





Novos Cadernos NAEA

v. 26, n. 3 • set-dez. 2023 • ISSN 1516-6481/2179-7536



INVESTIGAÇÃO DA CONTAMINAÇÃO DO SOLO EM ÁREA DE POSTO DE DISTRIBUIÇÃO DE COMBUSTÍVEIS

INVESTIGATION OF SOIL CONTAMINATION IN A FUEL DISTRIBUTION STATION AREA

Felipe de Oliveira Carvalho  

Universidade de Taubaté (Unitau), Taubaté, SP, Brasil

Paulo Fortes Neto  

Universidade de Taubaté (Unitau), Taubaté, SP, Brasil

RESUMO

Os serviços prestados nos postos de combustíveis tornam o local passível de ser uma fonte de contaminação do solo. O objetivo geral deste artigo é aplicar os procedimentos técnicos de análise ambiental em área de posto de distribuição de combustível, com vistas a investigar a possível ocorrência de passivo ambiental, por contaminação no solo. A partir das informações levantadas, determinou-se que é possível a contaminação do solo em razão da atividade desenvolvida. Contudo, os resultados apontaram que os valores identificados para BTEX, PAH e TPH estão abaixo dos valores de prevenção estabelecidos pela DD 256/2016/E da Cetesb e pela Resolução 420/2009 do Conama.

Palavras-chave: contaminação do solo; derivados de petróleo; passivo ambiental; remediação.

ABSTRACT

Given the nature of the services that are offered at gas stations, it is quite probable that the location is a source of soil pollution. In general, the purpose of this article is to use technical processes for environmental analysis in the vicinity of a fuel distribution station in order to analyze the potential occurrence of environmental liabilities that are produced by soil contamination. After compiling all the evidence that was gathered, it was concluded that the action that was carried out could potentially cause contamination of the soil. The results, on the other hand, demonstrated that the values that were identified for BTEX, PAH, and TPH are lower than the preventative values that were established by Resolution 420/2009 of Conama and by DD 256/2016/E of Cetesb.

Keywords: ground contamination; oil derivatives; environmental liability; remediation.

1 INTRODUÇÃO

A degradação ambiental, que consiste na alteração das qualidades físicas, químicas ou biológicas do meio ambiente, representa umas das problemáticas crescentes na sociedade contemporânea. Entre as possíveis ocorrências está a contaminação do solo e dos lençóis freáticos por vazamento de petróleo e derivados. A literatura especializada indica que essa contaminação pode se dar a partir do vazamento de combustíveis em postos de abastecimento, colocando em risco o meio ambiente e a saúde humana (Lobo, 2018).

Para reduzir os riscos ambientais em atividades dessa natureza, a Resolução do Conama 420/2009 estabelece os critérios e valores orientadores de qualidade de solo e fixa diretrizes para gerenciamento ambiental em áreas contaminadas (CONAMA, 2009). Moura e Caffaro Filho (2015) afirmam que a implementação dessa resolução tem sido lenta, porque nem todos os estados e municípios possuem órgãos ambientais para tratar desse tema. Os autores concluem que o gerenciamento de áreas contaminadas é mais comprometido nas regiões Norte e Nordeste.

Percebe-se, assim, a relevância de analisar qualquer possibilidade de contaminação ambiental, especialmente em áreas nas quais alguns estudos já apontaram que há menor implementação das medidas de segurança e de prevenção. Sendo assim, este trabalho analisou a área de influência do Posto Caxuxa, localizado no município de Alto Alegre do Maranhão (MA), com o fito de investigar a eventualidade de passivo ambiental de hidrocarbonetos derivados de petróleo.

Nesse sentido, o objetivo geral deste artigo é aplicar procedimentos técnicos de análise ambiental em área de posto de distribuição de combustível, com vistas investigar a possibilidade de passivo ambiental por contaminação no solo. Para tanto, pretende-se realizar sondagens para identificar possíveis plumas de contaminação do solo na área do posto de distribuição de combustíveis e identificar o nível de contaminantes no solo, por meio de análise laboratorial, para determinar a necessidade ou não de intervenção.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado no posto de combustível Caxuxa, localizado no município de Alto Alegre do Maranhão (MA), na mesorregião do Leste Maranhense. Essa mesorregião possui planaltos entremeados com colinas

e morros em quase toda a sua extensão, e o solo da área é definido como Nitossolos e Plintossolos (Correia Filho *et al.*, 2011).

O Posto Caxuxa fica localizado em área urbana e funciona desde 2017, portanto, já com quatro anos de funcionamento. Por possuir bandeira branca, o posto não faz revenda exclusiva de uma marca de combustíveis e trabalha com a revenda de gasolina comum, de óleo diesel S-10 comum e óleo diesel S-500 comum (ANP, 2016).

Nesta análise, utilizou-se o processo de investigação de contaminação do solo prescrito pela Resolução Conama 420/2009 (CONAMA, 2009), que apresenta três etapas: avaliação preliminar, investigação confirmatória e investigação detalhada. Este estudo adotou a metodologia das duas primeiras etapas, realizando uma avaliação preliminar, com o propósito de identificar a possível presença de contaminação. Além disso, a investigação confirmatória, para que sejam averiguadas as quantidades de contaminantes presentes em amostras de solo da água.

A avaliação preliminar coletou dados por meio de levantamento histórico, de dados cadastrais, registros fotográficos e inspeção *in loco* para levantamento de dados sobre uso e ocupação do solo, bem como levantamento de atividades potencialmente contaminadoras. Ainda, foram realizadas entrevistas com os proprietários do posto, prática que auxiliou na coleta de informações sobre o histórico do uso e da ocupação da área e obras.

A investigação confirmatória segue o procedimento da norma da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) NBR 15.515-2 (ABNT, 2011) e consistiu na utilização de dois métodos diretos: realização de sondagens e coleta de amostras de solo, com a respectiva análise em laboratório.

Para instalação dos poços de monitoramento, utilizou-se um trado manual do tipo concha para a coleta das amostras. Foram instalados 03 (três) poços de coletas: um próximo ao tanque subterrâneo (PC-1), um próximo às bombas de abastecimento (PC-2) e outro próximo à caixa separadora (PC-3).

Os poços PC-1 e PC-3 apresentam profundidade de 5 (cinco) metros, e o poço PC-2 de 15 (quinze) metros. Nenhum deles atingiu coluna de água subterrânea. As amostras de solo foram coletadas no ponto mais profundo. Foram coletadas 200 g de amostra de solo em cada poço de coleta, do tipo Argila Arenosa Laranja. Ainda, foram coletadas nove amostras de solo as quais foram devidamente armazenadas em frascos e foram encaminhadas ao laboratório Cassius Ambiental, em São Luís (MA).

Como referência para análise das amostras, foram utilizados os valores orientadores para solos e águas subterrâneas definidos pela Resolução Conama 420/2009 (CONAMA, 2009) e pelas DD 256/2016/E (CETESB, 2016) e DD 38/2017-C (CETESB, 2017) da Cetesb, no Estado de São Paulo.

Ademais, para discussão dos resultados, foram utilizadas as classificações indicadas na DD 38/2017 (CETESB, 2017), que fixam o seguinte: as áreas podem ser designadas como áreas potencialmente contaminadas (AP), no caso, áreas em que a atividade desenvolvida tem alto potencial de causar contaminação e outros riscos ambientais; áreas suspeitas de contaminação (AS), que apresentam pequenos sinais de contaminação, levantando suspeitas a partir dos indicadores como odor, erosão, flora danificada, entre outros; áreas contaminadas (AC), em que a contaminação foi investigada, comprovada, e ainda em vigência.

A classificação da área contaminada parte da análise de amostras do solo. A concentração de contaminantes na amostra pode determinar que o solo possui:

Art. 6º

[...]

I - Valor de Referência de Qualidade – VRQ: é a concentração de determinada substância que define a qualidade natural do solo, sendo determinado com base em interpretação estatística de análises físico-químicas de amostras de diversos tipos de solos.

II - Valor de Prevenção - VP: é a concentração de valor limite de determinada substância no solo, tal que ele seja capaz de sustentar as suas funções principais.

III - Valor de Investigação -VI: é a concentração de determinada substância no solo ou na água subterrânea acima da qual existem riscos potenciais, diretos ou indiretos, à saúde humana, considerando um cenário de exposição padronizado (CONAMA, 2009).

A partir da definição da quantificação de VRQ, VP ou VI, o art. 13 da Resolução Conama 420/2009 determina que o solo pode ser classificado em quatro classes (CONAMA, 2009). Segundo o art. 20, da referida resolução, cada classe demanda um tipo de intervenção, de acordo com a gravidade (CONAMA, 2009). O Quadro 1 apresenta as classes e suas medidas de intervenção:

Quadro 1 – Classificação de solos e ações requeridas

Classe	Definição	Medidas requeridas
I	Solos que apresentam concentrações de contaminantes menores ou iguais ao VRQ.	Não requer ações.
II	Solos que apresentam concentrações de pelo menos uma substância química maior do que o VRQ e menor ou igual ao VP.	Sugere-se uma avaliação do órgão ambiental, para verificar se a presença da substância é natural ou decorre de poluição; e, se necessário, ações preventivas de controle.
III	Solos que apresentam concentrações de pelo menos uma substância química maior que o VP e menor ou igual ao VI.	Deve-se identificar a fonte potencial de contaminação, implementar controle das fontes de contaminação e realizar monitoramento de qualidade.
IV	Solos que apresentam concentrações de pelo menos uma substância química maior que o VI.	Requer ações de investigação e de gestão, que podem ser resumidas em: identificar, em avaliação preliminar; diagnosticar, fazendo investigação detalhada e avaliação de risco, e intervir, executando ações de controle e de monitoramento.

Fonte: Elaborado pelos autores a partir de Conama (2009).

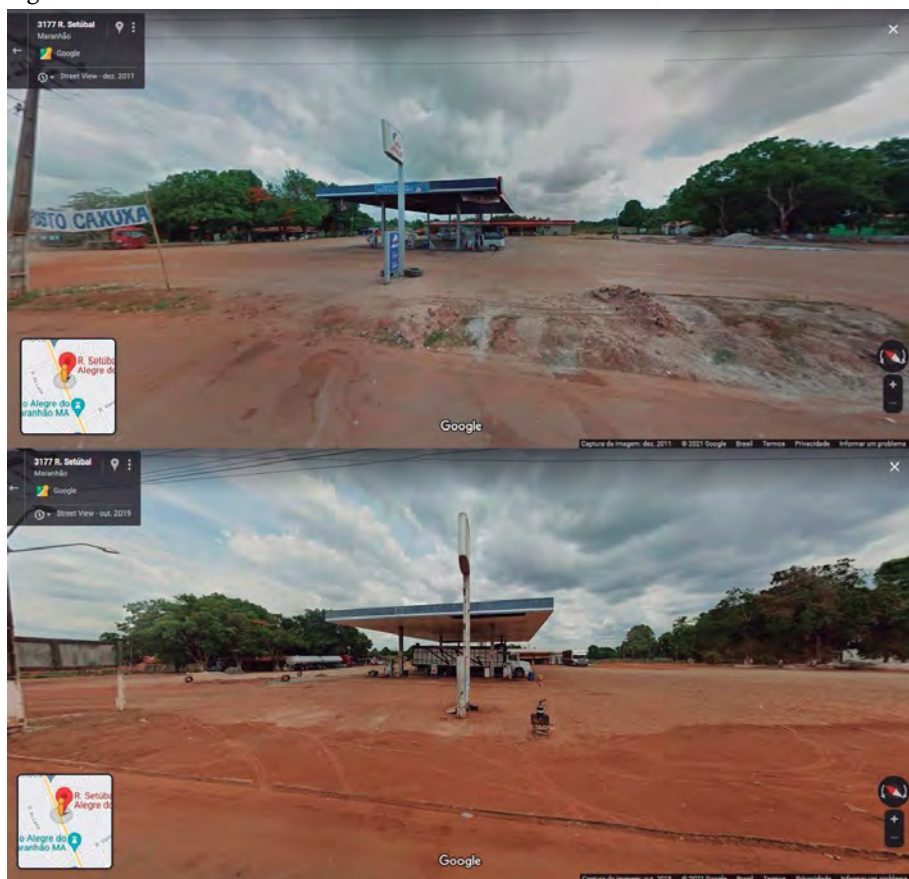
Os procedimentos e normativas apresentados são relevantes para os órgãos ambientais e para a comunidade acadêmica. Assim, a análise proposta por este trabalho seguirá o padrão estabelecido nesses dispositivos.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Inicialmente, tem-se o resultado da avaliação preliminar, que constitui a primeira etapa. Para o levantamento do histórico da área, realizou-se uma pesquisa em diversos bancos de dados, com a finalidade de identificar e de caracterizar as instalações e estrutura física do local de estudo. Identificou-se que o posto de combustíveis estudado está instalado em uma área residencial e está próximo à vegetação nativa.

A Figura 1 apresenta a área do empreendimento, em 2019, em comparação ao ano de 2011.

Figura 1 – Área do Posto Caxuxa em 2011 e em 2019



Fonte: Google Maps (2021)

Desse modo, na parte de cima da Figura 1, na imagem antiga do local, percebe-se que há um pequeno número de edificações residenciais e vegetação no entorno. Na parte de baixo da imagem, com base na imagem mais recente do local, do ano de 2019, não são observadas mudanças significativas.

A localização de postos de combustíveis, em geral, busca priorizar a facilidade de acesso pelo consumidor, o volume de tráfego de veículos, bem como a proximidade com outras atividades econômicas (Neves; Costa, 2008). No entanto, as edificações próximas são mais vulneráveis à contaminação decorrente das atividades desenvolvidas por esses empreendimentos (Souto; Penner, 2020). Portanto, a localização de postos de abastecimento em áreas residenciais é comum, mesmo representando maior risco de proliferação de um eventual passivo ambiental.

De acordo com a ANP (2016), a empresa Caxuxa Empreendimentos iniciou as operações com combustíveis no ano de 2017. Entretanto, pelas imagens obtidas do local (Figura 1), o posto está funcionando, pelo menos, desde 2011. Segundo informações obtidas no local, não há histórico de vazamentos ou de acidentes na área do posto e/ou nas propriedades particulares presentes no entorno.

O empreendimento em estudo ocupa uma área total de 654,12 m². A pavimentação do local é feita em concreto armado, e a área de abastecimento e de tancagem possui canaletas de contenção, com drenos ligados a uma caixa separadora de água e óleo.

O abastecimento de água vem do serviço municipal, e os resíduos efluentes são lançados em fossa séptica. No local, não há rede de esgoto público, assim, os resíduos efluentes são lançados em fossa séptica com sumidouro, e os resíduos sólidos são coletados pelo sistema de coleta municipal e enviados ao aterro sanitário.

O uso de fossas sépticas pode ser considerado um fator de risco para a contaminação do solo, visto que o lançamento de efluentes sem tratamento e em reservatórios sem a devida impermeabilização pode provocar vazamentos de substâncias contaminantes para o solo (Gandolfi; Potes, 2018).

O Posto Caxuxa possui três tanques subterrâneos, que armazenam os combustíveis. As características dos tanques estão apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1 – Identificação, volume e idade dos tanques de combustíveis

Identificação do tanque	Volume total (m ³)	Idade (anos)	Produto
1	30	4	Diesel S-10
2	20	4	Diesel S-500
3	10	4	Gasolina Comum

Fonte: ANP (2016).

A descarga do produto é feita diretamente dos caminhões de transporte para o tanque de armazenamento. O controle de estoque, capaz de identificar vazamentos, é feito por meio de régua de medição.

O tempo de vida útil de tanques e tubulações é de 20 a 25 anos, entretanto, esse tempo pode ser reduzido caso a instalação esteja incorreta ou haja danos nas edificações da superfície, como danificação do pavimento (Souza, 2016), por exemplo. No caso do Posto Caxuxa, a idade dos tanques é pequena ainda, não havendo indícios de que o SASC esteja sob risco de vazamentos além do normal para o tipo de atividade desenvolvida na área.

A área de abastecimento foi construída sob uma pista coberta, e possui cinco bombas duplas, em que cada uma possui dois bicos de abastecimento, conforme apresentados na Tabelas 2.

Tabela 2 – Bombas, séries e bicos do Posto Caxuxa

Nº da Bomba	Nº de série	Nº de Bicos/Tipo	Produto	Ligação SASC
1	528.527	02/dual	Diesel S-500	Tanque 02
2	528.528	02/dual	Diesel S-500	Tanque 02
3	528.529	02/dual	Diesel S-10	Tanque 01
4	528.530	02/dual	Diesel S-10	Tanque 01
5	528.531	02/dual	Gasolina Comum	Tanque 03

Fonte: Adaptado de SEMA (2021).

Observa-se que o quantitativo de tanques e de bombas (Tabela 2) destinados ao armazenamento e à venda de óleo diesel é maior do que o de gasolina. Este é um ponto positivo identificado na área de estudo, visto que o óleo diesel possui um potencial de contaminação menor do que a gasolina, por ter quantitativo menor de substâncias BTEX e PAH em sua formulação (Souza, 2016).

As tubulações de sucção, recalque, retorno e respiros são em Polietileno de Alta Densidade (PEAD). Além disso, a área de abastecimento possui um filtro para óleo diesel S-500, ligado ao tanque 1 e à bomba 2.

A contaminação do solo em postos de combustíveis pode ocorrer por vazamentos superficiais ou por vazamentos subterrâneos, e tanto a área de tancagem quanto a área de abastecimento oferecem riscos (Gandolfi; Potes, 2018). A contaminação pode decorrer de vazamentos dos tanques, problemas estruturais dos SASCs, falta de manutenção dos equipamentos, dentre outros (Souto; Penner, 2020).

Assim, a possível fonte primária de contaminação é o SASC, e a provável fonte secundária é a área de abastecimento, que contém as bombas e bicos de abastecimento, além de ser o local em que se realiza a filtragem de óleo diesel.

Quanto aos possíveis receptores da contaminação, a partir da identificação do local, pode-se apontar como eventuais receptores os recursos naturais como o solo, as águas subterrâneas, a vegetação local e os recursos humanos, como os vizinhos, os trabalhadores, clientes e transeuntes.

As informações levantadas estão sintetizadas no Quadro 2.

Quadro 2 – Modelo Conceitual do Posto Caxuxa

Parâmetros	Resultado identificado
Área de Interesse	Posto Caxuxa
Fonte Primária de Contaminação	Sistema de Armazenamento Subterrâneo de Combustíveis.
Mecanismos Primários de Liberação	Vazamentos de combustíveis a partir dos tanques ou das tubulações, conexões e componentes do SASC.
Fontes Secundárias de Contaminação	Área de abastecimento, a partir das bombas e bicos de abastecimento, filtro de óleo, canaletas de contenção e caixa separadora de água e óleo.
Mecanismos Secundários de Liberação	Vazamentos a partir do abastecimento veículos, da descarga de combustível nos tanques, do transbordamento, rachaduras ou obstrução das canaletas de contenção e descarte inapropriado dos resíduos.
Vias de Transportes Concomitantes	Infiltração no solo/transporte pela água subterrânea e superficial.
Receptores	Trabalhadores, clientes, transeuntes, solo, vegetação etc.

Fonte: Elaborado pelos autores, 2023.

A leitura do modelo conceitual, com apoio no referencial teórico e nos dados iniciais levantados, indica que a área em estudo configura uma Área com Potencial Contaminação. Assim, o resultado da avaliação preliminar indica a necessidade de realização de uma Investigação Confirmatória, a qual foi realizada, e os resultados são apresentados a seguir.

3.1 RESULTADOS DAS SONDAGENS

Informa-se que o método das sondagens foi aplicado a 5 (cinco) e 15 (quinze) metros de profundidade. De acordo com a norma ABNT NBR 15.515-2, a profundidade deve ser determinada segundo os dados levantados no local, no caso, que indiquem onde ocorrem as fontes de contaminação e os pontos de maior concentração de contaminantes, ou, ainda, na impossibilidade de determinar essas características, deve-se realizar a sondagem em intervalos regulares (ABNT, 2011).

A área das sondagens foi estendida até 10 (dez) metros em uma circunscção retangular, a partir dos pontos escolhidos, próximos aos tanques de armazenagem e da área de abastecimento. Foram realizadas 22 sondagens, porém, não foi detectada nenhuma quantidade de Compostos Orgânicos Voláteis (COVs) na área.

Um estudo realizado em um posto de combustível de Santa Lúcia-SP, com sondagens a profundidade de 2 (dois) e 15 (quinze) metros, encontrou baixa concentração de Compostos Orgânicos Voláteis apenas nas sondagens mais rasas e mais próximas da superfície, sendo que as sondagens mais profundas não detectaram nenhuma concentração de COV (Zingarelli; Moroni, 2018).

Dessa forma, a não detecção de concentração de COVs na área estudada não significa que a área está totalmente livre de contaminação, pois pode ocorrer de a contaminação ainda estar no solo mais próximo da superfície, especialmente porque a transmissão de contaminação do solo pode ocorrer de forma lenta. Assim, é necessário realizar a análise laboratorial das amostras para se chegar a um resultado mais concreto.

3.2 RESULTADOS DAS AMOSTRAS DE SOLO

Na análise das amostras de solo do posto de coleta PC-1, os valores identificados para BTEX e PAH estão abaixo dos Valores de Prevenção. A Tabela 3 apresenta os resultados.

Tabela 3 – Análise de solo do poço de coleta 1 (PC-1)

(continua)

Composto Orgânico	Resultado	L.Q. (mg/kg)	Padrão de referência mg.kg ⁻¹		
			DD 256/2016/E Cetesb	Res. 420/09 Conama	Lista Holandesa
BTEX					
Benzeno	<0,024	0,024	0,002	0,03	-
Etilbenzeno	<0,024	0,024	0,5	0,2	-
Tolueno	<0,024	0,024	0,03	6,2	-
Xilenos (orto,meta, para)	<0,024	0,024	0,03	0,13	-
PAH					
Antraceno	<0,011	0,011	0,3	0,039	-
Benzoantraceno	<0,011	0,011	0,2	0,025	-
Benzo(b) fluoranteno	<0,011	0,011	0,7	0,380	-
Benzo(k) fluoranteno	<0,011	0,011	0,8	0,570	-
Benzo(g,h,i) perileno	<0,011	0,011	0,5	0,052	-
Benzo(a)pireno	<0,011	0,011	0,1	8,100	-

Tabela 3 – Análise de solo do poço de coleta 1 (PC-1)

(conclusão)

Composto Orgânico	Resultado	L.Q. (mg/kg)	Padrão de referência mg.kg ⁻¹		
			DD 256/2016/E Cetesb	Res. 420/09 Conama	Lista Holandesa
Criseno	<0,011	0,011	1,6	0,080	-
Dibenzol(a,h) antraceno	<0,011	0,011	0,2	3,300	-
Fenantreno	<0,011	0,011	3,6	0,031	-
Indeno(1,2,3-c,d) pireno	<0,011	0,011	0,4	0,120	-
Naftaleno	<0,011	0,011	0,7	0,03	-
TPH ¹	-	-	-	-	2525

Fonte: Cassius Ambiental (2021).

LQ – Limite de Quantificação

1 – Os valores para TPH apresentados indicam solo com Teor de argila de 25,0% e de matéria orgânica de 10,0%.

No resultado apresentado para o PC-1 (Tabela 3), os valores ficaram abaixo do Limite Quantificador, portanto, não alcançando os valores de prevenção em nenhuma das tabelas de referência.

A Tabela 4 apresenta os resultados das amostras do poço de coleta PC-2.

Tabela 4 – Análise de solo do poço de coleta 2 (PC-2)

(continua)

Composto Orgânico	Resultado	L.Q. (mg/kg)	Padrão de referência mg.kg ⁻¹		
			DD 256/2016/E Cetesb	Res. 420/09 Conama	Lista Holandesa
BTEX					
Benzeno	<0,024	0,024	0,002	0,03	-
Etilbenzeno	<0,024	0,024	0,5	0,2	-
Tolueno	<0,024	0,024	0,03	6,2	-
Xilenos (orto,meta, para)	<0,024	0,024	0,03	0,13	-
PAH					
Antraceno	<0,011	0,011	0,3	0,039	-
Benzoantraceno	<0,011	0,011	0,2	0,025	-
Benzo(b)fluoranteno	<0,011	0,011	0,7	0,380	-
Benzo(k)fluoranteno	<0,011	0,011	0,8	0,570	-
Benzo(g,h,i)perileno	<0,011	0,011	0,5	0,052	-

Tabela 4 – Análise de solo do poço de coleta 2 (PC-2)

(conclusão)

Composto Orgânico	Resultado	L.Q. (mg/ kg)	Padrão de referência mg.kg ⁻¹		
			DD 256/2016/E Cetesb	Res. 420/09 Conama	Lista Holandesa
Benzo(a)pireno	<0,011	0,011	0,1	8,100	-
Criseno	<0,011	0,011	1,6	0,080	-
Dibenzol(a,h) antraceno	<0,011	0,011	0,2	3,300	-
Fenantreno	<0,011	0,011	3,6	0,031	-
Indeno(1,2,3-c,d) pireno	<0,011	0,011	0,4	0,120	-
Naftaleno	<0,011	0,011	0,7	0,03	-
TPH ¹	-	-	-	-	2525

Fonte: Elaborado pelos autores, 2021.

LQ – Limite de Quantificação

1 – Os valores para TPH apresentados indicam solo com Teor de argila de 25,0% e de matéria orgânica de 10,0%.

Os resultados da Tabela 4 demonstram que os valores identificados para BTEX e PAH, no PC-2, também, estão abaixo dos Valores de Prevenção. Para o TPH, não foram detectados valores que possam ser comparados com os valores de referência da Lista Holandesa (CETESB, 1999).

Quanto aos resultados das amostras do poço de coleta PC-3, novamente, os valores identificados para BTEX e PAH, estão abaixo dos Valores de Prevenção. Contudo, no posto de coleta PC-3, detectou-se presença de TPH em quantidade inferior aos Limites de Quantificação, indicando, assim, que a quantidade encontrada não pode ser apontada com precisão. Os dados estão na Tabela 5.

Tabela 5 – Análise de solo do poço de coleta 3 (PC-3)

(continua)

Composto Orgânico	Resultado	L.Q. (mg/ kg)	Padrão de referência mg.kg ⁻¹		
			DD 256/2016/E Cetesb	Res. 420/09 Conama	Lista Holandesa
BTEX					
Benzeno	<0,024	0,024	0,002	0,03	-
Etilbenzeno	<0,024	0,024	0,5	0,2	-
Tolueno	<0,024	0,024	0,03	6,2	-
Xilenos (orto,meta, para)	<0,024	0,024	0,03	0,13	-

Tabela 5 – Análise de solo do poço de coleta 3 (PC-3)

(conclusão)

Composto Orgânico	Resultado	L.Q. (mg/ kg)	Padrão de referência mg.kg ⁻¹		
			DD 256/2016/E Cetesb	Res. 420/09 Conama	Lista Holandesa
PAH					
Antraceno	<0,011	0,011	0,3	0,039	-
Benzoantraceno	<0,011	0,011	0,2	0,025	
Benzo(b)fluoranteno	<0,011	0,011	0,7	0,380	
Benzo(k)fluoranteno	<0,011	0,011	0,8	0,570	
Benzo(g,h,i)perileno	<0,011	0,011	0,5	0,052	
Benzo(a)pireno	<0,011	0,011	0,1	8,100	
Criseno	<0,011	0,011	1,6	0,080	
Dibenzol(a,h) antraceno	<0,011	0,011	0,2	3,300	
Fenantreno	<0,011	0,011	3,6	0,031	
Indeno(1,2,3-c,d) pireno	<0,011	0,011	0,4	0,120	
Naftaleno	<0,011	0,011	0,7	0,03	
TPH ¹	<30,818	30,818	-	-	

Fonte: Elaborado pelos autores, 2021.

LQ – Limite de Quantificação

1 – Os valores para TPH apresentados indicam solo com Teor de argila de 25,0% e de matéria orgânica de 10,0%.

Com resultados determinados para os poços de coleta PC-1, PC-2 e PC-3, descarta-se a presença de contaminação no solo da área do Posto Caxuxa.

Nesse sentido, supõe-se que o motivo para os resultados se encontrarem abaixo dos limites de quantificação pode ser a real ausência de contaminação no solo ou, ainda, a ausência de uma contaminação consolidada e detectável. Isso, porque a contaminação do solo decorre de um processo lento em razão da dispersão dos contaminantes no solo e nas rochas sedimentares, o que pode elevar o prazo para ocorrência da contaminação (Almeida, 2018).

Desse modo, esta pesquisa adota a primeira hipótese como conclusão, no entanto, ressalta-se a necessidade de contínuo monitoramento e acompanhamento da área, a fim de garantir que não exista nenhum processo de contaminação em andamento.

Apesar de desnecessária qualquer medida de intervenção, cabe frisar a necessidade do aprimoramento de medidas protetivas, tendo em vista que

a preservação ambiental se dá no campo da prevenção também. Lobo (2018) destaca a necessidade de os postos de combustíveis adotarem procedimentos de segurança além do mínimo solicitado pelos órgãos ambientais, tais como o correto tratamento de resíduos efluentes, a destinação correta dos resíduos sólidos e o uso de mais de uma técnica de controle de estoque para detecção de vazamentos.

Portanto, os resultados evidenciam que a área estudada está livre de contaminação no solo, entretanto, com base na literatura especializada, recomenda-se a adoção de ações de prevenção e de monitoramento constante como ferramenta de gestão ambiental.

4 CONCLUSÃO

A avaliação preliminar realizada apontou que a área poderia ser considerada uma AP, porque constatou-se no local que o SASC e a área de abastecimento eram fontes potenciais de contaminação em virtude das atividades desempenhadas nesse espaço, justificando, assim, a realização da investigação confirmatória.

Além disso, ainda na avaliação preliminar, foram constatadas divergências nas informações de registro do empreendimento, notadamente em relação ao tempo de funcionamento, pois verificou-se que o empreendimento funciona há mais tempo do que o indicado no banco de dados da ANP.

Dessa forma, pode-se indicar como possíveis causas a existência de um período de funcionamento sem registro nos órgãos competentes ou, ainda, que, no período anterior ao registro identificado, havia sido autorizado o funcionamento para outro empreendimento no mesmo local. Seria necessário um estudo complementar para verificar corretamente a causa, visto que se trata de um motivo relevante para futuras pesquisas, pois a regularidade formal dos empreendimentos é um dos indicadores de respeito às normas de segurança ambiental.

Quanto à conclusão da investigação confirmatória, verificou-se que não existe passivo ambiental no solo em que o posto de combustível está instalado. Isso, porque os resultados apresentaram valores abaixo dos limites quantificáveis, não sendo possível a sua comparação com os valores de referência utilizados, significando que a área não precisa de ações de intervenção ou remediação.

A localização dos poços pode ser considerada ideal, tendo em vista que estes foram feitos próximos aos locais com maior risco de contaminação, e a profundidade está de acordo com as normas técnicas aplicáveis. No entanto, deve-se observar que o tempo de funcionamento do empreendimento é relativamente curto, neste caso, 7 anos, de acordo com a ANP, e os tanques e tubulações têm apenas 4 anos de uso, com tempo de vida útil de até 25 anos.

Assim, a ausência de contaminantes indica que não há passivo ambiental, mas não se descarta a possibilidade de que há um processo de contaminação em andamento diante do alto risco ambiental da atividade, que não pôde ser identificado no momento em razão do pouco tempo de atividade.

REFERÊNCIAS

ABNT. **NBR 15515-2: passivo ambiental em solo e água subterrânea. Parte 2: Investigação confirmatória.** Rio de Janeiro: ABNT, 2011.

ALMEIDA, Y. V. R. **A mudança do uso do solo e os passivos ambientais das *brownfields* na área do entorno da avenida Dom Hélder Câmara: a refuncionalização de antigos terrenos industriais para condomínios residenciais.** 2018. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2018. Disponível em: <https://www.bdt.uerj.br:8443/handle/1/13270>. Acesso em: 08 nov. 2021.

ANP. [recurso on-line de consulta]. **Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis**, Brasília, DF, 2016. Disponível em: <https://postos.anp.gov.br/resultado.asp>. Acesso em: 08 nov. 2021.

CASSIUS AMBIENTAL. **Resultado de análise laboratorial de amostras de solo.** São Luís: 2021.

CETESB. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. **Lista holandesa de valores de qualidade do solo e da água subterrânea – Valores STI.** São Paulo: CETESB – GTZ, 1999. Disponível em: <https://www.casaverdeambiental.com.br/imagens/pdf/legislacao-05.pdf>. Acesso em: 01 maio 2021.

CETESB. **Decisão de Diretoria nº 256/2016/E, de 22 de novembro de 2016.** Dispõe sobre a aprovação dos “Valores Orientadores para Solos e Águas Subterrâneas no Estado de São Paulo – 2016” e dá outras providências. São Paulo: CETESB, [2016]. Disponível em: <https://www.cetesb.sp.gov.br/wp-content/uploads/2014/12/DD-256-2016-E-Valores-Orientadores-Dioxinas-e-Furanos-2016-Intranet.pdf>. Acesso em: 01 maio 2021b.

CETESB. **Decisão de Diretoria Nº 038/2017/C, de 07 de fevereiro de 2017.** Dispõe sobre a aprovação do “Procedimento para a Proteção da Qualidade do Solo e das Águas Subterrâneas”, da revisão do “Procedimento para o Gerenciamento de Áreas Contaminadas” e estabelece “Diretrizes para Gerenciamento de Áreas Contaminadas no Âmbito do Licenciamento Ambiental”, em função da publicação da Lei Estadual nº 13.577/2009 e seu Regulamento, aprovado por meio do Decreto nº 59.263/2013, e dá outras providências. São Paulo: CETESB, [2017]. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/wp-content/uploads/2014/12/DD-038-2017-C.pdf>. Acesso em: 11 dez. 2021

CONAMA. 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.

CORREIA FILHO, F. G. *et al.* **Projeto Cadastro de Fontes de Abastecimento por Água Subterrânea, estado do Maranhão:** relatório diagnóstico do município de Alto Alegre do Maranhão. Teresina: CPRM - Serviço Geológico do Brasil, 2011. Disponível em: https://rigeo.cprm.gov.br/jspui/bitstream/doc/15309/1/rel-alto_alegre_ma.pdf. Acesso em: 08 nov. 2021.

GANDOLFI, M. V. C.; PONTES, W. Fotocatálise: tratamento alternativo para águas subterrâneas contaminadas BTEX. **Revista Engenharia em Ação UniToledo**, Toledo, v. 3, n. 1, p. 118-129, 2018. Disponível em: <http://ojs.toledo.br/index.php/engenharias/article/view/2848>. Acesso em: 08 nov. 2021.

GOOGLE MAPS. **Google Maps**. Versão 2021. [Vale do Silício]: Google, 2021.

LOBO, A. P. B. M. *et al.* Sustentabilidade ambiental em posto de combustível: estudo de caso em Lavras da Mangabeira-CE. **Revista de Iniciação Científica, Tecnológica e Artística**, São Paulo, v. 8, n. 1, p. 9-24, 2018. Disponível em: <http://www1.sp.senac.br/hotsites/blogs/revistainiciacao/wp-content/uploads/2018/12/01.pdf>. Acesso em: 22 nov. 2021.

MOURA, A. A. C. A.; CAFFARO FILHO, R. A. Panorama do gerenciamento de áreas contaminadas no Brasil após a resolução CONAMA 420/09. **Águas Subterrâneas**, São Paulo, v. 29, n. 2, p. 202-2012, 2015. Disponível em: <https://aguassubterraneas.abas.org/asubterraneas/article/view/27972>. Acesso em: 08 nov. 2021.

NEVES, J. A. D.; COSTA, Á. M. Fatores de localização de postos de combustíveis em Fortaleza. **Revista de Administração Contemporânea**, [s. l.], v. 12, p. 175-192, 2008. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rac/a/sS3QW8SyVqN8HgY53d5LhKR/abstract/?stop=next&lang=pt&format=html>. Acesso em: 08 nov. 2021.

SEMA. [recurso on-line de consulta]. **Secretaria de Meio Ambiente e Recursos Naturais do Estado do Maranhão**, São Luís, MA, 2021. Disponível em: sigla.sema.ma.gov.br/sigla/pages/processo/listaResultadosBusca.jsf. Acesso em: 08 nov. 2021.

SOUTO, C. K. B.; PENNER, G. C. Postos de revenda de combustíveis em Belém-PA: o licenciamento ambiental e os riscos à contaminação do solo e da água subterrânea. **Research, Society and Development**, [s. l.], v. 9, n. 10, p. e6529109100-e6529109100, 2020. Disponível em: <https://www.rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/9100>. Acesso em: 08 nov. 2021.

SOUZA, R. B. G. **Avaliação da contaminação por hidrocarbonetos do solo e da água da região de Avaré**. 2016. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental) – Programa Interunidades, Universidade Estadual Paulista Júlio Mesquita Filho, Bauru-SP, 2016. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/handle/11449/137908>. Acesso em: 18 set. 2021

ZINGARELLI, C. E.; MORONI, I. E. Poço de monitoramento para estudos de meio ambiente - estudo de caso em Santa Lúcia-SP. **Universidade de Araraquara**, Araraquara, 2018. Disponível em: https://semanaacademica.org.br/system/files/artigos/tcc_-_poco_de_monitoramento_-_revista_2.pdf. Acesso em: 11 nov. 2021.

Submissão: 30/12/2021 • Aprovação: 06/10/2023