferroviária que ligava Campo Limpo Paulista/SP a Vargem/SP, implantada em 1884.

Em 1914, passa a operar o ramal ferroviário que partia da Estação de Caetetuba (Bairro de Atibaia), onde havia o entroncamento com a linha Campo Limpo Paulista a Vargem e ia até a Cidade de Piracaia.

Em substituição à trilha que data dos bandeirantes, é inaugurada a SP-08 ligando São Paulo a Bragança Paulista, em 1927, surgindo um novo vetor de expansão que veio a propiciar o surgimento e o crescimento de alguns bairros.

Porém, na década de 1950, a SP-08 dá lugar à implantação da Rodovia Fernão Dias (BR 381), o que veio a causar o desmantelamento do ramal ferroviário Caetetuba – Piracaia, na década de 60. Assim, surge uma ocupação e especulação imobiliária predatória ao longo desta rodovia, com o surgimento de diversos loteamentos.

Essa expansão ganha um novo eixo na década de 70, com a inauguração da Rodovia D.Pedro I.

4.1.3 Dados sócio-econômicos

De acordo com dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2004), o Município de Atibaia tem uma área de 491km², das quais 192km² são área urbana e 299km² são área rural.

O número de habitantes do município é de 126.851, dos quais 113.594 estão enquadrados como população urbana e 13.257 como rural (FSEADE, 2005).

A densidade demográfica da população urbana é da ordem de 574,27hab/km², ao passo que a rural é de 44,33hab/km² (IBGE, op.cit).

4.1.4 Caracterização das dutovias

No que tange ao transporte dutoviário de petróleo e seus derivados, Atibaia é seccionada pela faixa de domínio – Faixa Osplan (Anexo 1).

Esta faixa apresenta três dutos, a saber:

- Osplan I: duto de 24” – Replan a Guararema, inaugurado em 1973 (gasolina e diesel (claros))
- Osplan II: duto de 18” – Replan a Guararema, inaugurado em 1991 (gasolina e diesel (claros))
- Osvat: duto de 30” – São Sebastião a Replan, inaugurado em 1977 (petróleo)

Cada um dos três dutos acima apresenta extensão de 26,8km, e a área em metro quadrado abrangida pela faixa de domínio ou servidão corresponde a 536.000m² ou 0,536km².

Além desta faixa, para o transporte de etanol, está projetada implantação do Sistema de Escoamento Dutoviário de Álcool e Derivados (SEDA), que prevê a criação de uma rede integrada de dutos para facilitar e incrementar o escoamento deste combustível aos mercados externo e interno.

Este corredor terá 682 km de extensão, de Uberaba (MG) a São Sebastião (SP), e, dentro do Município de Atibaia, será implantado na faixa de domínio do Gascar (Gasoduto Campinas – Rio de Janeiro).

Dentro de Atibaia, sua extensão será de 10,3km, apresentando uma faixa de domínio ou servidão de 30m, o que corresponde a uma área de 10.300m² ou 0,309km².

Além dos dutos utilizados para o transporte de líquidos, há também o transporte de produtos no estado gasoso. Este transporte ocorre pelo Gasoduto Brasil-Bolívia (Gasbol) e o Gasoduto Campinas-Rio (Gascar), identificado no anexo 1.

Na total, a extensão dos dutos dentro de Atibaia é de 90,7km.

4.2 Aspectos do meio físico

4.2.1 Clima

Quanto ao clima, considerou-se a escala de detalhe regional, em especial das áreas serranas do sudeste (SE).

Carvalho et al. (1975) seguem a classificação proposta por Koeppen, ao enquadrarem o município como detentor do clima intermediário, entre Cwa e Cwb, o que caracteriza o Clima Tropical de Altitude.

O Clima Tropical de Altitude tem temperatura média anual mínima de 13,6°C e máxima de 22,8°C e uma precipitação média anual de 1.350mm (CARVALHO et al, op.cit). Os maiores índices de precipitação estão concentrados nos meses de novembro a abril.

Um fator de grande interferência no clima local diz respeito à influência da Serra do Itapetinga que barra os ventos úmidos que sopram do SE, procedentes do oceano, o que causa uma redução na umidade.

4.2.2 Geomorfologia

Neste contexto, partindo-se de uma escala de maior detalhe para uma de menor, o município, segundo o Instituto de Pesquisa Tecnológica (IPT, 1981a), está na Subzona de Morros Cristalinos, que por sua vez encontra-se na Zona Geomorfológica do Planalto de Jundiá da Província Geomorfológica do Planalto Atlântico.

A Subzona de Morros Cristalinos desenvolve-se na porção sudeste (SE) da região, abrangendo pequena área situada na Bacia do Rio Jaguari, afluente do Rio Paraíba do Sul. É formada essencialmente por serras e morros paralelos. São formas de relevo alongado, com forte controle estrutural, apresentando o padrão de drenagem em treliça, sugerindo sua adaptação às linhas tectônicas (falhas e fraturas) (ALMEIDA, 1964).

Em muitos casos, o encontro dessas linhas dá origem a cotovelos de drenagem, que propiciam uma ampliação das planícies aluviais, dando origem aos alvéolos (AB'SABER, 1973) ou planícies alveolares (GUERRA, 1993).

Ao longo dos rios principais é comum a presença de planícies aluviais bem desenvolvidas, rodeadas por colinas e morrotes que fazem a transição para os morros e serras.

A erosão fluvial, assim como o seu controle pelas principais estruturas, teve papel preponderante na esculturação desse planalto.

Os espigões mostram claramente terem sido isolados pela ação da erosão remontante dos principais canais de drenagem, como os Rios Jaguari, Camanducaia, Cachoeira, Atibainha e outros.

As serras existentes no município fazem parte dos primeiros contrafortes da Serra da Mantiqueira e localizam-se, preferencialmente, nas porções leste (E) e sul (S).

A paisagem do município é típica dos Mares de Morros Tropicais, caracterizada por níveis poligênicos de colinas alongadas e morros arredondados em forma de meia laranja, escalonados em direção à depressão paleozóica (IPT, 1981b).

4.2.3 Rede hidrográfica

O município é cortado pelo Rio Atibaia (sentido leste (E)-oeste (W) e sudeste (SE)-noroeste (NW)), que surge da confluência dos Rios Cachoeira e Atibainha. O Rio Atibaia é um dos afluentes da margem direita do Rio Piracicaba.

No território de Atibaia, o Rio Atibaia é responsável pela drenagem das seguintes sub-bacias (QUADRO 4.5):

MARGEM ESQUERDA	MARGEM DIREITA
(1e)- Ribeirão da Laranja Azeda	(1d)- Rio dos Amaral
(2e)- Sem nome	(2d)- Ribeirão das Pedras
(3e)- Ribeirão Itapetinga	(3d)- Ribeirão Mato Dentro
(4e)- Córrego do Onofre	
(5e)- Ribeirão da Folha Larga	
(6e)- Ribeirão Caetetuba	
(7e)- Ribeirão Campo Largo	

Quadro 4.5 – Principais sub-bacias, no Município de Atibaia, drenadas pelo Rio Atibaia.

Elaborado por: Kleber Cavaça Campos.

Além dessas, existem as sub-bacias do Córrego do Padre Abel (I) e do Ribeirão do Anhumas (II) que deságuam no Rio Cachoeira e a do Rio Jundiaizinho (III) com a foz no Rio Jundiá (mapa 2).

Quanto aos aspectos morfológicos, a rede hidrográfica do município desenvolve-se quase que inteiramente na encosta ocidental da Serra da Mantiqueira, em terrenos pré-cambrianos do Complexo Cristalino Brasileiro e tem sua configuração fortemente determinada pela geologia.

Dentre as sub-bacias citadas, destaca-se a do Córrego do Onofre, com as nascentes localizadas no Município de Bom Jesus dos Perdões, na vertente leste da Serra do Itapetinga.

4.2.4 Solos

Segundo Rotta et al. (1975), o Município de Atibaia, dentre os localizados no Planalto Atlântico, foi o primeiro a ter uma carta de solos semi-detalhada.

Para esse autor, a seqüência de solos do município é explicada por fatores como: as condições de drenagem, transporte diferencial de material erodido e lixiviação, translocação e redeposição de constituintes químicos móveis.

As unidades de solos

Para cada uma das unidades de solos, Rotta et al. (1975) apresentam suas características, as quais foram extraídas as informações de maior relevância ao trabalho (mapa 3):

- **Unidade Piqueri (latossolo vermelho-amarelo orto – oxissolo):** muito profundo; bem drenado; muito poroso; sobre gnaisses intemperizado com parte da estrutura original da rocha; típico de relevo colinoso de forma suave; pouco dissecado; baixa densidade hidrográfica; situa-se em altitude que varia de 740 a 840m; apresenta vale em V aberto;
- **Unidade Tanque (latossolo vermelho-amarelo húmico – oxissolo):** muito profundo; bem drenado; muito poroso; típico de relevo colinoso; baixa densidade hidrográfica; situa-se em altitude que varia de 800 a 900m; apresenta uma alta permeabilidade;
- **Unidade Caetetuba (podzólico vermelho-amarelo orto – ultissolo):** medianamente profundo; bem drenado; típico de relevo colinoso e bastante dissecado; situa-se em altitude que varia de 740 a 840m; apresenta vale em V fechado; ocorrência de matações na superfície do terreno; sobre gnaisses intemperizados; apresenta alta permeabilidade;
- **Unidade Rosário (podzólico vermelho-amarelo fase rasa – ultissolo):** raso; bem drenado; típico de relevo de morrote e bastante dissecado; situa-se em altitude que varia de 750 a 1.000m; vale em V fechado; tem como embasamento granitos e gnaisses; permeabilidade elevada em superfície e baixa em sub-superfície;
- **Unidade Cachoeira (podzólico vermelho-amarelo ligeiramente ácido – ultissolo):** pouco profundo; bem drenado; ocorre em áreas de relevo bastante dissecado; com altitudes que variam de 750 a 1.000m; localiza-se geralmente na parte superior das encostas; vale em formato de V fechado; ocorrência de

matacões sobre a superfície do solo; sobre embasamento de granitos e gnaisses; permeabilidade média;

- **Unidade Laranjal (solos podzolizados com cascalho – ultissolo):** profundo; bem drenado; típico de relevo ondulado e bastante dissecado; altitudes que variam de 700 a 1.000m; alta densidade hidrográfica; sobre granitos e gnaisses; alta permeabilidade na camada mais superficial e média na sub-superfície;
- **Unidade Rio Acima (solos podzolizados com cascalho-fase rasa – ultissolo):** pouco profundo; bem drenado; relevo fortemente dissecado; alta densidade hidrográfica; vale em V medianamente fechado; relevo isolado pelos cursos de água; freqüente em altitude que varia de 800 a 920m; sobre granito e gnaisse; permeabilidade moderada;
- **Unidade Itapetinga (litossolo substrato granito - gnaisse – inceptissolo):** pouco desenvolvido; bem drenado; típico de relevo movimentado; fortemente ondulado e montanhoso; altitude que varia de 800 a 950m; sobre granito de granulação grosseira;
- **Unidade Samambaia (podzólico vermelho-amarelo intergrade para latossolo vermelho-amarelo – inceptissolo):** pouco profundo; pouco desenvolvido; típico de relevo com altitude que varia de 850 a 1.000m; apresenta vale em V fechado; alta densidade hidrográfica; sobre xistos e com recobrimento coluvial; permeabilidade média;
- **Solos hidromórficos (complexo indiscriminado de solos hidromórficos):** profundo e no geral argiloso a muito argiloso; mal drenado, com características de hidromorfismo; representado por solos Glei Pouco Húmico (mais próximo às margens dos rios) e Glei Húmico (mais afastado das margens e mais escuro); típico de relevo plano (planície aluvial); altitude que varia de 720 a 780m; com um embasamento aluvional quaternário e de média a baixa permeabilidade;
- **Complexo Rio Acima-Itapetinga:** pouco evoluído; sem horizonte bem definido; típico de área com relevo acidentado e altitude variando de 850 a 1.450m; presença de afloramentos rochosos; conhecido também por litossolo; originam as unidades rio acima-itapetinga.

Na Tabela 4.10 são apresentadas as unidades de solos, suas classificações e a área abrangida.

Tabela 4.10 – Unidades de solos do Município de Atibaia.

UNIDADE	CLASSIFICAÇÃO	ÁREA (%)	ÁREA (km²)
piqueri (oxissolo)	latossolo vermelho-amarelo orto	22,4	107,1
tanque (oxissolo)	latossolo vermelho-amarelo húmico	1,2	5,7
caetetuba (ultissolo)	podzólico vermelho-amarelo orto	26,0	124,4
rosário (ultissolo)	Podzólico vermelho-amarelo fase rasa	16,2	77,4
cachoeira (ultissolo)	Podzólico vermelho-amarelo ligeiramente ácido	5,6	26,8
laranjal (ultissolo)	solos podzolizados com cascalho	7,2	34,4
rio acima (ultissolo)	solos podzolizados com cascalho fase rasa	5,0	23,9
itapetinga (inceptissolo)	litossolo substrato granito-gnaisse	0,7	3,3
samambaia (inceptissolo)	podzólico vermelho-amarelo intergrade para latossolo vermelho amarelo	3,1	14,8
complexo indiscriminado de solos hidromórficos		5,9	28,2
complexo itapetinga – rio acima		6,4	30,6

Fonte: Rotta et al., 1975.

4.2.5 Geologia Local

As principais litologias existentes na região pertencem ao Complexo Gnaíssico-Migmatítico do Amparo e aos maciços graníticos de Socorro e Atibaia (mapa 4).

Estruturas

A principal falha é a de Camanducaia (ALMEIDA e HASUI, 1984) e atravessa toda a área de estudo com direção geral N35°E.

Maciços Graníticos

A região é pontilhada por maciços graníticos de dimensões variadas, formando as proeminências do relevo, como os Maciços de Socorro e Atibaia.

O Maciço de Atibaia, com uma maior expressividade topográfica, ocupa 52,4 km² (9%) do território de Atibaia (CAVALCANTE, 1990).

Coberturas Coluvionares

Os sedimentos coluvionares abrangem uma área de 23 km² (3,9%) (CAVALCANTE, 1990).

Não existem dados referentes às espessuras destas coberturas na área. Supõem-se pelas observações de campo, que oscilem entre 5,0 a 20,0 metros (CAVALCANTE, op.cit).

Aluviões

Os aluviões ocorrem, preferencialmente, nas calhas das principais drenagens, a exemplo do Rio Atibaia, ou em manchas isoladas ao longo das drenagens secundárias mais expressivas, como por exemplo o Córrego do Onofre, cobrindo uma superfície de 46 km² (7,8%) (CAVALCANTE, 1990).

Tem a composição mineralógica muito variada em função da litologia percorrida pela drenagem. É comum a presença de argilas, siltes, areias e seixo grosseiro de composição mineralógica quartzo-feldspático.

Possuem, no geral, poucos metros de espessura. Penalva (1971) cita que localmente estes aluviões podem ter até 60 metros de profundidade.

4.2.6 Hidrogeologia

O domínio cristalino, quando tratado pela hidrogeologia, pode ser visto sobre dois contextos principais: rocha cristalina alterada coberta por um espesso manto de alteração, na qual a circulação da água subterrânea se dá através dos interstícios criados pela ação do intemperismo; e rochas cristalinas inalteradas, sobreposto por um manto de alteração de pouca espessura, onde o fluxo subterrâneo ocorre predominantemente em fraturas.

O primeiro domínio representa, aproximadamente, 80% da área pré-cambriana brasileira, da qual faz parte o Município de Atibaia (CAVALCANTE, 1990).

Aqüífero em meio poroso

Pode ocorrer no manto de alteração, que abrange o intervalo da rocha sã até a superfície do solo.

A integração dos fatores litológicos, fraturamento e drenagem são de fundamental importância no desenvolvimento deste meio.

Em Atibaia, o manto de alteração pode apresentar uma espessura que varia de 20,0 a 40,0 metros, o qual representa 68% da área do município (CAVALCANTE, 1990).

A existência de uma densa rede de drenagem – muitas vezes congruentes às fraturas ou falhas – associada às características estruturais dos litotipos (xistosidade, bandamento composicional etc) faz com que estes sofram um intenso e rápido processo intempérico, resultando em maiores espessuras do manto de alteração.

Este aquífero em meio poroso também pode ocorrer em:

- **aluviões:** coberturas oriundas da deposição de material que podem ter características diferentes da rocha subjacente, pois sofre grande influência da bacia hidrográfica;
- **coluviões:** originam-se da mistura de fragmentos minerais da rocha subjacente, enriquecida por partículas transportadas das partes mais elevadas e que podem ter sua origem relacionada a rochas completamente diferentes. Dá origem a um material grosseiro e é encontrado, em geral, em encostas;
- **eluviões:** coberturas que mantêm estreita correlação com o material de origem, influenciada pela natureza da rocha matriz, logo autóctone.

Grosso modo, o manto de alteração existente na área pode ser dividido em:

- **ausência de estruturas da rocha de origem:** corresponde à zona superficial formada por material que varia de argiloso a silto-argiloso, onde o processo pedogenético já alcançou seu desenvolvimento máximo;
- **presença de estruturas da rocha de origem:** material que varia de argilo-siltoso a areno-argiloso, localmente silto-argiloso, onde as estruturas da rocha matriz, apesar de pouco preservadas, ainda são visíveis.

É neste cenário, geralmente um aquífero livre, que os poços tipo cacimba, de Atibaia, captam água.

Aquífero em meio fraturado

O aquífero em meio fraturado corresponde ao ambiente em que a percolação da água se restringe às discontinuidades geológicas do maciço rochoso.

Este aquífero, independentemente da rocha que o compõe e da natureza do solo que o recobre, está intrinsecamente relacionado com o manto de alteração que o sobrepõe, o qual é responsável pela transferência e pureza da água.

Esse meio é considerado como um domínio hidrogeológico heterogêneo e anisotrópico, onde o fluxo ocorre somente nas fraturas. Os seus parâmetros hidrodinâmicos

estão estreitamente vinculados à intensidade, abertura e interconexão da rede de fraturas (CAVALCANTE, 1990).

5 AVALIAÇÃO AMBIENTAL PRELIMINAR

Corresponde a uma análise preliminar do potencial de periculosidade ambiental de produtos manuseados em determinados empreendimentos, servindo de base ao desenvolvimento da estratégia ambiental e num possível plano de amostragem de investigação.

5.1 A contaminação e o meio físico

A apropriação do ambiente natural pelo Homem e a constante reconstrução do espaço urbano, como forma de organizar o uso e ocupação, têm grande implicação nos processos de contaminação ambiental.

A deterioração dos ambientes inicia-se com o agente contaminador, passando pelo transporte do contaminante e atingindo o Homem e a fauna que compartilham do mesmo espaço.

O transporte do contaminante está intrinsecamente associado às características do meio físico, o qual dá suporte e interage com as fontes geradoras de contaminação.

Neste sentido, o solo ou compartimento correspondente à zona não saturada (ZNS) exerce papel fundamental como camada atenuadora dos contaminantes infiltrados, seja acidental, clandestina ou intencionalmente.

As características dos solos têm na geomorfologia um dos fatores decisivos em sua formação, pois é ela quem determinará a forma de deposição e acumulação do sedimento ou produto gerador do solo, possibilitando horizontes menos ou mais espessos, pouco ou muito desenvolvidos.

Observando o Mapa 3, que apresenta as Unidades de Solos de Atibaia, nota-se que os dutos Osplan I, Osplan II e Osvat estão localizados nas seguintes unidades de solos: piqueri, caetetuba, rosário, laranjal e complexo hidromórficos.

No que tange a permeabilidade, as unidades piqueri e caetetuba apresentam esta característica elevada, o que, no caso de um vazamento do duto, pode facilitar a percolação do contaminante em direção ao aquífero. A unidade laranjal apresenta permeabilidade média na sub-superfície e a rosário apresenta nesta mesma camada baixa permeabilidade, o que o torna uma ótima camada protetora das águas subterrâneas.

Os solos hidromórficos são extremamente argiloso, aspecto que dá a ele uma condição de permeabilidade muito baixa, no entanto o ambiente no qual se encontra corresponde às

planícies de inundação das drenagens superficiais, o que no caso de um vazamento pode facilitar o escoamento a estes corpos hídricos.

O Sistema de Escoamento Dutoviário de Álcool (Seda) está projetado nas unidades de solos piqueri, caetetuba e complexo hidromórficos.

O solo da unidade piqueri apresenta alta porosidade, espesso manto alterado e boa drenagem. O espesso manto de alteração serve como ótima camada protetora para as águas subterrâneas, no entanto a porosidade, aliada a uma baixa concentração de materiais impermeáveis, dá uma condição de alta transmissividade das águas subterrâneas, conseqüentemente uma maior possibilidade de movimentação de contaminantes.

O solo hidromórfico, localizado ao longo das principais drenagens, apresenta espesso manto alterado com elevada concentração de materiais impermeáveis, fazendo com que tenha uma péssima drenagem.

Além de ser uns dos fatores na formação dos solos, a geomorfologia também é responsável pelo padrão da drenagem, ou seja, a forma e distribuição da rede hidrográfica.

Nota-se, pelo Mapa 2, que os dutos Osplan I, Osplan II e Osvat estão dentro das seguintes bacias: Ribeirão da Laranja Azeda, bacias secundárias localizadas ao longo da planície de inundação do Rio Atibaia e, em sua margem direita, a bacia do Ribeirão das Pedras e Ribeirão Mato Dentro. Estas bacias se encontram em importantes zonas agrícolas do município.

O duto projetado para o escoamento do etanol encontra-se na bacia hidrográfica do Rio dos Amaral, Ribeirão das Pedras, Córrego do Padre Abel e Ribeirão Anhumas, todas em áreas com intensa atividade agrícola.

Resgatando o objetivo desta monografia, o compartimento ambiental selecionado é formado pelas águas subterrâneas, que, do ponto de vista da geologia, enquadra-se numa sub-área do conhecimento denominada hidrogeologia.

A área de estudo, por estar inserida no embasamento cristalino, possui grande complexidade estrutural. Esta complexidade traz uma maior preocupação com a instabilidade, principalmente aos escorregamentos e processos erosivos.

Os dutos Osplan I, Osplan II e Osvat percorrem boa parte de terrenos quaternários formados por aluviões, compostos de sedimentos (Mapa 4). Estes aluviões possibilitam a armazenagem de água, originando aquíferos porosos livres com boa porosidade, o que possibilita a extração de água subterrânea por meio de poços cacimbas, método muito utilizado em áreas sem rede de abastecimento público. Esta porosidade elevada, aliada à boa permeabilidade, facilita a percolação e deterioração da qualidade desta água.

Já as outras formações geológicas pelas quais passa o duto de escoamento de petróleo e seus derivados líquidos, bem como o de etanol (projetado), apresentam fissuras ou índicos de processos intempéricos, o que facilita a percolação do contaminante em direção aos aquíferos fissurais, muito comuns na região com embasamento cristalino.

Obras de engenharia instaladas nesse ambiente – como no caso as dutovias objeto de estudo desta monografia – devem receber atenção especial por meio de monitoramento constante, para evitar acidentes que causem impactos ambientais e socioeconômicos.

6 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

6.1 Conclusões

O objetivo deste trabalho foi avaliar ambiental e preliminarmente o transporte dutoviário de etanol, petróleo e seus derivados líquidos como uma possível fonte geradora de contaminação das águas subterrâneas tendo o Município de Atibaia/SP como objeto de estudo de caso.

A metodologia para a abordagem propunha cinco níveis de abordagem, cada qual associado a uma escala de trabalho.

Como a escala do trabalho foi o município, ela enquadrou-se no primeiro nível que permitiu um levantamento e uma avaliação preliminar das dutovias utilizadas ao escoamento do etanol, petróleo e derivados líquidos como fontes geradoras de contaminação das águas subterrâneas.

As dutovias, vistas como fonte de contaminação, foram lançadas em base cartográfica (topográfico, hidrográfica, pedológica e geológica), servindo de apoio e meio de se vislumbrar sua distribuição espacial. No caso da base cartográfica que foca a topografia (MAPA 1), esta tem como objetivo único facilitar a observação do relevo cortado pelos dutos, bem como comparar este aspecto com a geologia, pedologia e rede hidrográfica. Brevemente, uma análise do Mapa 1 permite observar que os dutos encontram-se – trechos consideráveis – em planícies de inundação do Rio Atibaia.

A avaliação ambiental mostrou que o ambiente do município por onde passam os dutos apresenta condições não propícias, mas a instalação e operação dentro dos padrões de segurança minimizam o risco de acidentes e facilitam a tomada de decisões nestas situações.

No entanto, para que a tomada de decisões seja adotada eficazmente é necessário que os órgãos públicos municipais, principalmente, tenham conhecimento da existência da fonte de contaminação e das características do contaminante.

Infelizmente, durante o levantamento das informações, os agentes públicos que deveriam ter informação sobre o assunto mostraram desconhecimento total.

Este fato é preocupante, uma vez que as áreas contaminadas, suspeitas ou potenciais trazem uma série de conseqüências negativas aos municípios:

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

Esta ausência de informação é notada, também, nos instrumentos de uso e ocupação do solo, no caso o Código de Urbanismo e Meio Ambiente (CURMA), instituído pela Lei Complementar nº 580, de 19 de dezembro de 2008, no qual o transporte dutoviário é mencionado em seu Anexo 2, porém sua localização em bases cartográficas não ocorre.

Está ausência de bases cartográficas do município que mostre os dutos acabou por favorecer situações desconfortáveis, como a ocorrida no início deste ano (2010) durante episódio no qual o Rio Atibaia que corta Atibaia transbordou. Seu transbordamento causou grandes prejuízos a residências localizadas ao longo de sua planície de inundação.

Mas o fato que chama a atenção é que durante as cheias deste rio, boa parte das faixas dutoviárias foram cobertas pelas águas, inclusive os marcos superficiais, o que causou grande preocupação à população e autoridades locais, pois não sabiam precisar onde é que se encontravam os dutos e ficando evidente a necessidade da cartografia destas faixas.

O trato e a atitude do poder público local, assim como em tantos outros municípios brasileiros, quando o assunto é fonte de contaminação, mostram negligência, omissão ou desinteresse numa questão que apresenta demanda sócio ambiental.

6.2 Recomendações

Cabe observar que no caso de um possível vazamento de etanol, petróleo ou um de seus derivados líquidos do sistema dutoviário, certamente haverá contaminação da zona não saturada e possivelmente da zona saturada, conseqüentemente das águas subterrâneas.

Esta contaminação, de toda forma, causará um impacto ambiental, deteriorando a qualidade dos ambientes em contato com o contaminante.

No caso do vazamento ocorrer em áreas rurais onde há captação de água subterrânea para consumo humano, ter-se-á, além do impacto ambiental, um problema de saúde pública e de segurança pública associado ao risco de incêndio e explosões.

Nas áreas urbanas do município, no caso de um vazamento e contaminação das águas subterrâneas, ter-se-á um problema de segurança pública em decorrência do risco de explosões ou incêndios. O risco ao consumo da água contaminada inexistirá uma vez que há cobertura de abastecimento público pela municipalidade.

Dado que boa parte dos vazamentos que ocorrem em dutos está relacionada ao desconhecimento de sua existência, o que causa uma perfuração acidental recomenda-se um mapeamento das formas de uso e ocupação do solo em suas adjacências, bem como a verificação do uso ou não das águas subterrâneas para abastecimento.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

AB'SABER, A. N. Geomorfologia da área das barragens do alto Jaguari. *Revista de Geomorfologia*, São Paulo, n. 42, p. 1-22, 1973.

ALMEIDA, F. F. M. Fundamentos geológicos do relevo paulista. *Boletim do Instituto Geografia e Geologia*, São Paulo: SEPLAN, n. 41, p. 167-263, 1964.

_____; HASUI, Y. *O pré-cambriano do Brasil*. São Paulo: Edgard Blücher, 1984. 378 p.

ATIBAIA. Lei Complementar nº 580, de 19 de dezembro de 2008. Institui o CÓDIGO DE URBANISMO E MEIO AMBIENTE da Estância de Atibaia e dá outras providências.

Disponível em:

<<http://www.atibaia.sp.gov.br/curma/lei.htm#representacaocartografica>>. Acesso em: 21 abr. 2010.

BORGHETTI, N. R. B.; BORGHETTI, J. B.; ROSA FILHO, E. F. *Aqüífero Guarani: a verdadeira integração dos países do mercosul*. Curitiba: Fundação Roberto Marinho, 2004. 214 p.

BRANCO, S. M. Poluição e contaminação. *Revista do Departamento de Água e Energia*, v. 26, n. 57, p. 41-45, 1965.

BRANCO, S. M. *Hidrobiologia ambiental*. São Paulo: ABRH: EDUSP, 1991. 414 p. (Coleção da Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 3).

BRASIL. Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. In: PRESIDÊNCIA DA REPÚBLICA. *Legislação*. Disponível em:

<http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L6938org.htm>. Acesso em: 20 jan. 2010.

_____. Decreto nº 96.044, de 18 de maio de 1988. Aprova o Regulamento para o Transporte Rodoviário de Produtos Perigosos e dá outras providências. In: PRESIDÊNCIA DA REPÚBLICA. *Legislação*. Disponível em:

<http://planalto.gov.br/civil_03/decreto/artigos/D96044.htm>. Acesso em: 20 jan. 2010.

_____. Lei nº 9.478, de 06 de agosto de 1997. Dispõe sobre a política energética nacional, as atividades relativas ao monopólio do petróleo, institui o Conselho Nacional de Política Energética e a Agência Nacional do Petróleo e dá outras providências *Legislação*. Disponível em:

<<http://www.planalto.gov.br/ccivil/leis/L9478.htm>>. Acesso em: 20 jan. 2010.

_____. Agência Nacional de Petróleo. Portaria nº 125, de 05 de agosto de 2002. Dispõe sobre os procedimentos de natureza preventiva a serem adotados no acompanhamento de obras com interferência em faixa de domínio de dutos de petróleo, seus derivados ou gás natural. *Legislação*.

Disponível em: <<http://www.anp.gov.br>>. Acesso em: 20 jan. 2010.

BRITO, A. J. Transporte de produtos perigosos: prevenção e controle. Atuação do órgão ambiental. In: PANORAMA Brasileiro do Transporte de Produtos Perigosos. São Paulo: Associação Nacional das Empresas de Transportes Rodoviários de Carga, 1992. p. 91-95.

CARVALHO, A.; LEPSCH, I. E.; OLIVEIRA, J. B.; VALADARES, J.; ROTTA, C. L. Levantamento pedológico semi-detalhado do município de Atibaia-SP. *Revista Bragantia do Instituto Agrônomo do Estado de São Paulo*, Campinas, n. 1, v. 34, p.1-58, 1975.

CARVALHO JR., V. Gerenciamento de riscos: a importância de riscos no transporte rodoviário de cargas. *Revista Proteger*, v. 5, p. 28-32, 1999.

CAVALCANTE, I. N. *Estudos hidrogeológicos de terreno cristalino com manto de intemperismo – área piloto de Atibaia, SP*. 1990. 123 p. Dissertação (Mestrado) – Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1990.

CHAPELLE, H. F. *Ground-water microbiology and geochemistry*. New York: John Wiley e Sons, 1992. 424 p.

COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO (CETESB). *Relação de áreas contaminadas no estado de São Paulo*, novembro / 2004. São Paulo, 2004. Disponível em:

<<http://www.cetesb.sp.gov.br/Solos/areascontaminadas/relacaoareas.asp>>. Acesso em: 20 jan. 2010.

_____. *Manual de gerenciamento de áreas contaminadas*. São Paulo, 1999. Disponível em: <<http://www.cetesb.sp.gov.br/Solo/areascontaminadas/manual.asp>>. Acesso em: 15 fev. 2010.

_____. *Transporte de produtos perigosos: apostila do curso de atendimento a emergências*. São Paulo, 1992.

_____. Emergências químicas: estatísticas. Disponível em: <www.cetesb.sp.gov.br/emergencia/estatisticas/rodoviaros.asp>. Acesso em: 15 fev. 2010.

_____. Emergências químicas: estatísticas. Disponível em: <www.cetesb.sp.gov.br/emergencia/acidentes/dutos/aa_dados.asp>. Acesso em: 15 fev. 2010.

_____. Emergências químicas: tipos de acidentes. Acessado em: 02 jan. 2005. Disponível em: <www.cetesb.sp.gov.br/emergencia/acidentes/rodoviaros/introducao.asp>. Acesso em: 15 jan. 2010.

_____. Emergências químicas: tipos de acidentes. Disponível em: <www.cetesb.sp.gov.br/emergencia/acidentes/dutos/aa_estatisticas.asp>. Acesso em: 12 fev. 2010.

_____. *Glossário ecológico ambiental*. Disponível em: <<http://www.cetesb.sp.gov.br/Ambiente/glossario/glossarioa.asp>>. Acesso em: 12 fev. 2010.

_____. *Cadastro de Emergências Químicas (CADEQ)*. Disponível em: <<http://www.cetesb.sp.gov.br>>. Acesso em: 12 fev. 2010.

CONTI, J. B. *História de Atibaia*. Atibaia: Grosse, 2001. v. 2. 121 p.

COSTA, W. D. *Caracterização das condições de uso e preservação das águas subterrâneas do Município de Belo Horizonte-MG*. 2002. 350 p. Tese (Doutorado) – Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2002.

CUNHA, C. R. C. A. *Avaliação de risco em áreas contaminadas por fontes industriais desativadas: estudo de caso São Paulo*. 1997. 152 p. Tese (Doutorado) – Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1997.

CUNHA, L.V. da; GONÇALVES, A.S.; FIGUIREDO, R.A. de; LINO, M.A. *A gestão da água – princípios fundamentais e suas aplicações em Portugal*. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 1980.

FEITOSA, A. C.; MANOEL FILHO, J. *Hidrogeologia: conceitos e aplicações*. Fortaleza: CPRM: LABHID/UFPE, 1997. 412 p.

FERNANDES, M.; CORSEUIL, H.X. Contaminação de Águas Subterrâneas por Derramamento de Gasolina: Efeito Cossolvência. In: *3º Simpósio Ítalo-Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental (SIBESA)*, Gramado, 1996.

FERREIRA, J.; ZUQUETTE, L. V. Considerações sobre as interações entre contaminantes constituídos de hidrocarbonetos e os componentes do meio físico. *Revista de Geociências*, São Paulo, v. 17, n. 2, p. 527-557, 1998.

FERREIRA, S. M. *Relação entre a espessura real e aparente da gasolina com etanol e da gasolina pura em colunas de laboratório*. 2003. 107 p. Tese (Doutorado) – Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003.

FETTER, C. W. *Contaminant hydrogeology*. New York: Macmillan; Toronto: Maxwell Macmillan Canada, 1993. 458 p.

FOGLIATTI, M. C.; FILIPPO, S.; GOUDARD, B. *Avaliação de impactos ambientais*. Rio de Janeiro, 2004. Editora Interciência.

FOSTER, S.; ADAMS, B.; MORALES, M.; TENJO, S. *Estratégias para la proteccion de aguas subterrâneas: una guia para su implementación*. Lima: CEPIS-OPAS-OMS, 1992. 91 p. (Programa de Salud Ambiental-HPE).

_____; GOMES, D. C. *Monitoreo de la calidad de las aguas subterrâneas: una evaluación de métodos y costos*. Lima: CEPIS-OPAS-OMS, 1989. 111 p. (Programa de Salud Ambiental-HPE).

_____; HIRATA, R. C. A. *Determinacion del riesgo de contaminacion de aguas subterrâneas: uma metodologia baseada em datos existentes*. 2. ed. rev. Lima: CEPIS-OPAS-OMS, 1991. 81 p. (Programa de Salud Ambiental-HPE).

_____; HIRATA, R. C. A.; GOMES, D.; D'ÉLIA, M.; PARIS, M. *Proteccion de la calidad del agua subterranea: guía para empresas de agua, autoridades municipales y agencias ambientales*. Washington: WHO-PAHO-CEPIS: UNESCO, 2002. 103 p.

_____; VENTURA, M.; HIRATA, R. C. A. *Poluição das águas subterrâneas: um documento executivo da situação da América Latina e Caribe com relação ao abastecimento de água potável*. São Paulo: Instituto Geológico, 1993. 55 p.

FUNDAÇÃO SISTEMA ESTADUAL DE ANÁLISE DE DADOS (FSEADE). *Perfil municipal*. São Paulo, 2005. Disponível em: <<http://www.seade.gov.br/produtos/perfil/>>. Acesso em: 12 fev. 2010.

FUZETTI, R. V. *O poder público municipal e o transporte rodoviário de produtos perigosos no município de São Paulo*. 2000. 146 p. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Saúde Pública, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2000.

Grupo Executivo de Integração da Política de Transportes (GEIPOT). *Capítulo 3 - Transporte Dutoviário*, 2004. Disponível em: < <http://www.geipot.gov.br/NovaWeb/IndexAnuario.htm>>. Acesso em: 12 fev. 2010.

GLOEDEN, E. *Gerenciamento de áreas contaminadas na Bacia hidrográfica do Reservatório Guarapiranga São Paulo*. 1999. 225 p. Tese (Doutorado) – Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1999.

GUERRA, A.T. *Dicionário geológico-geomorfológico*. Rio de Janeiro, IBGE, 1993. 446 p.

GUIGUER, N. *Poluição das águas subterrâneas e do solo causada por vazamentos em postos de abastecimento*. Waterloo: Waterloo Hydrogeologic, 1996. 356 p.

HASSUDA, S. *Critérios para a gestão de áreas suspeitas ou contaminadas por resíduos sólidos: estudo de caso na região metropolitana de São Paulo*. 1997. 142 p. Tese (Doutorado) – Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1997.

HIRATA, R. C. A. *Fundamentos e estratégias de proteção e controle da qualidade das águas subterrâneas: estudo de casos no estado de São Paulo*. 1994. 195 p. Tese (Doutorado) – Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1994.

HOUAISS, Antônio. *Dicionário Houaiss da língua portuguesa*. Rio de Janeiro: Objetiva, 2004. 2.922 p.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). *Classificação nacional de atividades econômicas*, versão 1.0. 2. ed. Rio de Janeiro, 2004. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/classificacoes/cnae1.0_2ed/estrutura_det_alhada.pdf>. Acesso em: 12 fev. 2010.

_____. *Cidades @*. Rio de Janeiro, 2005. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/cidadesat/>>. Acesso em: 12 fev. 2010.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS (IPT). *Mapa geológico do Estado de São Paulo*. São Paulo, 1981b. v. 1.

_____. *Mapa geomorfológico do Estado de São Paulo*. São Paulo, 1981a. v. 2.

KAWAKUBO, F.S. *Representações gráficas do relevo e álgebra de mapas: aplicações no estudo da fragilidade ambiental*. 2005. 130p. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2005.

OLIVEIRA, E. *Contaminação de aquíferos por hidrocarbonetos provenientes de vazamentos de tanques de armazenamento subterrâneo*. 1992. 112p. Dissertação (Mestrado) – Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1992.

PENALVA, F. Sedimentos neo-cenozóicos nos vales dos rios Jundiaí, Atibaia e Jaguari (Estado de São Paulo). *Boletim Paulista de Geografia*, n. 46, p. 107-138, 1971.

ROTTA, C. L. *Mineralogia de solos de uma topossequência de Atibaia, SP*. 1975. 88 p. Dissertação (Mestrado) – Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1975.

SANCHEZ, L.E. *A desativação de empreendimentos imobiliários: um estudo sobre o passivo ambiental*. 1998. 178 p. Tese (Livre Docência) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1998.

SÃO PAULO (Estado). Lei nº 6.134, de 2 de junho de 1988. Dispõe sobre a preservação dos depósitos naturais de águas subterrâneas do Estado de São Paulo, e dá outras providências. In: SECRETARIA DE ENERGIA, RECURSOS HÍDRICOS E SANEAMENTO. *Legislação*.

Disponível em:

<<http://www.recursohidricos.sp.gov.br/Legislacao/LEI6134.htm>>. Acesso em: 10 fev. 2010.

_____. Decreto nº 8.468, de 8 de setembro de 1976. Aprova o Regulamento da Lei nº 997, de 31 de maio de 1976, que dispõe sobre a Prevenção e o Controle da Poluição do Meio Ambiente. In: SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE DO ESTADO DE SÃO PAULO.

Licenciamento ambiental: legislação estadual. Legislação. Disponível em:

<http://www.ambiente.sp.gov.br/leis_internet/estadual/txt_decreto.htm>. Acesso em: 10 fev. 2010.

_____. Lei nº 997, de 31 de maio de 1976. Dispõe sobre o controle da poluição do meio ambiente. In: CETESB. *Licenciamento ambiental: legislação estadual. Legislação*. Disponível em:

<http://www.cetesb.sp.gov.br/licenciamentoo/legislacao/estadual/leis/1976_Lei_Est_997.pdf>

. Acesso em: 10 fev. 2010.

PETRÓLEO BRASILEIRO S.A.(PETROBRAS). [Rio de Janeiro], 2004. Disponível em:

<www.petrobras.com.br>. Acesso em: 10 mai. 2010.

PETROBRAS TRANSPORTES S.A.(TRANSPETRO). [Rio de Janeiro], 2010. Disponível

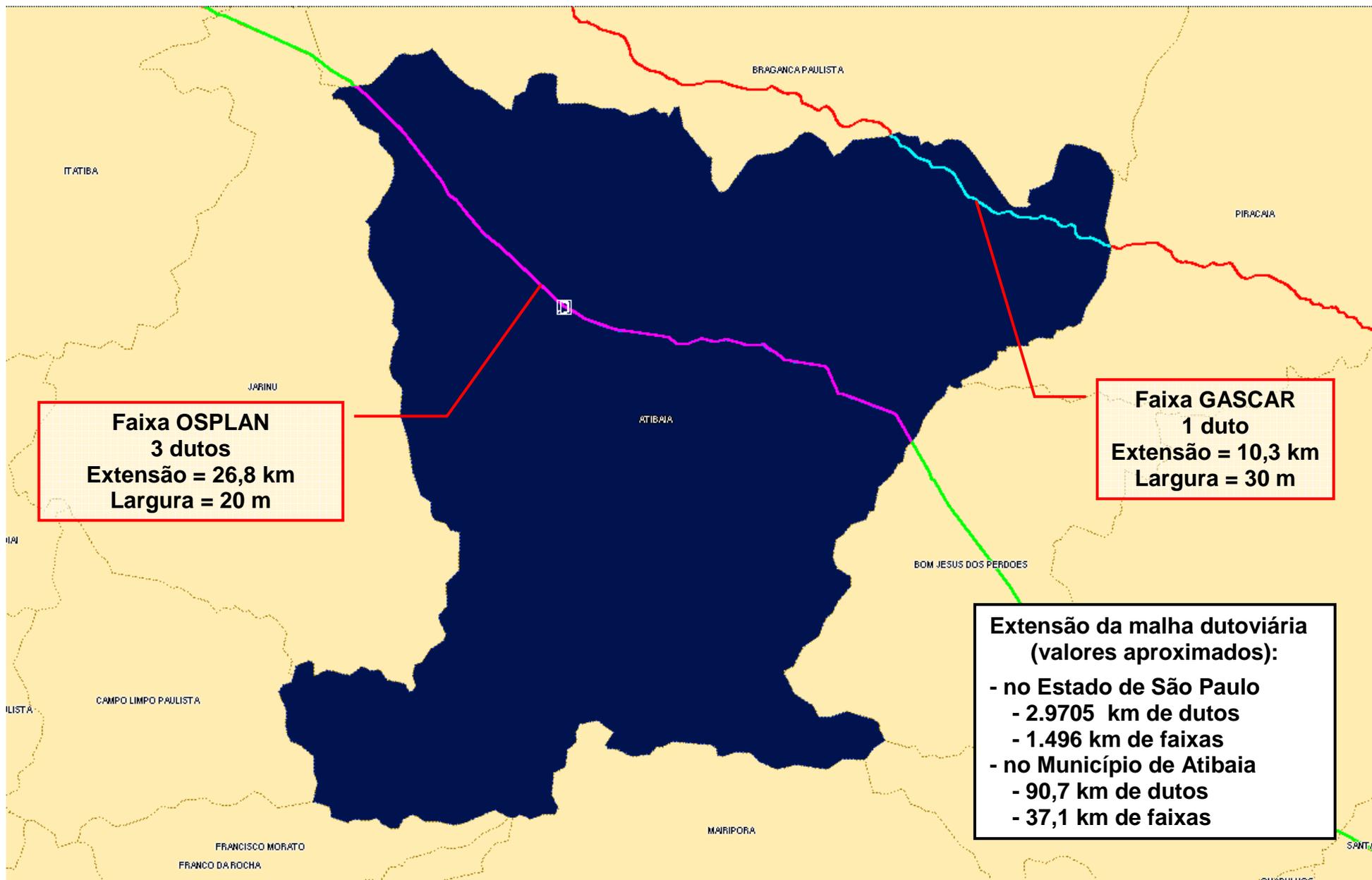
em: <www.transpetro.com.br>. Acesso em: 10 mai. 2010.

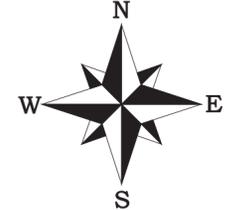
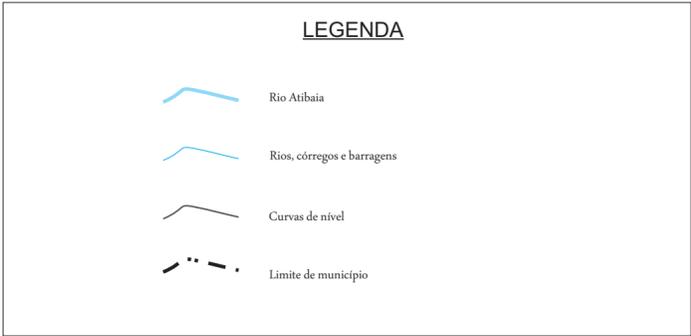
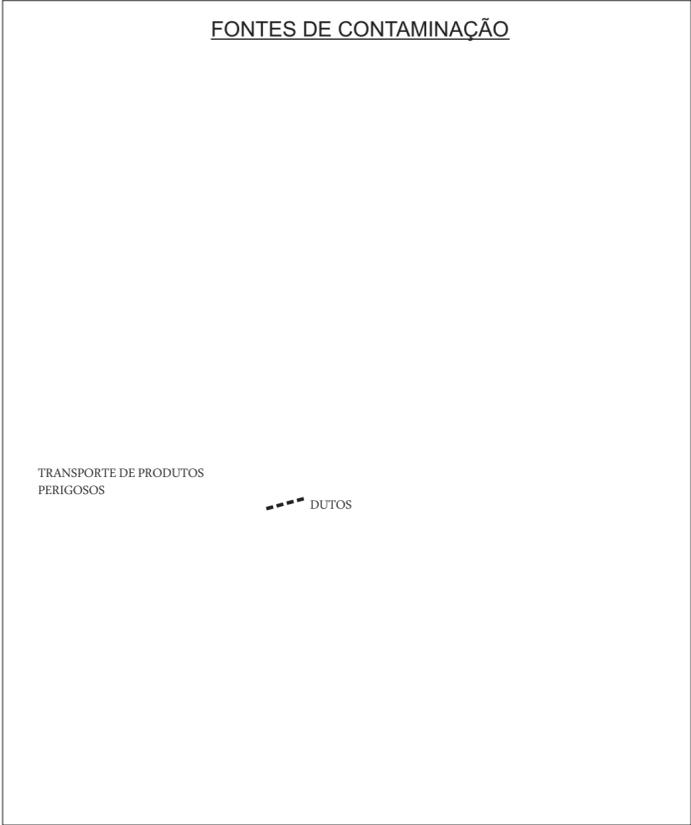
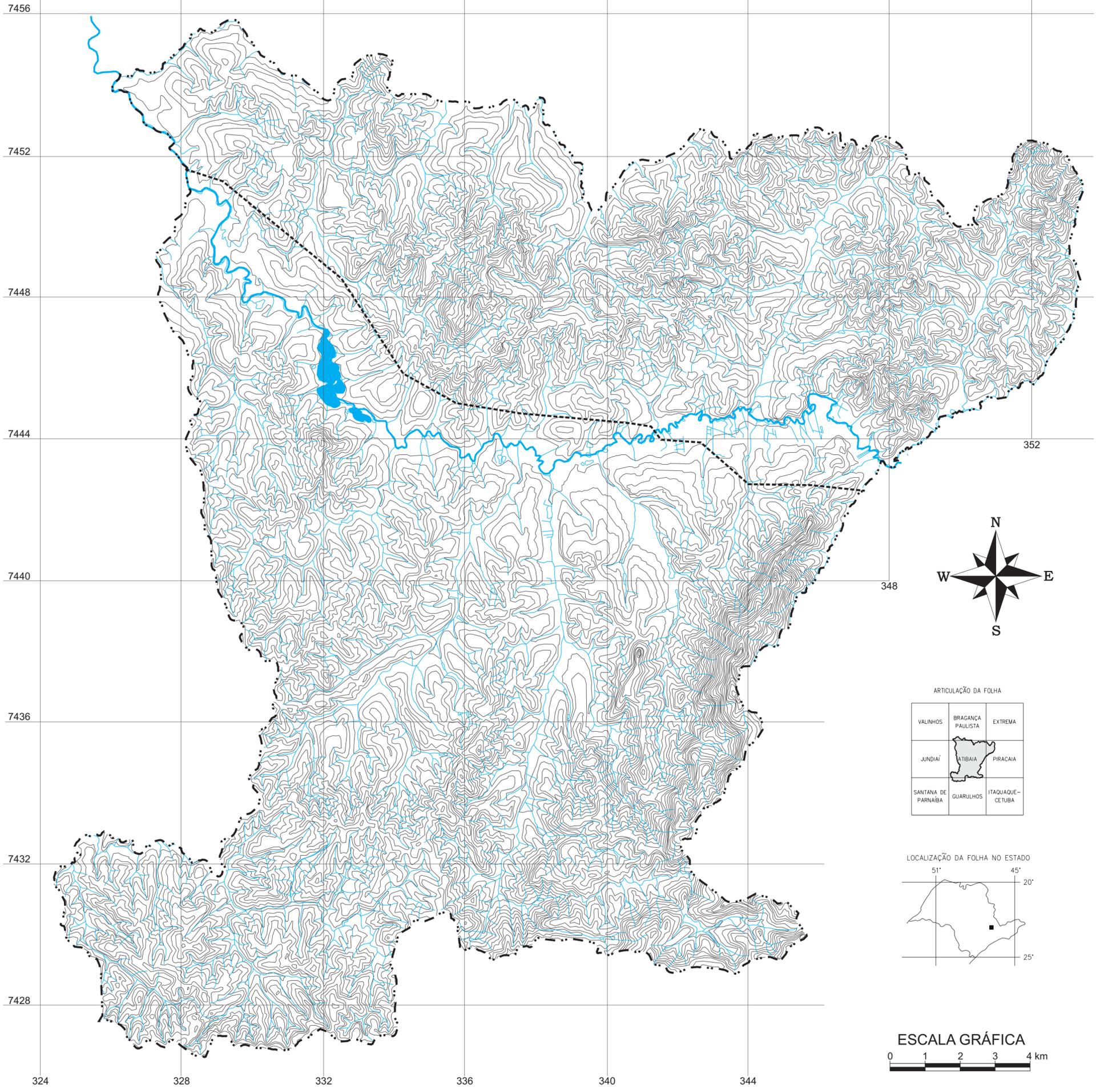
UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (EPA). *Potencial sources of drinking water contaminant index*: 2004. Disponível em:

<www.epa.gov/ogwdw000.swp/sources1.html>. Acesso em: 03 mar. 2010.

ANEXO 1

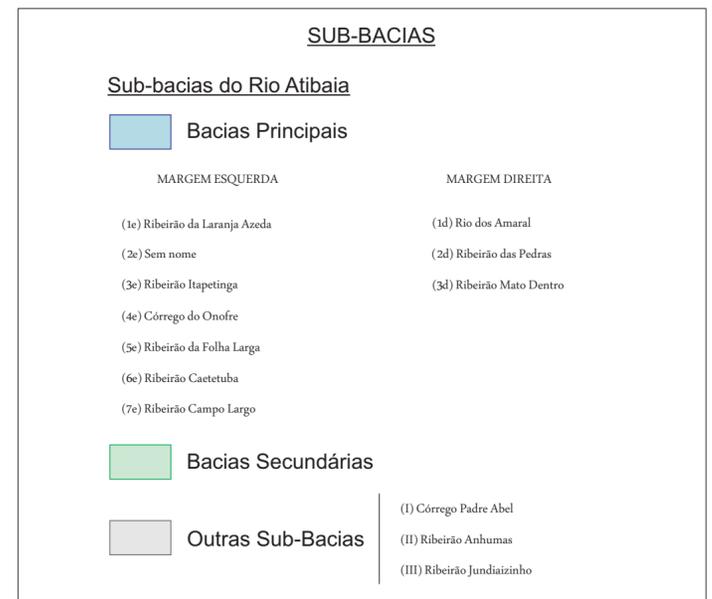
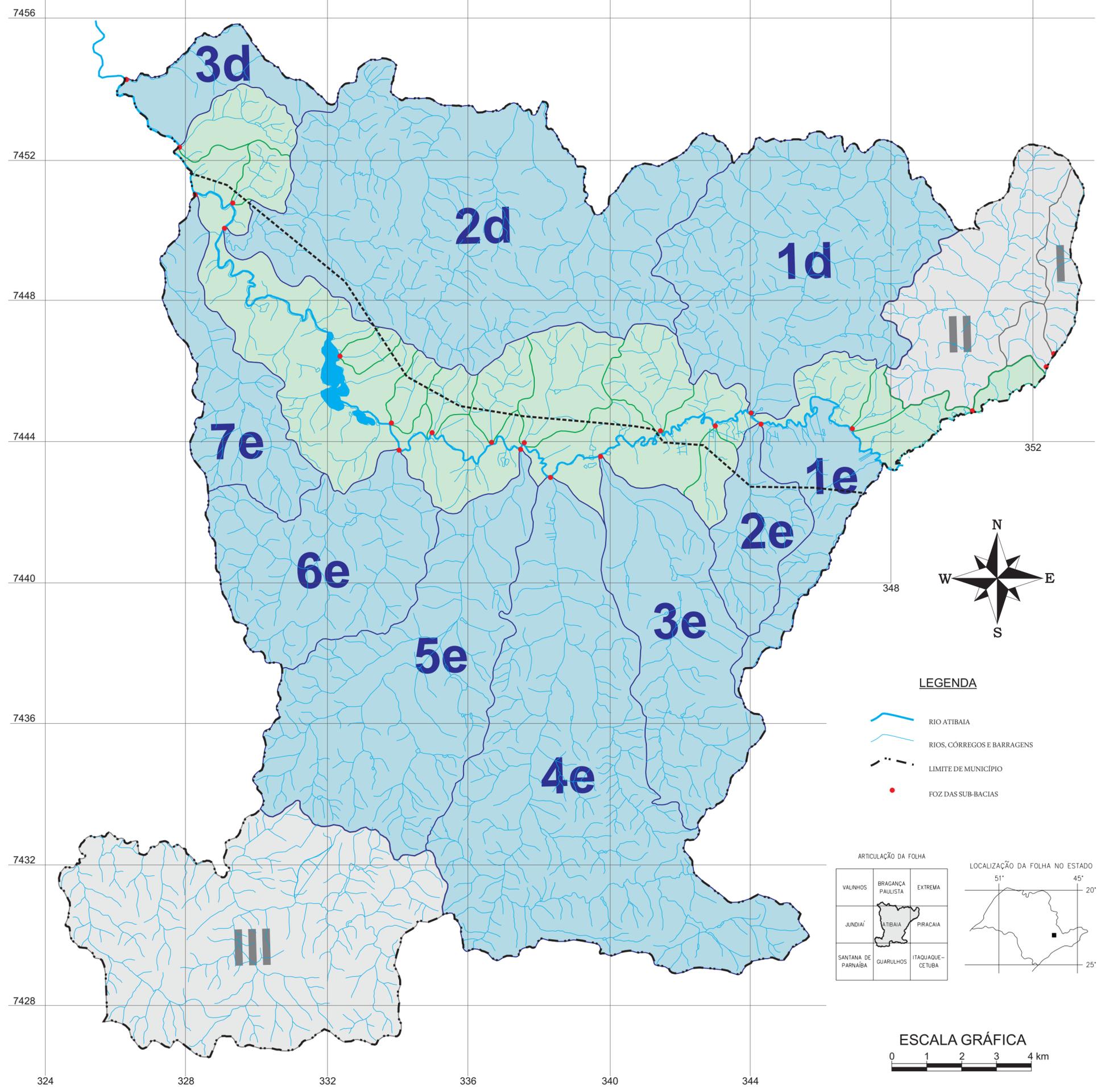
TRANSPETRO - FAIXAS E DUTOS NO MUNICÍPIO DE ATIBAIA
(não inclui o gasoduto Brasil-Bolívia - GASBOL, da TBG, instalado na Faixa do OSPLAN)





Organizado por Kleber Cavaça Campos

MAPA 1
Localização das fontes geradoras de contaminação em relação a topografia do Município de Atibaia/SP.



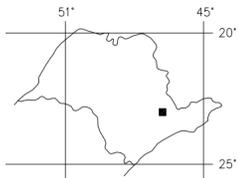
LEGENDA

- RIO ATIBAIA
- RIOS, CÓRREGOS E BARRAGENS
- LIMITE DE MUNICÍPIO
- FOZ DAS SUB-BACIAS

ARTICULAÇÃO DA FOLHA



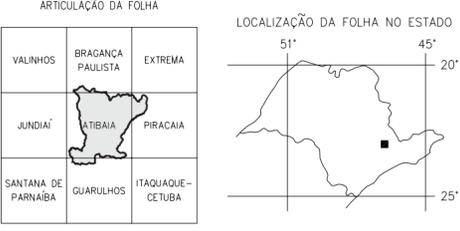
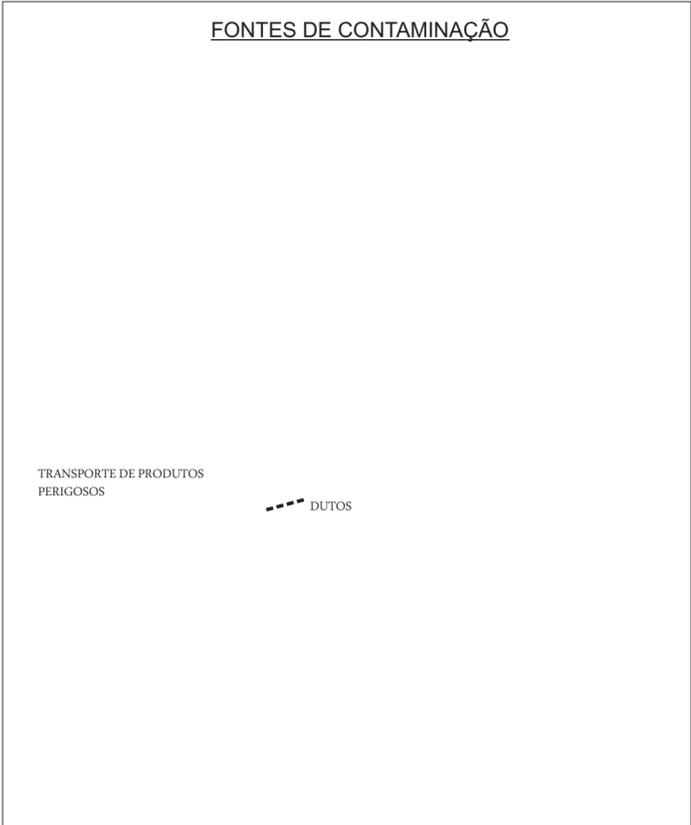
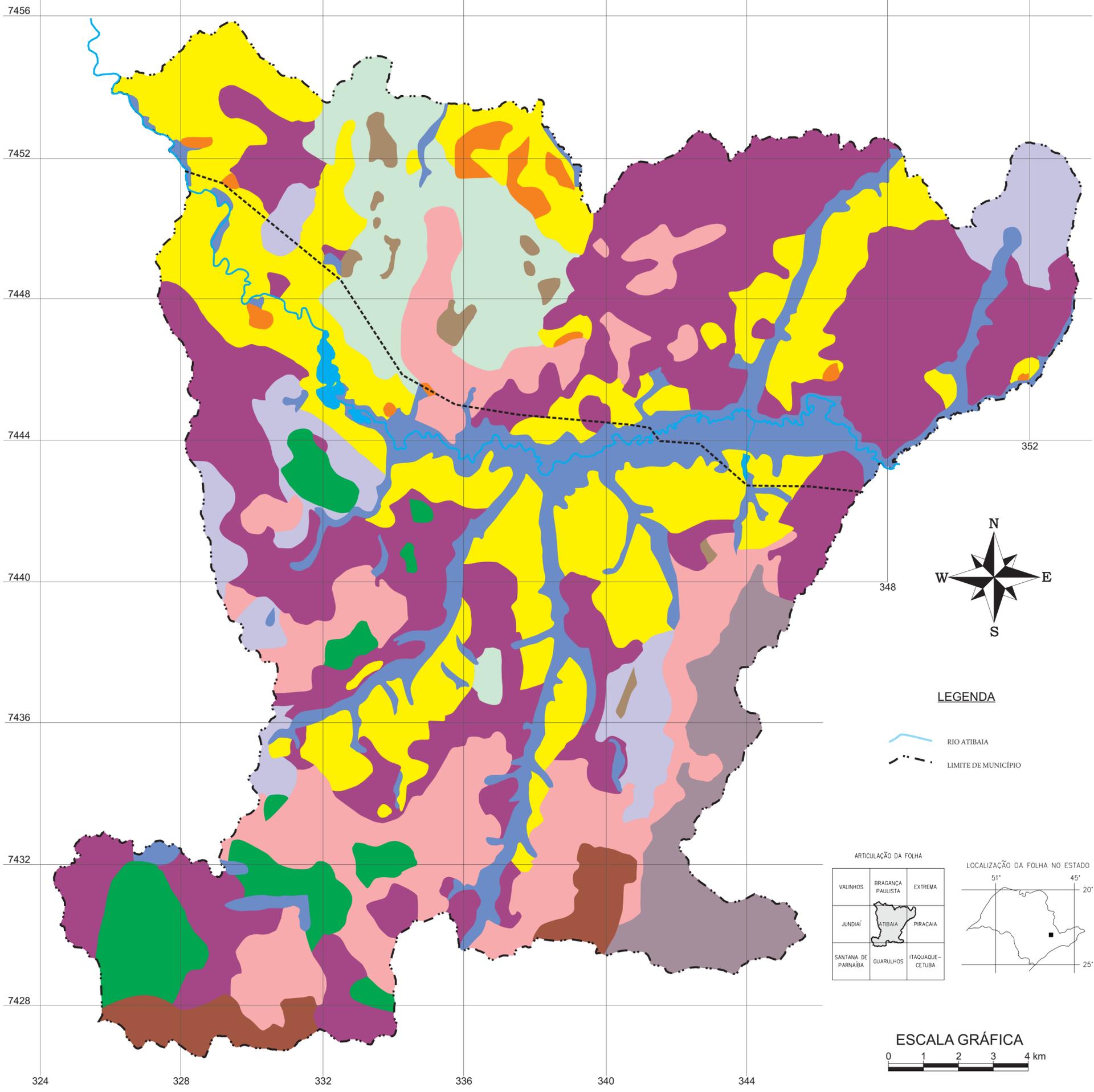
LOCALIZAÇÃO DA FOLHA NO ESTADO



Organizado por Kleber Cavaça Campos

MAPA 2

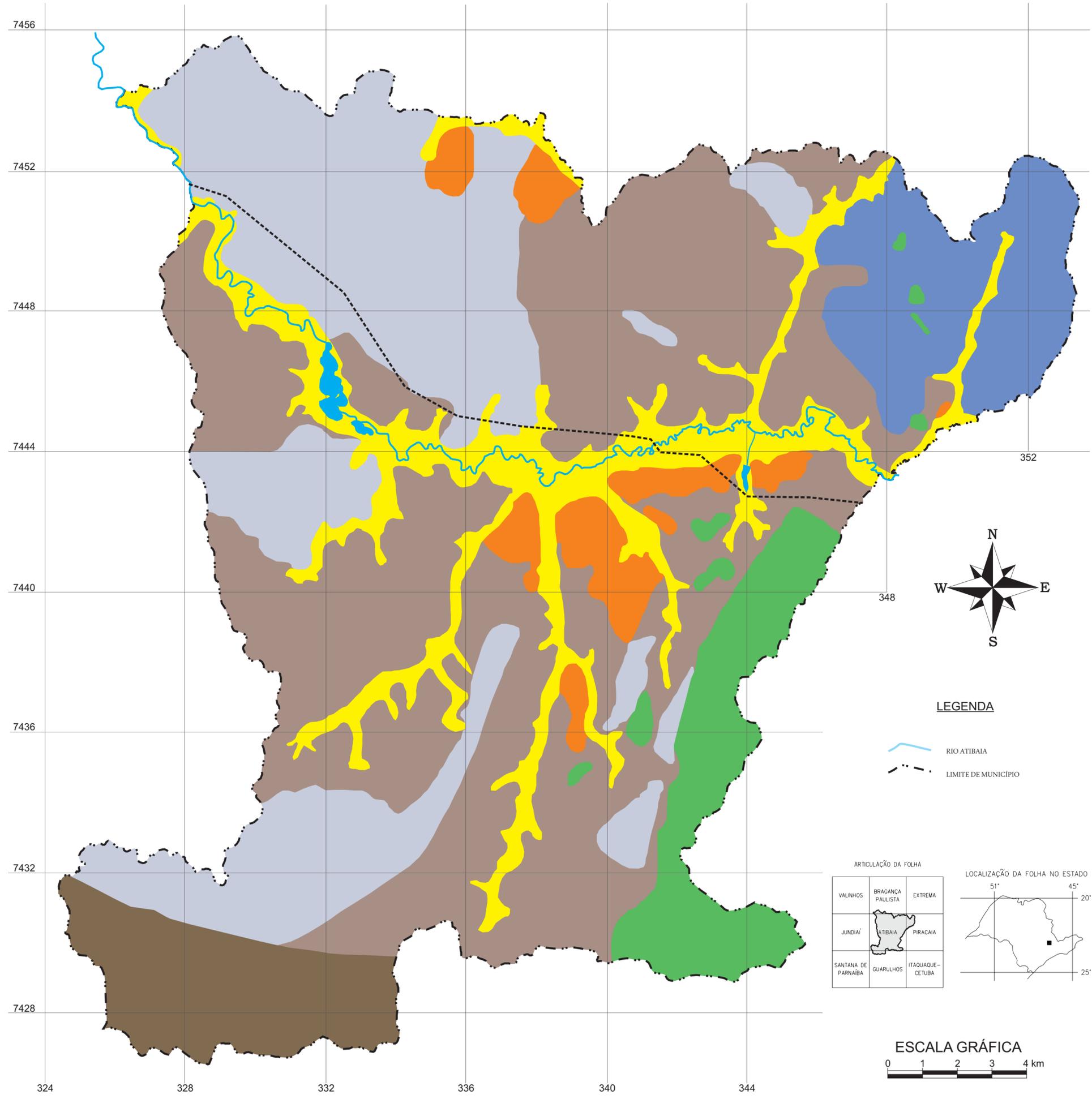
Localização das fontes geradoras de contaminação sobre as principais sub-bacias do Município de Atibaia/SP.



Organizado por Kleber Cavaça Campos

MAPA 3

Localização das fontes geradoras de contaminação sobre as unidades de solo (Município de Atibaia/SP)



FONTES DE CONTAMINAÇÃO

TRANSPORTE DE PRODUTOS PERIGOSOS

DUTOS

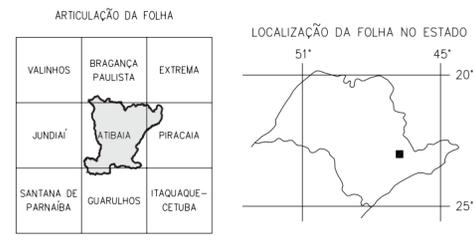
LITOESTRATIGRAFIA

- QUATERNÁRIO - aluviões
- TERCIÁRIO - coberturas coluvionares
- SUÍTE GRANÍTICA ATIBAIA - granitos róseos e cinza rosados a esbranquiçados, grossos a finos
- SUÍTE GRANÍTICA INDIFERENCIADA - Maciço de Socorro - granitos róseos a brancos de granulação fina
- COMPLEXO AMPARO - biotita-gnaisses com intercalações de xistos, quartzitos, anfibolitos, migmatitos bandados, granadas e metatonalitos
- COMPLEXO AMPARO - biotita-xistos com intercalações quartzíticas
- COMPLEXO PIRACAIA - migmatitos graníticos gnaissificados, dioritos, monzolitos, tonalitos, biotita-granitos, granadas xistos, subordinadamente quartzitos, gnaisses bandados, anfibolitos, subordinadamente granodioríticos, blastomilonitos hornioblendo



LEGENDA

- RIO ATIBAIA
- LIMITE DE MUNICÍPIO



Organizado por Kleber Cavaça Campos

MAPA 4
Localização das fontes geradoras de contaminação sobre a geologia do Município de Atibaia/SP.