

**IBAPE – XXII COBREAP – CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA DE
AVALIAÇÕES E PERÍCIAS, SÃO PAULO - SP**

**DANO AMBIENTAL POR CONTAMINAÇÃO DO SOLO E DAS ÁGUAS
SUBTERRÂNEAS POR POSTOS DE COMBUSTÍVEL**

Resumo

A contaminação de solo e dos lençóis freáticos em zona urbana passou a ser uma preocupação ambiental progressiva. Esta muitas vezes é causada por derrame de combustíveis devido a vazamentos nos tanques de armazenamento de postos de combustíveis, como também por acidentes no seu transporte.

O estabelecimento é localizado na área da bacia hidrográfica contribuinte da Baía de Guanabara e sua área do subsolo é um aquífero do tipo não confinado, cujo fluxo indica direção aos rios Anchieta e Pavuna. O posto realizou estudos de monitoramento da água e do solo, cujos resultados apontaram valores de compostos BTEX acima dos valores máximos permitidos, podendo prejudicar a saúde e o bem-estar da população, fauna e flora, qualidade do solo, das águas e do ar. Neste trabalho, por meio de análise documental e estudos de monitoramento, foi possível determinar o avanço da contaminação devido à contaminação do solo e das águas subterrâneas oriunda de vazamentos em tanques de combustível em postos de abastecimento de combustíveis.

Palavras-chave: Contaminação; Posto de combustível; BTEX.

1. Introdução

A contaminação das águas subterrâneas tem sido uma grande preocupação ambiental, porque estas são utilizadas no abastecimento de águas, principalmente nas grandes cidades. Entre as principais fontes de contaminação do solo e das águas subterrâneas podem-se citar os vazamentos em dutos e tanques de armazenamentos subterrâneos de combustível com a presença de compostos orgânicos não biodegradáveis, atividades de mineração e uso de defensivos agrícolas. (SOUZA, 2020).

Segundo Coutinho e Gomes (2007), em um derramamento de gasolina, uma das principais preocupações é a contaminação de aquíferos que sejam utilizados para o abastecimento de consumo humano. Após atingir a água subterrânea os contaminantes, derivados do petróleo, são transportados como fase dissolvida e podem atingir os rios e as captações, através de poços rasos e profundos.

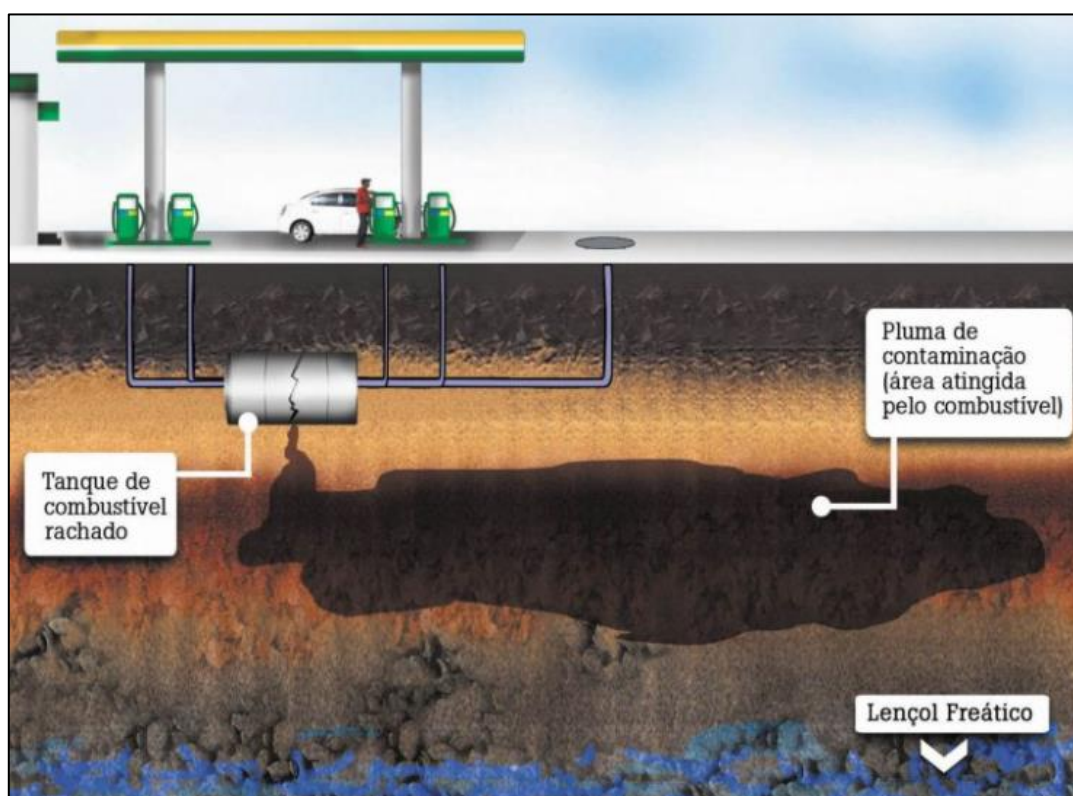


Figura 01: Esquema de contaminação
Fonte: Brasil Postos (2015)

Os combustíveis derivados de petróleo representam um dos principais agregados da matriz energética brasileira e toda instalação de armazenamento de derivados de petróleo e outros combustíveis configura-se como empreendimento efetivo ou potencialmente poluidor, que pode causar degradação ambiental (CONAMA, 1997). Neste rol de empreendimentos incluem-se, não somente as grandes indústrias petroquímicas, terminais ou bases de distribuição, mas também os postos revendedores de combustíveis, os quais se encontram amplamente distribuídos pelo País, tanto em zonas rurais quanto em zonas urbanas, densamente povoadas (CORREA, 2017).

A gasolina e óleo diesel são misturas complexas de mais de 200 hidrocarbonetos, obtidos da destilação e craqueamento do petróleo. Dos hidrocarbonetos constituintes da gasolina e do óleo diesel, os que causam maior preocupação são os compostos aromáticos, principalmente o benzeno, o tolueno, o Etilbenzeno e os xilenos, por serem os mais solúveis e os mais tóxicos dentre os demais. Esses compostos, comumente denominados BTEX, são poderosos depressores do sistema nervoso central humano, apresentando toxicidade crônica, mesmo em pequenas concentrações e são extremamente prejudiciais ao meio ambiente, podendo inviabilizar a exploração de aquíferos por eles contaminados e ocasionar consequências no ciclo hidrológico de uma região (BRAGA, 2018). Os BTEX apresentam maior solubilidade em água, portanto, são os contaminantes que primeiro irão atingir os lençóis freáticos (SOUZA, 2020).

Os compostos BTEX (benzeno, tolueno, etilbenzeno e xilenos) são os que primeiro atingem o lençol freático, pois são os constituintes que possuem maior solubilidade em água (CORSEUIL, 1992). Estes compostos são depressores do sistema nervoso central, e apresentam toxicidade crônica, mesmo em pequenas concentrações (da ordem de ppb), sendo o benzeno o mais tóxico e comprovadamente carcinogênico (SILVA, 2005).

Segundo Souza (2020), a degradação biológica do petróleo é sempre lenta, devido à toxicidade do óleo ou pela falta de nutrientes na água, os BTEX provocam danos à saúde, principalmente devido à toxicidade e/ou mutagenicidade ou carcinogenicidade. O efeito carcinogênico do benzeno está relacionado com o fato dele ser um agente leucemogênico para o ser humano, principalmente quando associado à exposição industrial. Também advertem que a inalação de tolueno ou xileno pode induzir distúrbios no modo de falar, na visão, na audição, no controle dos músculos e outros, além de sugerirem a associação entre benzeno e xilenos e o surgimento de tumores cerebrais (SOUZA, 2020).

Além do problema da contaminação das águas subterrâneas, há também a preocupação com a contaminação do solo. O comportamento de derivados de petróleo no solo é influenciado por diferentes fatores que incluem características do solo, como propriedades químicas, físicas e mineralógicas e fatores ambientais como temperatura e precipitação (FATORELI, 2005). A Política Nacional do Meio Ambiente (lei de nº 6.939/1981) define poluição de solo como qualquer alteração nas características físicas, químicas e biológicas que acarreta prejuízos à saúde, à segurança, ao bem-estar da população, podendo ainda comprometer a biota e a utilização dos recursos para fins comerciais, recreativos e industriais.

Tendo em vista a periculosidade de contaminação ambiental por meio de combustíveis, a partir da década de 80 as questões ambientais começaram a ter destaque para o setor de abastecimento, surgindo normas e leis para reger uma gestão ambiental das atividades de abastecimento e armazenamento de combustíveis exercidas tanto nos Postos Revendedores Varejistas quanto nos Postos de Abastecimento (instalações que possuem atividade de armazenamento e abastecimento de combustíveis, cujos produtos sejam destinados exclusivamente ao uso do detentor das instalações, como por exemplo, garagens de ônibus). Ambos, representam empreendimentos potencialmente poluidores, por conta de suas atividades de armazenamento de combustível, troca de óleo, abastecimento etc. (BRAGA, 2018).

Os cuidados para evitar estes tipos de contaminação devem ser maiores, devido a problemática nos processos de identificação e remediação (VASCONCELOS *et al.*, 2014). Buscando entender como se dá o comportamento desses poluentes no solo, alguns autores afirmam que as fases dos contaminantes classificados como hidrocarbonetos podem ser: fase livre, fase dissolvida, fase vaporizada, fase condensada e fase adsorvida, sendo esta última uma das mais difíceis de se remediar (DIAS E BELOTTI, 2021).

A ocorrência de derramamentos, transbordamentos ou vazamentos, sejam contínuos ou intermitentes, muitas vezes passam despercebidos e se prolongam ao longo de anos. E, na maioria das vezes, as ações de investigação e remediação só são iniciadas após demandadas pelo órgão ambiental (CORREA, 2017). Ainda segundo Correa (2017), o Brasil, com vistas à prevenção da contaminação do solo e da proteção da qualidade das águas superficiais e subterrâneas, e considerando a necessidade de estabelecer procedimentos e critérios para o uso sustentável do solo, publicou em 28 de dezembro de 2009, a Resolução CONAMA 420/2009, que dispõe sobre critérios e valores orientadores de qualidade do solo quanto à presença de substâncias químicas e estabelece diretrizes para o gerenciamento ambiental de áreas contaminadas por essas substâncias em decorrência de atividades antrópicas. Para fins desta Resolução, o gerenciamento de áreas contaminadas abrange o solo e o subsolo, incluindo todos os seus componentes sólidos, líquidos e gasosos (CONAMA, 2009).

Além disso, Vasconcelos *et al.* (2014) apontam que, com o objetivo de proteger a água subterrânea, os órgãos ambientais exigem a avaliação do passivo ambiental de postos de combustíveis, o monitoramento e a quantificação dos hidrocarbonetos aromáticos no solo, incluindo os compostos BTEX. Se estas quantificações apontarem valores acima dos padrões aceitos pelos órgãos ambientais competentes, faz-se necessária a intervenção e utilização de técnicas de remediação para a correção destes valores, até que novamente estejam dentro dos limites aceitáveis.

O presente caso aborda o tema e exemplifica a partir de perícias realizadas devido a ocorrência de vazamento de gasolina em água subterrânea. Este trabalho tem por objetivo avaliar a existência ou não de dano coletivo ao meio ambiente em razão dos avanços de contaminação do solo onde estão localizados postos de combustível, um em área da bacia hidrográfica contribuinte da Baía de Guanabara, que pode potencialmente afetar negativamente rios e a própria baía, e outro, em região habitacional nobre, em zona costeira, com uso habitual de poços artesianos.

2. Estudo de caso

2.1. Substâncias Contaminantes

As Substâncias Químicas de Interesse (SQI) detectadas ao longo do período de estudo na área pertencem ao *range* BTEX, com ênfase na substância 'Benzeno', as quais foram quantificadas acima dos valores de intervenção. Quanto aos males de exposição, depende da concentração que se encontram quando os receptores considerados forem expostos ao contaminante.

Nos casos analisados foram identificadas a existência de risco carcinogênico e tóxico à saúde humana através da via de exposição contato dermal com água subterrânea, por receptor comercial. Em função dos cenários ambientais observados, recomendou-se que não fosse utilizada a água de poços artesianos para qualquer fim

e que os poços fossem lacrados, para que não houvesse contato com qualquer potencial receptor.

De acordo com a Vigilância Ambiental do Governo Federal, a gravidade dos efeitos à saúde decorrentes da exposição ao benzeno dependerá dos seguintes fatores:

- Dose de benzeno absorvida e duração da exposição;
- Características individuais, como sexo, idade, estado de saúde e variações genéticas;
- Exposição simultânea a outras substâncias;
- Via de exposição (inalação, ingestão ou contato dérmico).

O benzeno é absorvido pelo organismo através da respiração ou do contato com a pele. No entanto, a absorção gastrointestinal também é possível devido à ingestão de alimentos e água contaminados por acidentes, vazamentos ou disposição inadequada de resíduos de benzeno na água e no solo.

Ainda segundo a Vigilância Ambiental, o benzeno é irritante aos olhos, nariz, pele e garganta. Dependendo da quantidade absorvida, ele pode provocar dores de cabeça, tontura, tremores, sonolência, náuseas, taquicardia, falta de ar, convulsões, perda de consciência, coma e morte. Além disso, a exposição crônica ao benzeno é capaz de provocar alterações na medula óssea e no sangue, levando à anemia, hemorragias, leucopenia e outros danos no sistema imunológico. Segundo a Agência Internacional de Pesquisa em Câncer (IARC), o benzeno é comprovadamente cancerígeno para seres humanos, causando linfomas e leucemias (sobretudo Leucemia Mieloide Aguda – LMA), entre outros tipos de câncer.

2.2. Gerenciamento de Áreas Contaminadas

Segundo a norma ABNT NBR 15.515-2, a etapa inicial de identificação de passivo ambiental em solos e águas subterrâneas consiste em uma avaliação preliminar, a qual identifica a possível existência de contaminação na área.

A avaliação preliminar tem como objetivo encontrar indícios de uma possível contaminação, realizada com base nas informações disponíveis, como levantamento histórico, entrevistas, imagens, fotos e inspeções em campo, visando fundamentar a suspeita de contaminação de uma área (TEIXEIRA, 2013).

Ainda segundo Teixeira, 2013, sendo evidenciados indícios de contaminação ou quando há incerteza sobre a existência da mesma, torna-se necessária a realização da etapa de investigação confirmatória, conforme orientações da NBR 15.515-2. Caso a contaminação já tenha sido constatada na etapa inicial, o estudo sobre a área impactada deve ser direcionado para uma investigação detalhada. Na detecção de fase livre ou situação de perigo, devem-se adotar, imediatamente, ações emergenciais, visando a eliminação dos riscos identificados.

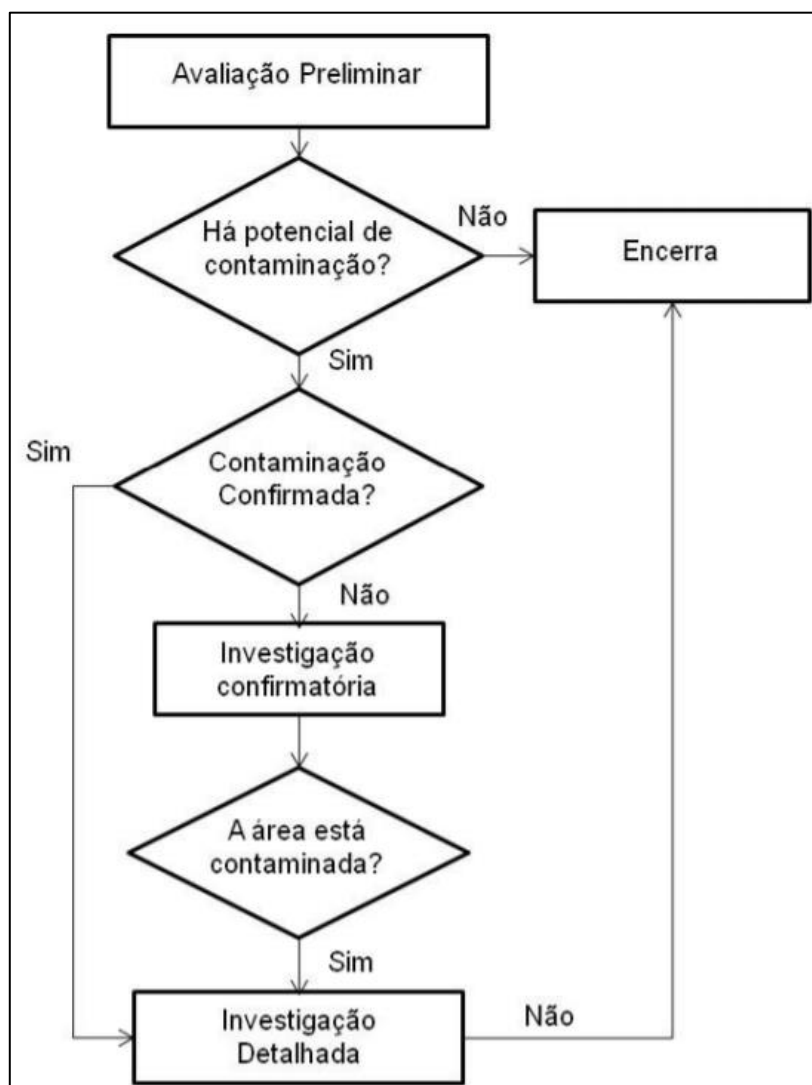


Figura 02: Etapas da Avaliação de passivo ambiental.
Fonte: ABNT NBR 15.515-2:2011

De acordo com a Resolução nº 420 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) de 31/12/2009, as diretrizes para gerenciamento de áreas contaminadas são:

Art. 22. O gerenciamento de áreas contaminadas deverá conter procedimentos e ações voltadas ao atendimento dos seguintes objetivos:

- I - eliminar o perigo ou reduzir o risco à saúde humana;
- II - eliminar ou minimizar os riscos ao meio ambiente;
- III - evitar danos aos demais bens a proteger;
- IV - evitar danos ao bem estar público durante a execução de ações para reabilitação; e
- V - possibilitar o uso declarado ou futuro da área, observando o planejamento de uso e ocupação do solo.

Figura 03: Resolução CONAMA nº 420/2009

Segundo a mesma Resolução, para esse gerenciamento, o órgão ambiental competente deverá instituir procedimentos e ações de investigação e de gestão que contemplem as etapas de identificação, diagnóstico e intervenção, conforme abaixo:

I - Identificação: etapa em que serão identificadas áreas suspeitas de contaminação com base em avaliação preliminar, e, para aquelas em que houver indícios de contaminação, deve ser realizada uma investigação confirmatória, as expensas do responsável, segundo as normas técnicas ou procedimentos vigentes.

II - Diagnóstico: etapa que inclui a investigação detalhada e avaliação de risco, as expensas do responsável, segundo as normas técnicas ou procedimentos vigentes, com objetivo de subsidiar a etapa de intervenção, após a investigação confirmatória que tenha identificado substâncias químicas em concentrações acima do valor de investigação.

III - Intervenção: etapa de execução de ações de controle para a eliminação do perigo ou redução, a níveis toleráveis, dos riscos identificados na etapa de diagnóstico, bem como o monitoramento da eficácia das ações executadas, considerando o uso atual e futuro da área, segundo as normas técnicas ou procedimentos vigentes.

Figura 04: Resolução CONAMA nº 420/2009

Os artigos 24, 25 e 26 definem o que são Área Suspeita de Contaminação (AS), Área Contaminada sob Investigação (AI) e Área Contaminada sob Intervenção (ACI). São elas:

Art. 24. Será considerada Área Suspeita de Contaminação – AS, pelo órgão ambiental competente, aquela em que, após a realização de uma avaliação preliminar, forem observados indícios da presença de contaminação ou identificadas condições que possam representar perigo.

Art. 25. Será declarada Área Contaminada sob Investigação – AI, pelo órgão ambiental competente, aquela em que comprovadamente for constatada, mediante investigação confirmatória, a contaminação com concentrações de substâncias no solo ou nas águas subterrâneas acima dos valores de investigação.

Parágrafo único. Quando a concentração de uma substância for reconhecida pelo órgão ambiental competente como de ocorrência natural, a área não será considerada contaminada sob investigação, entretanto será necessária a implementação de ações específicas de proteção à saúde humana pelo poder público competente.

Art. 26. Será declarada Área Contaminada sob Intervenção-ACI, pelo órgão ambiental competente, aquela em que for constatada a presença de substâncias químicas em fase livre ou for comprovada, após investigação detalhada e avaliação de risco, a existência de risco à saúde humana.

Figura 05: Resolução CONAMA nº 420/2009

Destaca-se que a Área Contaminada sob Intervenção é aquela em que for constatada a presença de substâncias químicas em fase livre, ou for comprovada, por meio de avaliação de risco, a existência de risco à saúde humana.

Cabe esclarecer que concentrações acima dos valores de intervenção, não necessariamente determinam a obrigatoriedade de intervenção e ações emergenciais. De acordo com a diretriz da FEEMA 1841.R-2, a intervenção de remediação no solo e/ou águas subterrâneas deverá ocorrer quando existir fase livre de contaminante e/ou risco de explosão, sendo necessário identificar a origem, eliminar a fonte primária e os riscos imediatos à saúde humana e investigar a extensão da pluma de fase livre, a fim de removê-la.

Para concentração de contaminantes no solo ou na água subterrânea superior ao respectivo Valor de Intervenção, a diretriz da FEEMA estabelece que se deve realizar a avaliação geoambiental e análise de risco.

12 - CRITÉRIOS PARA ADOÇÃO DE AÇÕES DE INTERVENÇÃO NO SOLO E NAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

Os resíduos gerados nas ações de intervenção deverão ser dispostos de acordo com a DZ-1311.

A intervenção no solo e/ou nas águas subterrâneas, deverá ocorrer quando durante vistoria realizada pela FEEMA, realização de avaliação geoambiental preliminar ou de qualquer outra forma, ficar caracterizada uma das seguintes situações:

12.1 - Existência de fase livre de contaminante e/ou risco de explosão na área, devendo ser adotadas as seguintes intervenções (ações emergenciais):

12.1.1 - Identificar a origem da contaminação (fonte primária);

12.1.2 - Eliminar a fonte primária;

12.1.3 - Eliminar os riscos imediatos à saúde humana (bombear a fase livre ou aerar no caso de explosividade);

12.1.4. Investigar e caracterizar a extensão da pluma da fase livre. Instalar sistema de remoção de fase livre.

12.1.5 - Realizar Avaliação Geoambiental Preliminar da área, ou Avaliação Complementar, caso já exista Avaliação Preliminar, conforme definido nessa Diretriz;

12.1.6 - Apresentar relatórios detalhados das ações, inclusive os dados de monitoração, e avaliações realizadas;

12.2 - Concentração de um contaminante no solo ou na água subterrânea, superior ao respectivo Valor de Intervenção, devendo ser adotadas as seguintes intervenções (ações de recuperação):

12.2.1 - Avaliação Geoambiental Complementar.

12.2.2 - Análise de Risco Geoambiental

Indicou necessidade de remediação:

Apresentar à FEEMA, antes de sua implantação, Projeto de Recuperação e respectivo cronograma especificando as ações de intervenção no solo e nas águas subterrâneas que serão realizadas.

Não indicou necessidade de remediação:

Apresentar à FEEMA, antes de sua implantação, Projeto de Monitoração e respectivo cronograma especificando as ações de monitoração das águas subterrâneas que serão realizadas.

Figura 06: DZ 8141.R-2

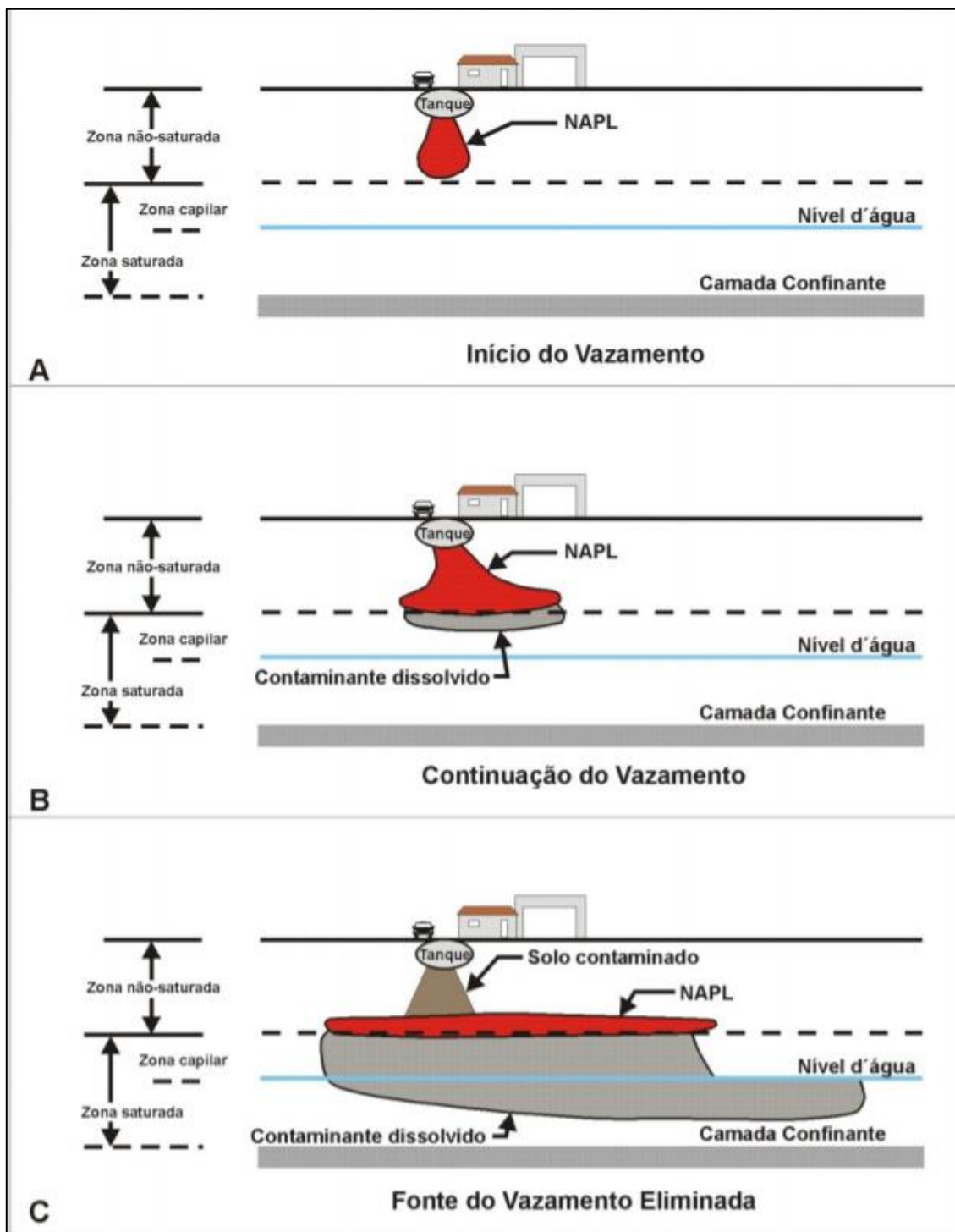


Figura 07: Evolução de um vazamento de combustível a partir de um tanque subterrâneo.
 Fonte: Adaptado de Teixeira (2013)



Figura 08: Exemplo de fase livre monitorada com um amostrador do tipo bailer
Fonte: Adaptado de Teixeira (2013)

Os valores orientadores definidos na Lista CONAMA 420/2009, que adota valores de referência para atividades agrícola, residencial e industrial para os solos, e valores de intervenção para as águas subterrâneas, encontra-se a seguir.

Tabela 01 – Valores orientadores para solos e para águas subterrâneas do CONAMA 420/2009.
Fonte: Adaptado de Teixeira (2013)

COMPOSTOS	CONAMA 420/2009			
	Solos (mg/Kg)			Águas (µg/L)
	Agrícola	Residencial	Industrial	Intervenção
BTEX				
Benzeno	0,06	0,08	0,15	5,00
Tolueno	30,00	30,00	75,00	700,00
Etilbenzeno	35,00	40,00	95,00	300,00
Xilenos	25,00	30,00	70,00	500,00
PAH (Hidrocarbonetos Aromáticos Policíclicos)				
Naftaleno	30,00	60,00	90,00	140,00
Fenantreno	15,00	40,00	95,00	140,00
Antraceno	-	-	-	-
Fluoranteno	-	-	-	1,00
Criseno	-	-	-	-
Benzo(a)Antraceno	9,00	20,00	65,00	1,75
Benzo(k)Fluoranteno	-	-	-	-
Benzo(a)Pireno	0,40	1,50	3,50	0,70
Indeno(123-cd)Pireno	2,00	25,00	130,00	0,17
Benzo(ghi)Perileno	-	-	-	-
Dibenzo(a,h)Antraceno	0,15	0,60	1,30	0,18
PAH Total	-	-	-	-

3. Estudo de caso

3.1. Perícia em Posto de Combustível na Pavuna

O Ministério Público do Rio de Janeiro percebeu, por meio de estudos e testes laborais, que havia se passado mais de 10 anos e a área sob influência do posto de combustível ainda não tinha sido descontaminada. Ao se apresentarem os estudos mais recentes sobre a área contaminada, foram apontados que os mesmos não atenderam, de forma conclusiva, às premissas da Decisão de Diretoria - DD 263 - e normas correlatas de amostragem, necessitando ser complementado relativos ao Modelo Conceitual (Avaliação Preliminar) e à caracterização hidrogeológica e geoquímica (Método de Amostragem).

3.1.1 Descrição e Manutenção do Posto

A pista de abastecimento do Posto é composta por uma área coberta sinalizada e circundada por canaletas de segurança com 2 ilhas compostas de 1 bomba (2 bicos) de gasolina e etanol, 1 bomba (2 bicos) de gasolina comum e gasolina aditivada, 1 bomba (2 bicos) de etanol e diesel e 1 bomba (4 bicos) de gasolina comum e gasolina aditivada.

Todas as bombas são de propriedade da Distribuidora de Combustível, cuja manutenção é realizada por uma empresa terceira. Com relação ao armazenamento, o posto possui 3 tanques jaquetados de paredes duplas para armazenamento dos combustíveis, sendo divididos da seguinte forma:

- 01 tanque de 30.000 litros para gasolina comum;
- 01 tanque de 30.000 litros bipartido sendo usado para armazenar gasolina comum e aditivada;
- 01 tanque de 30.000 litros bipartido sendo usado para etanol e diesel.

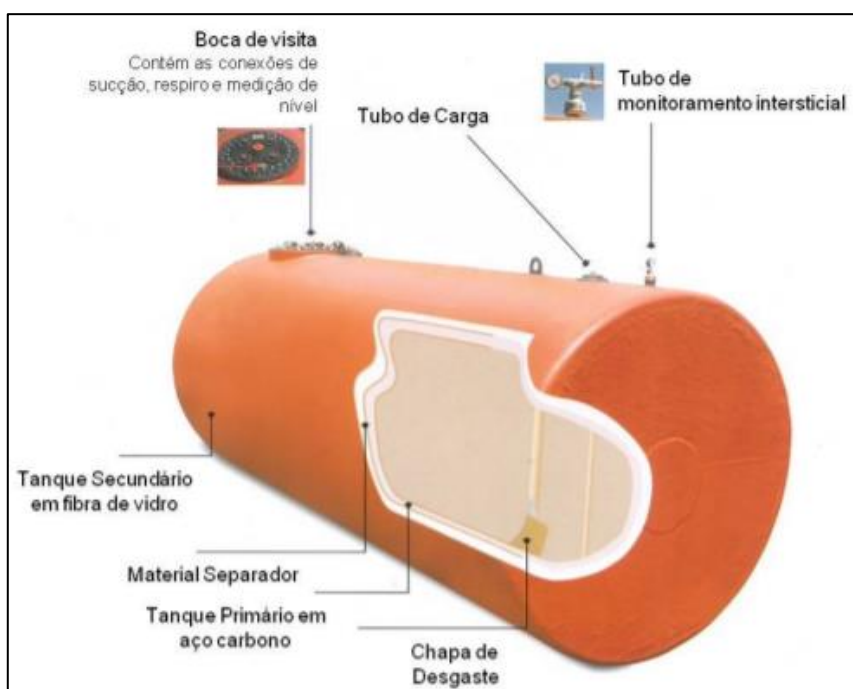


Figura 09: Tanques para armazenamento de combustível subterrâneo de parede dupla.
Fonte: Adaptado de Teixeira (2013)

Os tanques são medidos todo final de dia para balancear a referência do sistema conforme a medida da litragem e para a verificação da quantidade a ser recebida.

A limpeza e a estanqueidade dos tanques são realizadas por empresas terceirizadas, sendo cobrada sua capacitação e responsabilidade.

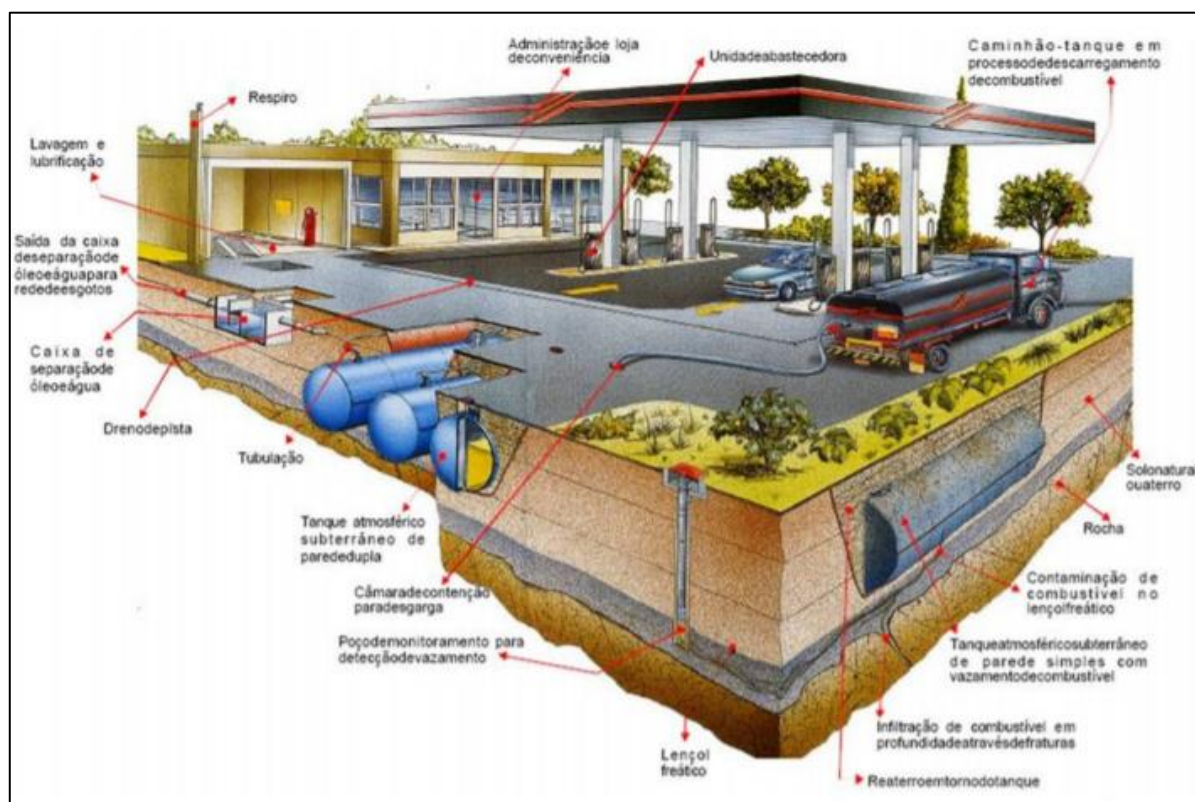


Figura 10: Sistemas de controle de vazamento e detecção em um posto de serviço.

Fonte: Adaptado de Teixeira (2013)

Foram apresentados pelo Posto os testes de estanqueidade realizados em 2002, 2005, 2006, 2013, 2016 e 2019. Todos esses relatórios concluíram que os tanques se encontravam estanques.

Para a obtenção de Licenças Ambientais junto aos órgãos estaduais e municipais é necessária a apresentação de documentos comprobatórios referentes ao planejamento da manutenção e segurança dos Postos Revendedores. O Posto possui a Licença Ambiental LOR (Licença de Operação-Regularização) de 2012 e renovada em 2016.

Em 2017, o INEA apresentou relatório de vistoria para verificar o cumprimento das condicionantes desta LOR. Neste Relatório consta que houve renovação do licenciamento emitida pela SMAC, a Licença Ambiental Municipal (LMRO), com validade até 2026, além de constatar que a empresa se encontrava operando de acordo com as normas e diretrizes, não tendo sido identificada qualquer irregularidade.

Portanto concluiu-se que o Posto possui planejamento para manutenção dos equipamentos e o segue.

3.1.2 Relatórios de Monitoramento

O IBAMA emitiu, em fevereiro de 2003, um auto de infração sobre o Posto por estar reformando e ampliando o posto sem as devidas licenças da FEEMA (LI – Licença de Instalação) e da Prefeitura e sem estudo de risco. As obras, que consistia na troca dos tanques, foram embargadas no ato da vistoria por falta de documentação.

O estabelecimento é localizado na área da bacia hidrográfica contribuinte da Baía de Guanabara e sua área do subsolo é um aquífero do tipo não confinado, cujo fluxo indica direção aos rios Anchieta e Pavuna.

Em abril de 2004, o posto contratou uma empresa para atender ao processo de licenciamento ambiental da FEEMA, a fim de realizar uma investigação geoambiental preliminar na água e no solo da região, cujos resultados apresentaram valores máximos ultrapassados para Benzeno e Xileno (contaminantes). Este mesmo relatório apontou que os contaminantes estavam sendo conduzidos pelo fluxo subterrâneo do aquífero para o entorno da área ocupada pelo posto, deixando claro que a saúde e o bem-estar da população, fauna e flora, qualidade do solo, das águas e do ar, a ordenação territorial e planejamento regional e urbano devem ser protegidos.

Ao longo dos anos foram emitidos diversos relatórios de acompanhamento e monitoramento dos contaminantes do solo e da água da região do entorno do posto, elaborados por empresas contratadas pelo posto. Os resultados destes relatórios são apresentados a seguir.

Abril de 2004 – Diagnóstico Preliminar

Investigação Geoambiental Preliminar (Confirmatória) com realização de 04 sondagens e instalação de 04 poços de monitoramento. Detectada contaminação no solo por Benzeno na sondagem ST-03, cuja concentração encontrava-se acima do Valor de Intervenção da FEEMA (atual INEA). Na água subterrânea as concentrações de Benzeno nos poços de monitoramento PM-03 e PM-04 superaram o Valor de Intervenção. Não foi observada presença de fase livre. Recomendada a realização de investigação detalhada.

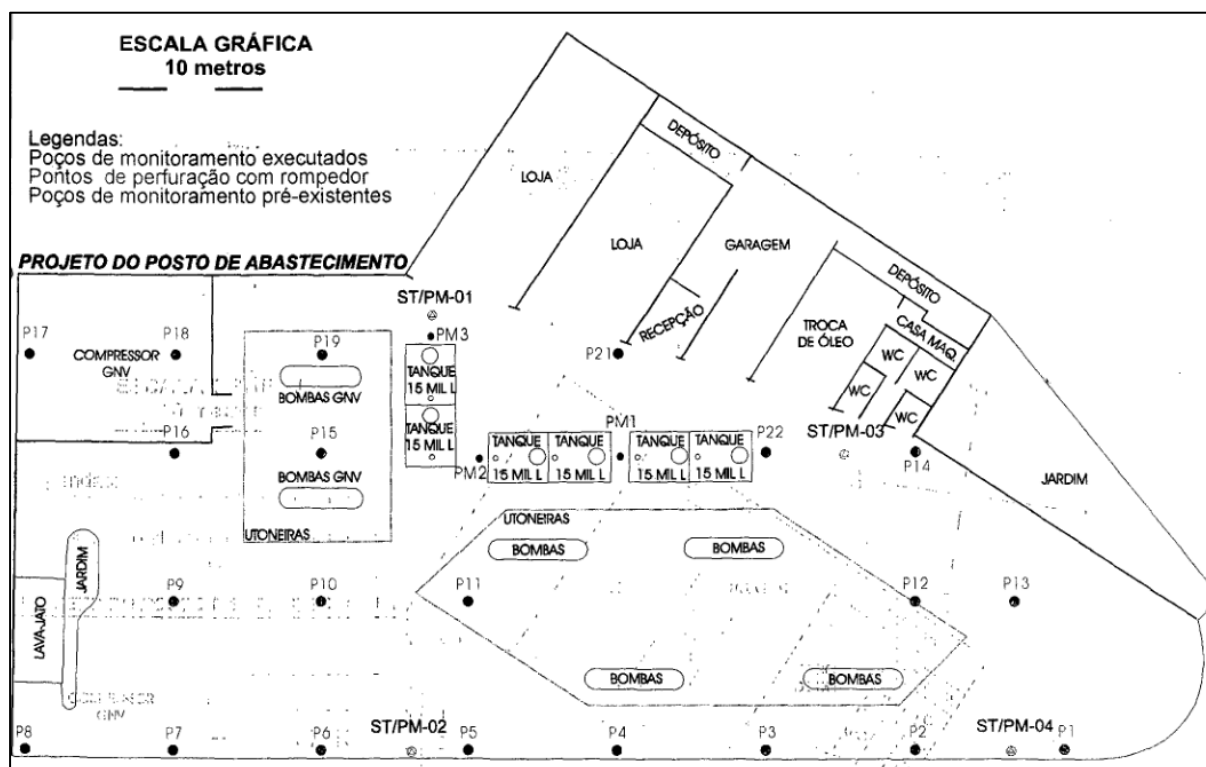


Figura 11: Projeto do Posto com posicionamento dos poços de monitoramento e perfuração - 2004

Abril de 2005 – Investigação Ambiental do Solo e das Águas Subterrâneas e Análise de Risco

Nesta investigação complementar foram realizadas 06 sondagens e instalados 06 poços de monitoramento (PM-06 a PM-10). Os serviços iniciaram no dia 01 de março de 2005 e os dias de campo foram conduzidos entre os dias 18 e 28 de março de 2005.

Foram realizadas 21 perfurações (P-01 a P-21). Obteve-se valores entre 0 ppm e 11.000 ppm (partes por milhão). A maior concentração foi obtida nos pontos P-03, P-04 e P-14, localizados na frente das áreas de abastecimento.

Na água subterrânea foram observadas concentrações superiores aos padrões de intervenção da FEEMA (DZ-1841.R-2, 2004) para os compostos BTEX, PAH's e TPH, inclusive nos poços PM-05 e PM-09, localizados fora do posto, no canteiro central. Foi realizada uma Avaliação de Risco (RBCA - *Risk-Based Corrective Action*) considerando um limite máximo de risco carcinogênico de 10^{-6} , na qual foi identificada a existência de risco carcinogênico e tóxico à saúde humana através da via de exposição contato dermal com água subterrânea, por receptor comercial.

Em função do cenário ambiental observado, recomendou-se que não fosse utilizada a água do poço para qualquer fim, e que o poço fosse lacrado, para que não houvesse contato com qualquer potencial receptor. Recomendou-se também o monitoramento ambiental das águas subterrâneas, para acompanhar as concentrações dos parâmetros (BTXE, HPA e TPH). A análise de risco não considerou a via - exposição inalação de vapores em ambientes fechados por receptores residenciais. Plumas não delimitadas abertas em todos os sentidos *on* e *off-site*.

Maio de 2006 – Investigação Ambiental Complementar do Solo e das Águas Subterrâneas e Análise de Risco

Foram realizadas 04 sondagens (S-11 a S-14) e instalados 04 poços de monitoramento (PM-11 a PM-14). Os serviços de campo foram conduzidos entre os dias 13 e 14 de abril de 2006.

A análise de compostos BTEX para água subterrânea demonstrou concentrações de Benzeno acima do SSTL (*Site-Specific Target Level* – Metas Específicas Baseadas em Risco) via de exposição contato dermal calculado em abril de 2005 nas amostras dos poços de monitoramento PM-03, PM-04, PM-05, PM-09 e PM-13. A via contato dermal não se completava na época, uma vez que o próprio estudo informa que o poço tubular existente no posto estava desativado. As demais amostras de água subterrânea apresentaram concentrações dos compostos BTEX e PAH abaixo dos SSTL's calculados e/ou abaixo do limite de detecção utilizado pelo método/laboratório.

A comparação entre as concentrações representativas dos compostos de interesse (BTEX e PAH) no solo com os valores SSTL obtidos do relatório elaborado em abril de 2005 mostrou que não existe risco a saúde humana, de acordo com as vias de exposição consideradas na análise, não sendo necessárias ações ambientais imediatas.

Novembro de 2006 – Investigação Ambiental Complementar do Solo e das Águas Subterrâneas e Análise de Risco

Foram realizadas 02 sondagens (S-01 e S-02) e instalados 02 poços de monitoramento (PM-15 e PM-16). Os serviços de campo foram conduzidos no dia 27 de setembro de 2006.

De acordo com os resultados obtidos, foi observado um aumento nas concentrações dos compostos BTXE em todos os poços, de TPH nos poços PM-13 e PM-14 e de Naftaleno no PM-11, ficando esses acima dos valores de intervenção FEEMA. As concentrações de Benzeno nos poços PM-05, 09, 11, 13, 14 e 15 foram superiores ao valor SSTL calculado, para as vias ingestão da água subterrânea on-site e off-site. Essas vias foram consideradas hipotéticas, uma vez que o poço tubular localizado no posto se encontrava inoperante e não foi identificado poço tubular nas cercanias.

Não foi identificada a presença de fase livre durante o monitoramento dos poços. A partir da análise realizada nos moldes do RBCA Tier 2 foi possível identificar a existência de risco carcinogênico e tóxico para as vias de exposição consideradas, porém estas não se completam.

Recomendou-se a realização de uma nova investigação ambiental com o intuito de delimitar as plumas identificadas à jusante do PM-14. Como medida preventiva sugeriu-se que não fossem construídos poços de captação no empreendimento e em suas cercanias.

Junho de 2007 – Investigação Ambiental Complementar do Solo e das Águas Subterrâneas e Análise de Risco

Foram realizadas 04 sondagens (S-01 a S-04) e instalados 04 poços de monitoramento (PM-17 a PM-20). Os serviços foram conduzidos entre os dias 17 e 18 de junho de 2007.

Durante os serviços, foi identificada fase livre no PM-03.

As concentrações dos compostos BTEX, PAH e TPH nas amostras de solo revelaram-se inferiores ao valor de referência da FEEMA.

As concentrações de benzeno nos poços PM-02, PM-04, PM-05, PM-13, PM-09, PM-11, PM-13, PM-14 e PM-20 superaram o SSTL para a via ingestão de água subterrânea. Esta via foi considerada de forma hipotética no estudo de análise de risco, uma vez que o poço tubular existente no posto estava desativado e que não havia poços no entorno do mesmo, inclusive na área residencial localizada a nordeste do empreendimento.

Com base na existência de fase livre no PM-03, que se encontra próximo à edificação do empreendimento (gerência e troca de óleo), concluiu que existia risco através da via “inalação de vapores em ambiente fechado”, para receptores comerciais on-site, através do composto benzeno.

Recomendou-se uma avaliação ambiental complementar, a fim de delimitar as referidas contaminações. Em paralelo a esta etapa, em função do histórico, recomendou-se a implementação de um sistema de remediação das águas subterrâneas, objetivando a eliminação da fase livre identificada e redução das concentrações de benzeno até os níveis (SSTL) aceitáveis.

Novembro de 2007 – Investigação Ambiental Complementar do Solo e das Águas Subterrâneas e Análise de Risco

Foram realizadas 02 sondagens (S-01 e S-02) e instalado 01 poço de monitoramento (PM-21), com o objetivo de delimitar a pluma de Benzeno. Os serviços de campo foram conduzidos no dia 06 e 26 de setembro de 2007.

Não foi observada a presença de hidrocarbonetos em fase livre no poço de monitoramento instalado, entretanto, na atual campanha, o poço pré-existente PM-03 apresentou película de hidrocarbonetos em fase livre, de cor marrom escuro. O poço tubular do posto estava desativado, não sendo observado consumo de água subterrânea no entorno do mesmo, inclusive na comunidade localizada à nordeste do posto.

As concentrações dos compostos BTEX, PAH e TPH Total na amostra de água subterrânea revelaram-se inferiores ao valor de referência da FEEMA. Com a instalação do PM-21, a pluma de fase dissolvida do composto benzeno foi delimitada. As concentrações dos compostos BTEX, PAH e TPH Total na amostra de água subterrânea revelaram-se inferiores ao valor de referência da FEEMA.

Em virtude do cenário ambiental constatado, onde foi observada a existência de película de hidrocarbonetos em fase livre no PM-03, recomendou-se a implementação de um sistema de remediação das águas subterrâneas, objetivando a eliminação desta contaminação.

Dezembro 2008 – Anteprojeto do Sistema de Remediação

Considerando as características de contaminação verificada pela Haztec em 2007 e do meio físico do local, foi decidida que a técnica de remediação através da operação de um Sistema de Extração Multifásica integrada a um Sistema de Injeção de Ar apresentaria maior eficiência para eliminação do cenário de risco à saúde humana.

Janeiro 2009 – Projeto Executivo de Sistema de Remediação

Detalhou-se o projeto de remediação anteriormente apresentado, concluindo que seriam necessários 11 meses e meio para a realização dos serviços, sendo 1 mês

para dimensionamento, implementação e comissionamento, 10 meses para fase de operação (funcionamento do sistema) e 15 dias para a fase de encerramento.

Março 2009 – Primeira Campanha de Monitoramento Geoambiental

Em março de 2009, foi emitido o Relatório de Implantação de Sistema de Remediação Ambiental. No dia 18 de fevereiro de 2008 foram coletadas 11 amostras de água subterrânea nos poços de monitoramento

Os resultados analíticos apresentaram concentrações de BTXE acima dos valores de intervenção FEEMA e valores CMEA (Concentrações-Meta Específicas da Área), relacionada a via mais restritiva e hipotética de ingestão de água subterrânea, a qual não se completava na época, uma vez que o poço tubular do posto já estava desativado, nos poços PM-03, 04, 05, 09, 11, 13 e 20. Em relação ao grupo HPA, foram identificadas concentrações de Naftaleno acima dos valores de intervenção FEEMA nos poços PM-04, 05, 09, 11 e 13.

Março 2009 – Relatório de Ensaio Piloto de Remediação Ambiental

Foram instalados 19 poços de extração multifásica (PEM) e 06 poços de injeção de ar (PIA). O sistema de remediação de extração multifásica entrou em operação em 25 de março de 2009 e o seu período de operação previsto foi de 300 dias corridos. Recomendou-se operação do sistema durante o período estipulado, visando à redução das concentrações dos compostos em fase dissolvida até abaixo dos limites específicos determinados para o local.

Maio 2010 – Sistema de Remediação do Solo e da Água Subterrânea – Relatório de Encerramento

O sistema de remediação implantado foi o de extração multifásica. Desde o acionamento dos sistemas foram explorados, totalizando os dois sistemas, 5.914,58 m³ de água subterrânea, não sendo recuperado produto na forma de fase livre. Foram removidos do substrato 957,40 kg de contaminantes voláteis contidos 386.6630,52 m³ de mistura de ar e vapores. Desde o início da operação do sistema de remediação 25/03/2009 não foi identificada presença de fase livre dos poços de monitoramento existentes, até o encerramento das atividades de operação em 07/05/2010.

Após o término da remediação, recomendou-se a realização de campanha de monitoramento para avaliação do comportamento das concentrações remanescentes, e das ações futuras - monitoramento ou continuidade da remediação.

Julho 2011 – Relatório de Monitoramento Ambiental

Em julho de 2011, foi emitido um relatório de Monitoramento Ambiental. Foram identificados e inspecionados 17 poços de monitoramento pré-existent e 6 poços de injeção de ar, além do poço tubular de captação de água subterrânea. Os serviços foram realizados entre os dias 27 e 29 de janeiro de 2011.

Durante a avaliação dos poços de monitoramento da área, não foram verificados indícios de fase livre nos poços avaliados.

De acordo com os resultados analíticos, observou-se que as concentrações de Benzeno, Tolueno, Etilbenzeno, Xilenos e Estireno estavam acima dos Valores de Intervenção FEEMA. As concentrações de Benzeno nos poços PM-04, 05, 09, 11, 14 e 20 apresentavam-se acima dos limites SSTL calculados para o site para as vias hipotéticas de exposição relacionadas ao contato dérmico e à ingestão de água subterrânea. Na época de realização do estudo, a empresa relatou a utilização, pelo

posto, de água subterrânea, na atividade de lavagem de veículos, sendo recomendada a desativação do mesmo. Também foi recomendada a realização de monitoramento e nova análise de risco.

Dezembro 2012 – Monitoramento Ambiental com Avaliação de Risco à Saúde Humana

Nos dias 07 e 08 de novembro de 2011 e 07 de março de 2012, foi realizado um Monitoramento Ambiental com Avaliação de Risco à Saúde Humana.

Os resultados analíticos de BTEX e PAH's das amostras de água subterrânea indicaram concentrações acima dos respectivos Valores de Intervenção da FEEMA/2004 (atual INEA) e/ou da Resolução do CONAMA 420/2009. As plumas não puderam ser totalmente delimitadas, pois foram observados poços secos e/ou destruídos.

Em função da mudança de cenário, dos meios de exposição e da mudança da meta do risco carcinogênico de 1×10^{-6} para 1×10^{-5} foi realizada uma nova Avaliação de Risco à Saúde Humana, considerando as vias de exposição reais para água subterrânea. Não foram identificados riscos aos receptores do posto e do entorno.

Entretanto, observa-se que a pluma se encontrava inferida e não delimitada, sendo necessário um novo estudo para constatar a abrangência dos contaminantes à jusante do poço de monitoramento PM-09. Recomendou-se a instalação de poços de monitoramento adicionais para delimitação das plumas de contaminação em substituição aos poços secos ou não localizados na Estrada Marechal Alencastro; a atualização do cenário para verificação das concentrações no site, devendo ser instalado um sistema de remediação, caso sejam identificados os riscos à saúde humana após a delimitação da pluma e o tamponamento do poço tubular desativado existente na área do posto.

Abril 2014 – Investigação Ambiental Detalhada e Plano de Intervenção

Entre os dias 25 de setembro de 2013 e 08 de abril de 2014 foi realizado estudo de Investigação Ambiental Detalhada e Plano de Intervenção no Posto. No decorrer dos trabalhos de investigação, precisamente nos meses de setembro e novembro de 2013 e fevereiro de 2014 foram realizados monitoramentos nos poços existentes na área, sendo que, em nenhum dos poços, foi observada a presença de fase livre.

Comparando os resultados da análise química da campanha atual com os resultados das campanhas anteriores, pôde-se observar que para a maioria dos poços há uma tendência de decréscimo das concentrações, e nos demais, a estabilidade das mesmas em níveis abaixo dos limites de quantificação/detecção. Este comportamento evidencia a ocorrência de atenuação dos impactos.

A investigação realizada alcançou os objetivos inicialmente determinados para o estudo, os quais consistiam em delimitar os impactos identificados no estudo anterior (2012). Conforme recomendação, foi possível a delimitação à jusante do PM-09, pois o PM-14 foi reinstalado, e o PM-18 foi amostrado. Contudo, em função da não localização do PM-17 nesta campanha, o limite da pluma de Benzeno não pôde ser confirmado neste ponto. Ressalta-se, porém, que este poço delimitava os impactos no estudo anterior, não possuindo histórico de contaminações e/ou concentrações superiores aos SSTL's calculados.

Com base na análise de risco realizada em 2012, concluiu-se que não havia receptores expostos a riscos para as vias que podem se completar, inclusive para os

receptores localizados fora do empreendimento (residentes a nordeste do posto). Contudo, em função do cenário identificado (plumas off-site), de forma preventiva, foi elaborado um plano de intervenção, o qual prevê medidas de controle institucional e de remediação. As metas de remediação estão relacionadas às vias de exposição de inalação de vapores em ambientes fechados em área residencial: utilizar equipamentos de proteção individual (EPI's), de forma preventiva, em caso de escavações na área; manter o constante treinamento de funcionários do estabelecimento e, atenção a todas as operações do posto, para evitar qualquer tipo de aporte de contaminantes; realizar manutenção periódica dos equipamentos e instalações do posto; e implementar as ações previstas no Plano de Intervenção.

Outubro 2014 – Relatório de Investigação Ambiental Detalhada e Plano de Intervenção

Foi realizado estudo de Investigação Ambiental Detalhada e Plano de Intervenção no Posto entre os dias 12 de maio e 06 de agosto de 2014

No decorrer dos trabalhos de investigação foram realizados monitoramentos nos poços existentes na área, em nenhum dos poços foi observada a presença de fase livre. As análises realizadas no solo não apresentaram compostos do grupo BTXE e HPA em teores superiores aos Limites de Investigação do INEA/NOP-05. Salienta-se que durante as sondagens não foi identificada fase residual.

Foi observada a presença de plumas dissolvidas dos seguintes compostos:

- Benzeno: PM-04, PM-05, PM-09, PM-22, PE-08 e PE-14;
- Etilbenzeno: PE-08 e PM-23;
- Xilenos Totais: PE-08 e PM-23;
- Naftaleno: PM-04 e PM-09.

As plumas encontram-se delimitadas.

Concluiu-se que há uma tendência de decréscimo das concentrações e nos demais a estabilidade das mesmas em níveis abaixo dos limites de quantificação/detecção. Observou-se aumento apenas nos poços PE-08, PM-22 e PM-23. Acredita-se que os aumentos estejam relacionados à migração/deslocamento dos compostos (PM-22 e PM-23) e ao aumento do nível d'água mobilizando eventuais compostos trapeados no solo (PE-08).

Além disso, concluiu-se que não há receptores expostos a riscos para as vias que podem se completar, inclusive para os receptores localizados fora do empreendimento (residentes entre leste e nordeste do posto). Contudo, em função do cenário identificado, de forma preventiva foi elaborado um plano de intervenção, o qual prevê medidas de controle institucional e propostas de ações futuras de gerenciamento dos impactos observados na água subterrânea.

Além disso, os resultados das análises de potabilidade da água subterrânea indicaram que a mesma não atende aos padrões de potabilidade estabelecidos pelo Ministério da Saúde, sendo a água imprópria para consumo humano.

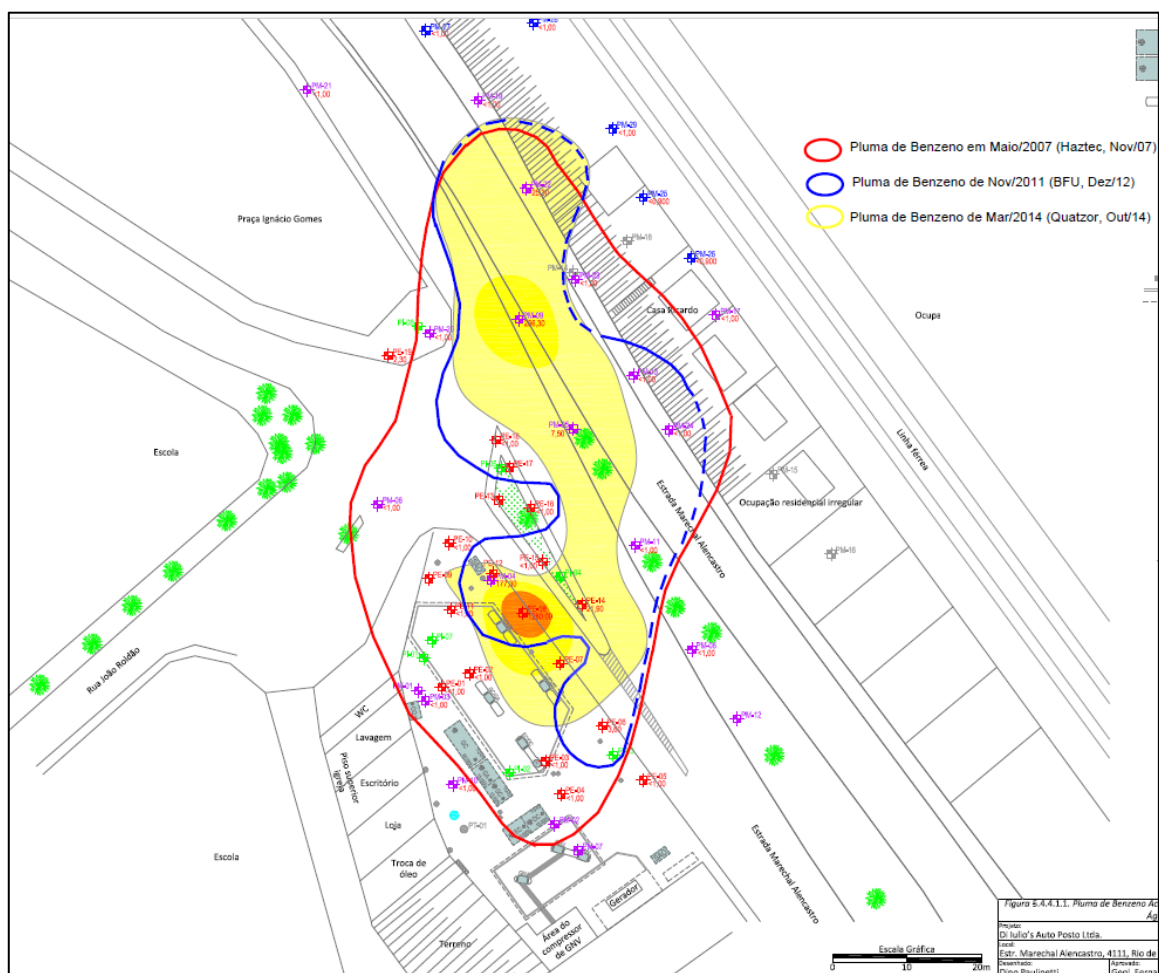


Figura 12: Delimitação da pluma dissolvida apresentando seu decréscimo de área contaminada ao longo dos anos



Figura 13: Bailers utilizados na amostragem de água subterrânea

Novembro 2014 – Plano de Trabalho

Em junho de 2014 uma empresa foi contratada para assessorar e auxiliar nas tomadas de decisão para a mitigação do passivo ambiental.



Foto 01: PE 07



Foto 02: PE 08



Foto 03: PE 10



Foto 04: PE 11



Foto 05: PE 12



Foto 06: PI 07

Figura 14: Poços Extração – Plano de Trabalho

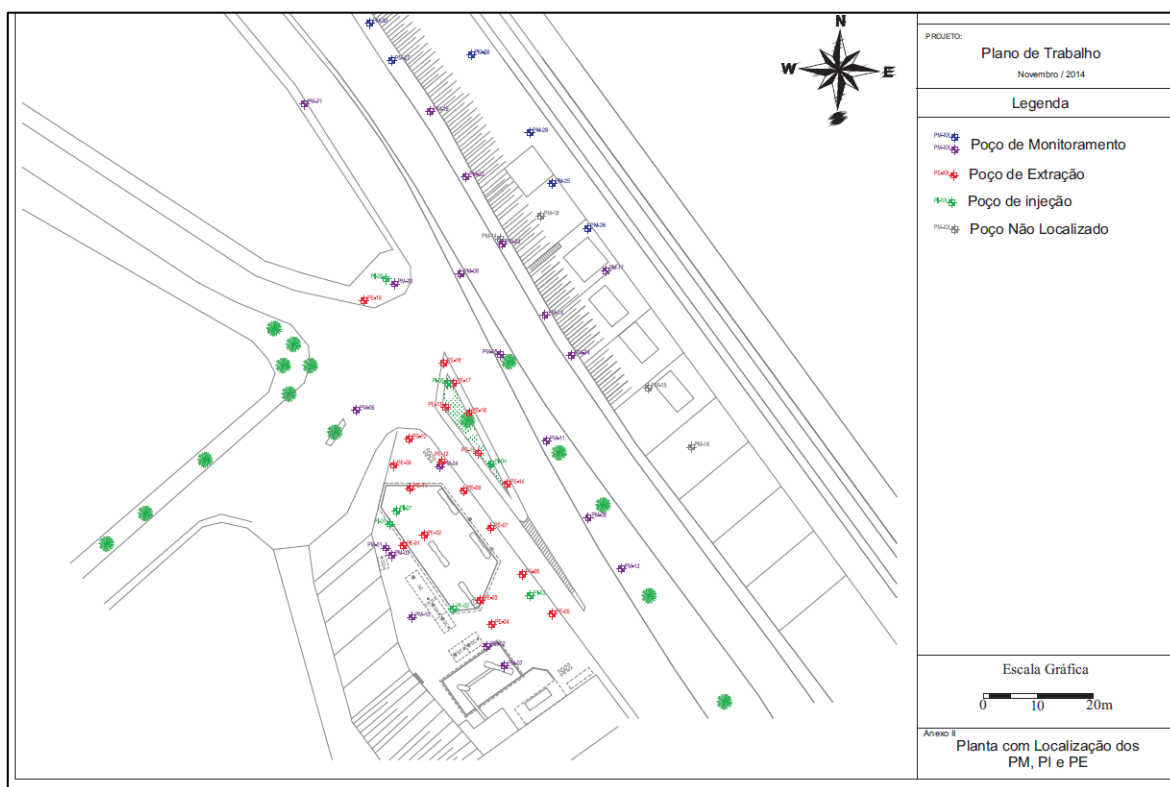


Figura 15: Planta com a localização dos PM, PI e PE - 2014

Janeiro 2016 – Monitoramento Ambiental Periódico – Controle de Efluentes

Este relatório de Monitoramento Ambiental Periódico contemplou a execução e resultados do monitoramento da água na saída do conjunto separador de água e óleo (CSAO) para controle de efluente realizado em 28/12/2016. Concluiu-se que o Posto estava em conformidade com a legislação ambiental vigente, com concentração de óleos e graxas abaixo do determinado pelo INEA.

Julho 2018 – Monitoramento Ambiental Periódico – Qualidade da Água Subterrânea

O objetivo deste relatório era o de fornecer à SMAC o resultado do monitoramento ambiental com avaliação da qualidade da água subterrânea, como forma de cumprimento das condicionantes de sua licença municipal de operação. Diante da análise de concentrações de BTEX, PAH e TPH nas amostras de água, concluiu-se que as mesmas se encontravam inferiores aos valores de referência do INEA e CONAMA Nº 420 para todos os poços de monitoramento.

Não foram identificados relatórios mais atuais sobre o monitoramento da região.

3.1.3 Entendimento da controvérsia

O caso desenvolve-se entre o Ministério Público e o posto de gasolina, em que afirma que a falta de eficiência na adoção das medidas de remediação por mais de 10 anos evidencia que a área não foi adequadamente investigada, sendo considerado um somatório de procedimentos não conformes ao longo do tempo. E que, embora medidas tenham sido adotadas, não foram estabelecidas com a necessidade e rigor que o caso requer.

O Posto, por sua vez, aponta que a contaminação do solo vem gradativamente diminuindo, bem como a remediação e a reabilitação estão em curso.

3.1.4 Constatações Periciais

Considerando abril de 2004 a ciência da contaminação pelo Posto e dezembro de 2008 o início da remediação da área, passou-se 4 anos e 8 meses para que o Posto tomasse as providências necessárias para a remediação da área.

Vale destacar que a empresa contratada monitorou a área durante esses anos e não recomendou expressamente em seus relatórios a necessidade de remediação.

Assim que a pluma de fase livre foi delimitada (junho de 2007), a empresa contratada recomendou que fosse realizado um sistema de remediação, tendo o mesmo sido concretizado em 2008 por meio do anteprojeto do sistema de remediação. Conclui-se que as medidas foram tomadas diante dos resultados encontrados pelo monitoramento, entretanto a metodologia utilizada nos relatórios não foi adequada para precisar os danos ambientais.

Mesmo com o relatório de 2014 informando não ter sido detectada a pluma de fase livre, e o último relatório de monitoramento, emitido em 2018, informando que a concentração dos contaminantes estava abaixo das referências do INEA, a recomendação dos relatórios é sempre de monitoramento periódico e continuação do plano de intervenção. Isto porque não há dados suficientes, com embasamento técnico robusto, para que se afirme, com segurança, que houve a descontaminação total do local.

A metodologia utilizada nos relatórios não foi adequada para precisar os danos ambientais e a área total atingida, uma vez que não foram utilizadas ferramentas para modelagem matemática das plumas nos planos horizontal e vertical. As plumas foram inferidas utilizando-se desenhos feitos no CorelDraw, o que não permite mensurar suas dimensões com precisão.

De acordo com a Decisão de Diretoria nº 263/2009/P: 2009 do Estado de São Paulo, procedimento amplamente utilizado em diversos outros Estados do País, a representação gráfica da pluma de fase livre poderá ser realizada por meio de programas (softwares) que possibilitam a visualização tridimensional ou por meio da apresentação de seções. Além disso, para o Rio de Janeiro existe a Resolução INEA nº 122 de 28 de julho de 2015, que em seu item 7.3 prescreve: “a representação gráfica tridimensional das plumas (poderá ser realizada com base nas medições da espessura aparente medidas em campo, ou na determinação das espessuras reais obtidas a partir da espessura aparente). A representação gráfica deverá ser realizada por meio de programas (softwares) que possibilitem a visualização tridimensional ou por meio de seções”.

A análise empírica tem a função de monitorar as plumas de fase dissolvida e livre a fim de verificar a tendência da contaminação, mas não é precisa para delimitar a área total do dano ambiental, sendo então conveniente a modelagem.

3.2 Perícia em Posto de Gasolina por Estudo *in loco*

O Posto requereu a renovatória da utilização do espaço para continuar com o serviço, alegando que possuía licença ambiental para continuar operando por mais 8 anos, porém com a exigência de substituir os tanques existentes no subsolo. Por outro lado, os proprietários do terreno não planejavam renovar a locação, uma vez que

pretendiam um melhor uso do terreno fazendo uma permuta para a construção de uma edificação multifamiliar.

O Juízo determinou que fosse verificado eventual passivo ambiental existente no solo e nas águas subterrâneas do posto de abastecimento.

3.2.1 Histórico de Estudos Realizados

Em fevereiro de 2004, o empreendimento recebeu notificação da FEEMA (atual INEA) e, em abril de 2004, uma empresa foi contratada para apresentar estudo de avaliação geoambiental, a fim de atender tal notificação, incluindo plano de remediação para eliminação da fase dissolvida das águas subterrâneas.

Os estudos indicaram, a partir de dados de potenciometria, o sentido Sul/Sudeste como a direção preferencial do fluxo subterrâneo na área de estudos. Segundo consta neste relatório, além dos poços da ENSR, foram instalados três novos poços para auxiliar na delimitação das plumas de contaminação.

Os resultados indicaram a presença de contaminação por compostos BTEX nas águas subterrâneas nos quatro poços pré-existentes instalados por outra empresa. As concentrações máximas de benzeno nas águas subterrâneas obtidas em um dos poços foram de 254 µg/L (microgramas por litro), superiores em 50 vezes os padrões estabelecidos pela CETESB (2001).

O relatório faz menção sobre a remoção, em 1998, de um tanque subterrâneo de gasolina comum devido a problemas de estanqueidade.

Em junho de 2004, foi emitido um relatório complementar em que são apresentados os estudos de análise de risco toxicológico e um plano de ação para remediação. Os resultados da Análise de Risco RBCA (*Risk Based Corrective Action*) Tier 2 indicaram que as concentrações máximas aceitáveis (nível-alvo) de benzeno nas águas subterrâneas seriam de 100 µg/L.

Embora as concentrações de benzeno obtidas nos estudos superassem os níveis-alvo calculados, as concentrações não representariam riscos para os receptores (frentistas que utilizavam a água para lavagem da pista), pois as águas subterrâneas do poço tubular existente não estavam impactadas por contaminantes (ausência de concentrações).

Com relação ao solo, os resultados analíticos não indicaram contaminação. O projeto de remediação não chegou a ser instalado.

Em fevereiro de 2010, outra empresa apresentou laudos analíticos de campanha de monitoramento da qualidade das águas subterrâneas. Os resultados detectaram a presença, nas águas subterrâneas, de contaminação por hidrocarbonetos em concentrações superiores aos valores orientadores do Conama 420/09. Foram avaliados sete poços de monitoramento.

As concentrações máximas de benzeno foram de 97,7 µg/L em um dos poços. Os estudos foram considerados incompletos pela Secretaria Municipal de Meio Ambiente (SMAC), que solicitou investigação detalhada com as dimensões das plumas e análise de risco toxicológico.

Em agosto e outubro de 2010, bem como em setembro de 2011 e março de 2012, foram realizados ensaios de estanqueidade no tanque de diesel e SASC (Sistema de Armazenamento Subterrâneo de Combustível), cujos resultados mostram que o tanque estava estanque.

Em dezembro de 2010, foi apresentado, em ofício à SMAC, os resultados de campanha de monitoramento da qualidade das águas subterrâneas.

Em 11 de janeiro de 2013, foi emitida pela SMAC a LMI (Licença Municipal de Instalação) com validade de três anos para a reforma do posto de combustíveis.

Em agosto de 2013, foi apresentado outro relatório com os resultados da campanha de monitoramento realizada nos oito poços de monitoramento. Apenas dois poços foram amostrados, pois os demais não possuíam volume de água suficiente para amostragem. Os resultados analíticos dos pontos detectaram a presença de contaminação por hidrocarbonetos nas águas subterrâneas em concentrações superiores aos valores orientadores do Conama 420/09. As concentrações máximas de benzeno alcançaram 522 µg/L e 10,5 µg/L. Não foi constatada a presença de fase livre nos poços (fase imiscível de combustível).

As conclusões deste relatório recomendaram a execução de estudos complementares com elaboração de análise de risco toxicológico.

Em novembro de 2013, foi elaborado um relatório com o acompanhamento dos trabalhos de substituição do SASC, em atendimento à LMI. Para tal, foram coletadas oito amostras de solo para análises de BTEX e PAHs (compostos poliaromáticos). A profundidade máxima de amostragem (coleta de amostras) foi de 3,0 metros, não sendo interceptado o nível de água freático do aquífero. Os resultados das medições de vapores de hidrocarbonetos *in situ* nas cavas abertas dos tanques subterrâneos indicaram concentrações de 40 a 840 ppm (partes por milhão). O relatório informou que parte do solo retornou para as respectivas cavas e outra parte foi descartada.

Todos os tanques subterrâneos antigos existentes nessa área foram removidos. Os laudos analíticos das amostras de solo retiradas das cavas dos tanques não apresentaram concentrações superiores aos valores orientadores do NOP-05 (Inea) para os parâmetros (SQIs) indicados (BTEX e PAHs).

Em julho de 2014, foi apresentado um segundo relatório com os resultados da campanha de monitoramento realizada nos oito poços de monitoramento. Os resultados apresentados foram apenas das medições de vapores voláteis nos poços de monitoramento, já que não havia meios de amostragem devido à baixa coluna de água nos poços, sendo a sua maioria em condições secas (sem água). Os pontos PM-01 (PM-04E), PM-03 (PM-03E) e PM-08 não foram localizados, provavelmente destruídos devido às obras de substituição dos tanques subterrâneos em 2013.

Em julho de 2014, foram apresentados estudos sobre a caracterização da contaminação no entorno da área do empreendimento, cujos resultados indicaram a presença de contaminação por compostos BTEX nos drenos de alívio de prédios vizinhos ao empreendimento, usados para o rebaixamento do lençol freático. As conclusões deste relatório indicam a probabilidade da dispersão dos contaminantes para áreas *off-site*, ou seja, fora dos limites da área do empreendimento.

Em setembro de 2014 foi apresentado um terceiro relatório de Avaliação Ambiental. Foram realizadas oito sondagens de solo na área do empreendimento para coleta e análises químicas das SQI's (substâncias químicas de interesse): BTEX, PAHs e TPH (total de hidrocarbonetos). As medições de compostos voláteis (vapores de hidrocarbonetos) nos poços de monitoramento (água subterrânea) não indicaram valores positivos (>0 ppm). Ressalta-se que o certificado de calibração do equipamento havia expirado em julho de 2014, dois meses antes da realização dos estudos de campo para a medição de vapores voláteis.

As sondagens de reconhecimento realizadas nesse estudo alcançaram a profundidade máxima de 2,50m, portanto, em cota superior ao nível de água subterrâneo estático de 4,30 metros do aquífero local. Os resultados dos estudos

foram inconclusivos com relação ao potencial de contaminação da área, já que a empresa constatou a inexistência de água subterrânea nos poços de monitoramento, inviabilizando a sua coleta para fins de avaliação de contaminação.

3.2.2 Avaliação dos Danos Ambientais e Testes Realizados

Nos dias 17 e 19 de dezembro de 2014 foram abertos os poços conforme planta de situação e fotos a seguir, os mesmos foram lacrados no dia 22 de dezembro de 2014.

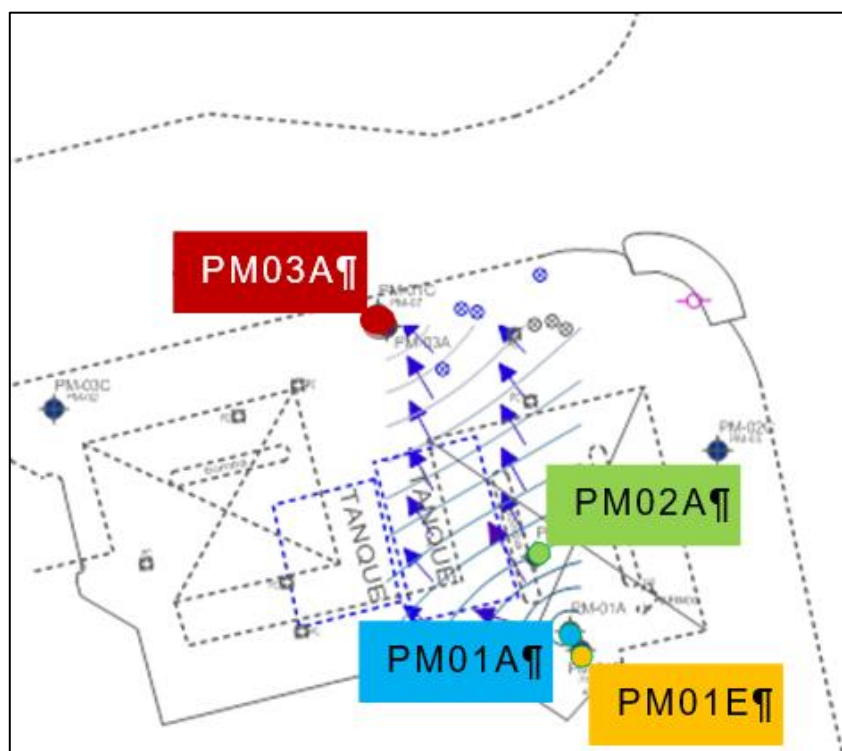


Figura 16: Planta de situação com marcação dos poços



Figura 17: Abertura e instalação do Poço



Figura 18: Colocação do lacre

Durante a execução das sondagens ambientais foram realizadas medições em campo de vapores orgânicos, utilizando equipamento fotoionizador portátil Phocheck Tiger da Ion Science.

As leituras de gases e do potencial de explosividade foram realizadas nas amostras de solo, a cada metro perfurado, até a profundidade do nível d'água.

Cada amostra de solo foi colocada em um saco plástico novo e descartável e desagregada no próprio invólucro para instalação da sonda para medição.

Nas águas subterrâneas as leituras foram feitas nos poços de monitoramento. Os resultados indicaram a presença de compostos orgânicos voláteis em concentrações com risco de explosividade, concentrados principalmente na parte não saturada do solo (5,0 metros de profundidade).

As medições de vapores de hidrocarbonetos aromáticos voláteis a partir do solo, com equipamento PID (fotoionizador) alcançaram valores entre 77 ppm (amostra AS-03A, profundidade de 5,00m) e 3080 ppm (amostra AS-01A, profundidade de 5,80m).

Nas águas subterrâneas, as medições de vapores voláteis alcançaram valores entre 1260 ppm (PM-03A) e 2000 ppm (PM-02A). Os limites de referência TWA (média ponderada de tempo de exposição durante 8 horas de trabalho) e STEL (média ponderada de tempo de exposição durante 15 minutos de trabalho) adotados para compostos voláteis (VOC's) pela NIOSH (*National Institute for Occupational Safety and Health*) são respectivamente 300 ppm e 500 ppm. Esses resultados indicam que, na situação atual, trabalhadores em escavação na área do empreendimento não poderão ficar expostos por mais de 15 minutos sem a utilização de equipamentos de proteção (EPI's).



Figura 19: Testes sendo realizados



Figura 20: Leitura de compostos voláteis nas águas subterrâneas com equipamento PID (fotoionizador)

3.2.3 Constatações Periciais

Os resultados analíticos obtidos nas campanhas de solo e água subterrâneas pela perícia são conclusivos sobre a existência de contaminação na área do Posto por compostos aromáticos e poliaromáticos. Entretanto, não houve identificação e caracterização da(s) fonte(s) de contaminação associadas à contaminação existente;

Não houve qualquer medida de remediação para a eliminação das concentrações nas águas subterrâneas e dos riscos ambientais associados. Além disso, verificou-se indícios da presença nas águas subterrâneas de novas substâncias químicas de interesse (SQL's), com diferentes propriedades físico-químicas, tais como tricloroeteno (TCE).

4. Conclusões

Baseado no conjunto de informações apresentadas, observou-se que em ambos os casos houve a substituição dos tanques na área objeto de estudo. Entretanto, não houve como estabelecer uma relação de nexos causal entre a troca dos tanques e a contaminação do solo e lençol freático.

Ambos os postos contrataram empresa de consultoria ambiental para atender ao processo de licenciamento ambiental da FEEMA a fim de realizar uma investigação geoambiental preliminar na água e no solo da região. Para as análises de água, os resultados ultrapassaram os valores máximos estabelecidos pela FEEMA nos poços de monitoramento. Portanto, a contaminação pode ter sido pretérita às obras e/ou reformas.

Para o primeiro caso, assim que a pluma de fase livre foi delimitada (junho de 2007), a empresa contratada recomendou que fosse realizado um sistema de remediação, tendo o mesmo sido concretizado em 2008 por meio do anteprojeto do sistema de remediação. Concluiu-se que as medidas foram tomadas diante dos resultados encontrados pelo monitoramento, entretanto, a metodologia utilizada nos relatórios não foi adequada para precisar os danos ambientais.

Foram elaborados diversos relatórios de monitoramento e intervenção, entretanto não foi possível precisar a área total atingida, uma vez que não foram utilizadas ferramentas para modelagem matemática das plumas nos planos horizontal e vertical. As plumas foram inferidas utilizando-se desenhos feitos no CorelDraw, o que não permite mensurar suas dimensões com precisão.

Mesmo com o relatório de 2014 informando não ter sido detectada a pluma de fase livre, e o último relatório de monitoramento, emitido em 2018, informando que a concentração dos contaminantes estava abaixo das referências do INEA, a recomendação dos relatórios é sempre de monitoramento periódico e continuação do plano de intervenção. Isto porque não há dados suficientes, com embasamento técnico robusto, para que se afirme, com segurança, que houve a descontaminação total do local. A metodologia utilizada nos relatórios não foi adequada para precisar os danos ambientais.

Vale destacar que para a fase dissolvida foi feita a delimitação e concluiu-se que há uma tendência de decréscimo das concentrações, e nos demais a estabilidade das mesmas em níveis abaixo dos limites de quantificação/detecção. Além disso, a Licença de Operação do Posto foi renovada pelo INEA com condições de monitoramento a serem realizadas pelo Posto. Os dados e informações hoje disponíveis não permitem calcular e valorar o dano ambiental.

Baseado nas licenças ambientais, na distância do posto em relação aos rios, nos relatórios periódicos de monitoramento e no declínio progressivo da contaminação, conclui-se que, para o primeiro caso, o dano ambiental efetivamente existiu, está contido e monitorado constantemente.

Já para o segundo caso, foi necessário realizar novos testes de monitoramento para a conclusão da perícia, e constatou-se que efetivamente houve contaminação do solo, mas não foi realizado qualquer procedimento de sua mitigação.

Portanto, observa-se que, mesmo com diversos estudos de monitoramento realizados, a área de influência da contaminação é de difícil delimitação e sua mitigação leva anos para se solucionar.

5. Bibliografia

ABNT, NBR 15.515-2 (2011). Passivo Ambiental em Solo e Água Subterrânea Parte 2: Investigação Confirmatória. Associação Brasileira de Normas Técnicas.

BRAGA, G. C. Estudo dos Aspectos e Impactos Ambientais em Obras de Construção de Postos de Abastecimento de Combustíveis. 2018. Monografia (Graduação em Engenharia Civil). Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

BRASIL POSTOS, 2015. Instalação de Poços de Monitoramento. Disponível em: <https://www.brasilpostos.com.br/noticias/canal-do-instalador/instalacao-de-pocos-de-monitoramento-tire-suas-duvidas/>. Acesso: fevereiro/2021.

BRASIL. Lei Federal n. 6.939 de 31 de agosto de 1981. Define a política nacional do meio ambiente.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO, DECISÃO DE DIRETORIA Nº 263/2009/P (2009): Dispõe sobre a aprovação do roteiro para execução de

investigação detalhada e elaboração de plano de intervenção em postos e sistemas retalhistas de combustíveis.

CONAMA. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução nº 237, de 19 de dezembro de 1997. Dispõe sobre a revisão e complementação dos procedimentos e critérios utilizados para o licenciamento ambiental. Diário Oficial da União, Brasília, nº 247, 22 dez. 1997. p 30841-30843.

CONAMA. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução nº 420, de 28 de dezembro de 2009. Dispõe sobre critérios e valores orientadores de qualidade do solo quanto à presença de substâncias químicas e estabelece diretrizes para o gerenciamento ambiental de áreas contaminadas por essas substâncias em decorrência de atividades antrópicas. Diário Oficial da União, Brasília, nº 249, 30 dez. 2009. p. 81-84.

CONSELHO ESTADUAL DE RECURSOS HÍDRICOS, CRH Nº 052 (2005): Institui no âmbito do Sistema Integrado de Gerenciamento de Recursos Hídricos - SIGRH diretrizes e procedimentos para a definição de áreas de restrição e controle da captação e uso das águas subterrâneas.

CORSEUIL, H.X. Enhanced Degradation of Monoaromatic Hydrocarbons in Sandy Aquifer Materials by Inoculation Using Biologically Active Carbon Reactors. PhD dissertation, Environmental Engineering, University of Michigan, EUA. ProQuest Dissertations Publishing, 1992.

CORSEUIL, H.X.; MARINS, M. D. M. Efeitos Causados pela Mistura de Gasolina e Álcool em Contaminações de Águas Subterrâneas. Revista Engenharia Sanitária e Ambiental, v.2, n.2, p.50-54, 1997.

CORREA, T. P. Avaliação do Gerenciamento de Áreas Contaminadas por Hidrocarbonetos Derivados de Petróleo em Postos Revendedores de Combustíveis no Estado do Rio Grande do Sul. 2017. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Rio Grande do Sul.

COUTINHO, R.C.P.; GOMES, C.C. Técnicas para Remediação de Aquíferos Contaminados por Vazamentos de Derivados de Petróleo em Postos de Combustíveis. XVII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. 20 p. 2007.

DIAS, C.F.; BELOTTI, F.M. Análise histórica da contaminação de solo no município de Itabira/MG. Revista Ibero Americana de Ciências Ambientais, v. 12, n. 3, p. 502-515, 2021.

FATORELI L. Proposta de avaliação de risco ecológico para contaminações de petróleo e derivados: estudo de caso, 2005. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2005.

FEEMA, DZ-1841.R-2 (2004): Diretriz para o licenciamento ambiental e para a autorização do encerramento de postos de serviços que disponham de sistemas de

acondicionamento ou armazenamento de combustíveis, graxas, lubrificantes e seus respectivos resíduos.

GOVERNO FEDERAL DO BRASIL, PORTARIA Nº 1.360 (2019): Aprova a nova redação da Norma Regulamentadora nº 20 - Segurança e Saúde no Trabalho com Inflamáveis e Combustíveis, altera o Anexo II da Norma Regulamentadora nº 28 - Fiscalização e Penalidades e dá outras providências

INEA, RESOLUÇÃO Nº 122 (2015): Aprova a norma operacional 06 (nopinea-06), para avaliação ambiental da qualidade do solo e da água subterrânea em postos de serviços.

SILVA, M.A. Sistema de Classificação Fuzzy para Áreas Contaminadas. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2005.

SOUZA, E. E. S. Degradação Fotocatalítica de Derivados de Petróleo em Águas Subterrâneas: Estudo da Influência do Etanol. 2020. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Processos). Universidade Tiradentes, Sergipe.

TEIXEIRA, M. R. A. Etapas de uma avaliação ambiental em área potencialmente contaminada – Investigação Preliminar, Confirmatória e Detalhada. 2013. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental). Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

VIGILÂNCIA AMBIENTAL. Efeitos à Saúde Humana. Disponível em: [https://antigo.saude.gov.br/vigilancia-em-saude/vigilancia-ambiental/vigipeq/contaminantes-quimicos/benzeno/efeitos-a-saude-humana#:~:text=O %20benzeno%20%C3%A9%20irritante%20aos,de%20consci%C3%Aancia%2C%20coma%20e%20morte](https://antigo.saude.gov.br/vigilancia-em-saude/vigilancia-ambiental/vigipeq/contaminantes-quimicos/benzeno/efeitos-a-saude-humana#:~:text=O%20benzeno%20%C3%A9%20irritante%20aos,de%20consci%C3%Aancia%2C%20coma%20e%20morte). Acesso em: fevereiro/2021.

VASCONCELOS, B.S.; SANTOS, M.L.L.M., VILELA, M. M.O.P., CARVALHO, T.D., FONSECA, F.L.A., SILVA, O.R., JUNQUEIRA, V.B.C., AZZALIS, L.A.; SOLDÁ, P.L. Áreas Contaminadas por Postos de Combustível e Medidas de Remediação no Município de São Bernardo do Campo. Saúde e Meio Ambiente: Revista Interdisciplinar, v. 3, n. 1, p. 73–83, 2014.