

**Contaminação das águas subterrâneas por compostos orgânicos na bacia hidrográfica
do rio das Velhas, no estado de Minas Gerais, Brasil**

**Contamination of groundwater by organic compounds in the Velhas river watershed, in
the state of Minas Gerais, Brazil**

**Contaminación de aguas subterráneas por compuestos orgánicos en la cuenca del río das
Velhas, en el estado de Minas Gerais, Brasil**

Recebido: 16/09/2020 | Revisado: 25/09/2020 | Aceito: 26/09/2020 | Publicado: 27/09/2020

Grazielle Cristina Assis Carneiro

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8120-9858>

Universidade Federal de Itajubá, Brasil

E-mail: grazielle.carneiro17@outlook.com

Dimária Aparecida Fernandes Dias

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9391-7875>

Universidade Federal de Itajubá, Brasil

E-mail: dimariaprofagua@outlook.com

Eliny Rodrigues Fonseca

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6214-5158>

Universidade Federal de Itajubá, Brasil

E-mail: elinyrodrigues@hotmail.com

José Augusto Costa Gonçalves

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1659-0896>

Universidade Federal de Itajubá, Brasil

E-mail: jaucosta@unifei.edu.br

Resumo

O objetivo principal deste trabalho foi fazer o levantamento de áreas contaminadas por compostos orgânicos na bacia hidrográfica do rio das Velhas, em Minas Gerais. Utilizou-se dados disponibilizados pela Fundação Estadual do Meio Ambiente – FEAM, por meio do Inventário de Áreas Contaminadas e Remediadas de Minas Gerais, referente ao ano de 2019. Os resultados apontaram que as áreas contaminadas e remediadas se concentram na região metropolitana de Belo Horizonte, sendo postos revendedores de combustíveis e afins a principal atividade responsável pela contaminação, e ela ocorre na maioria das vezes por

vazamento ou infiltração. Os compostos presentes nos combustíveis são tóxicos e tem potencial de causar danos à saúde da população e ao meio ambiente. Os resultados mostraram também que 54,24% das áreas declaradas já se encontram reabilitadas para uso declarado. Concluiu-se com o estudo, que apesar do Inventário de Áreas Contaminadas e Remediadas conter informações importantes para subsidiar o gerenciamento de áreas contaminadas, o número de áreas declaradas ainda é baixo em relação ao número expressivo de atividades com potencial de contaminação.

Palavras-chave: Postos de combustíveis; BTEX; Hidrocarbonetos.

Abstract

The main objective of this work was to survey areas contaminated by organic compounds in the watershed of the Rio das Velhas, in Minas Gerais. Data from the State Foundation for the Environment - FEAM, through the Minas Gerais Inventory of Contaminated and Remedied Areas for 2019, was used. The results showed that the contaminated and remedied areas are concentrated in the metropolitan region of Belo Horizonte, being fuel resellers and related stations the main activity responsible for the contamination, and it occurs most of the time by leakage or infiltration. The compounds present in the fuels are toxic and have the potential to cause damage to the health of the population and the environment. The results also showed that 54.24% of the declared areas are already rehabilitated for declared use. The study concluded that although the Inventory of Contaminated and Remediated Areas contains important information to subsidize the management of contaminated areas, the number of declared areas is still low in relation to the expressive number of activities with potential for contamination.

Keywords: Fuel stations; BTEX; Hydrocarbons.

Resumen

El principal objetivo de esta labor era estudiar las zonas contaminadas por compuestos orgánicos en la cuenca del río Das Velhas, en Minas Gerais. Se utilizaron los datos facilitados por la Fundación Estatal del Medio Ambiente - FEAM, a través del Inventario de Áreas Contaminadas y Remediadas de Minas Gerais, para el año 2019. Los resultados mostraron que las áreas contaminadas y remediadas se concentran en la región metropolitana de Belo Horizonte, siendo las gasolineras y los revendedores relacionados la principal actividad responsable de la contaminación, y ésta se produce la mayoría de las veces por fuga o infiltración. Los compuestos presentes en los combustibles son tóxicos y tienen el potencial

de causar danos a la salud de la población y al medio ambiente. Los resultados también mostraron que el 54,24% de las zonas declaradas ya están rehabilitadas para el uso declarado. En el estudio se llegó a la conclusión de que, aunque el Inventario de zonas contaminadas y rehabilitadas contiene información importante para subvencionar la gestión de las zonas contaminadas, el número de zonas declaradas sigue siendo bajo en relación con el importante número de actividades con potencial de contaminación.

Palabras clave: Estaciones de combustible; BTEX; Hidrocarburos.

1. Introdução

O aumento populacional, a demanda hídrica, o lançamento de efluentes *in natura* em corpos hídricos e a crise de abastecimento são alguns dos fatores que vem contribuindo para o crescimento do uso das águas subterrâneas no Brasil. Há também locais em que a indisponibilidade de águas superficiais, torna o manancial subterrâneo a única alternativa de abastecimento. A água subterrânea apresenta excelente qualidade e disponibilidade, sendo indicada para o consumo humano, muitas vezes dispensando tratamentos caros e complexos, (Gonçalves et al. 2005). Villar (2016) cita que a crise hídrica tende a intensificar o uso das águas subterrâneas, as quais garantem o abastecimento de quase metade da população brasileira.

Nesse contexto, cresce também a preocupação com a qualidade e a contaminação dessas águas, pois mesmo o solo podendo apresentar capacidade de imobilização de grande parte de impurezas, essa capacidade é limitada. A alteração da qualidade das águas subterrâneas interfere diretamente na disponibilidade para fins nobres, como abastecimento doméstico, irrigação, entre outros, (Gonçalves et al. 2019).

A contaminação da água subterrânea pode ser proveniente de atividades domésticas, industriais e agrícolas. Também pode ser afetada por atividades minerais, exploração de petróleo, entre outras. Essas atividades podem gerar eventos de contaminação, geralmente desencadeados por acidentes ou vazamentos em atividades que manuseiam metais pesados; produtos tóxicos; elementos radioativos; hidrocarbonetos; entre outros, pela disposição final e má gestão de lixiviados de resíduos (fontes pontuais), ou pelo uso indiscriminado de defensivos agrícolas em zonas rurais (fontes difusas) (Lisboa et al. 2016).

As áreas contaminadas são aquelas cujas concentrações das substâncias ou compostos químicos estão acima dos valores de investigação definidos pela Deliberação Normativa Conjunta do Conselho Estadual de Política Ambiental (Copam) 02/2010, com potencial risco

à segurança, à saúde e ao meio ambiente. Essa Normativa também define as diretrizes e procedimentos para a proteção da qualidade do solo e gerenciamento ambiental de áreas contaminadas em Minas Gerais (FEAM, 2019).

Dentre os fatores que podem ocasionar a contaminação dos aquíferos subterrâneos, o derramamento, vazamento ou infiltração de combustíveis é um dos mais comuns, e geralmente ocorre durante o armazenamento, transporte ou manuseio, (Gonçalves et al. 2007). Segundo Vasconcelos et al. (2014) a contaminação de solos e águas subterrâneas, especialmente por hidrocarbonetos, tem recebido grande destaque nos últimos anos, sobretudo pela frequência com que os episódios acontecem e pela forma desastrosa com que o meio ambiente é afetado.

Quando constatada a contaminação de solos e águas, são necessárias ações para a recuperação ambiental, proteção do ambiente e da saúde humana. Esse procedimento é chamado de remediação e consiste na intervenção direta, com o objetivo de conter, isolar, remover ou reduzir as concentrações dos contaminantes (Lima et al. 2017).

A Lei Federal nº 6.938/1981, que estabelece a Política Nacional do Meio Ambiente, cita que são responsáveis legais e solidários pela remediação de uma área contaminada: o causador da contaminação e seus sucessores; o proprietário da área; o superficiário - aquele que adquiriu direito de superfície pelo proprietário do terreno -; o detentor da posse efetiva; e quem dela se beneficiar direta ou indiretamente (FEAM, 2019).

O processo de remediação de áreas contaminadas pode ser complexo, demorado e custoso. Sendo que a contaminação por combustíveis pode culminar em danos irreparáveis. Dessa forma, é primordial a adoção de ações de prevenção e monitoramento das atividades e equipamentos que possam ser fontes de contaminação, a fim de evitar a poluição por essas substâncias potencialmente tóxicas.

O lançamento de derivados de petróleo para o meio ambiente pelos postos de combustíveis se constituem em grande preocupação, pois se encontram bastante dispersos por todo a bacia hidrográfica e a quantidade de combustível estocada em cada um deles, se derramada no solo, pode ser suficiente para inviabilizar o consumo de milhões de metros cúbicos de água subterrânea.

O lançamento acidental de combustível no solo, em um posto de combustível, pode ocorrer devido aos seguintes fatores: vazamentos nos sistemas de armazenamento subterrâneo, em decorrência de corrosão dos tanques, cuja vida útil é estimada em 20 anos, ou das tubulações fabricados em aço, dos defeitos de fabricação dos tanques, defeitos dos

equipamentos de abastecimento e transbordamentos e/ou derramamentos que acontecem durante as operações de descarga de combustível.

Uma vez no solo, os combustíveis podem se dispersar de diversas maneiras, dependendo da quantidade de líquido infiltrada; das características do material parental; das propriedades físico-químicas do contaminante; da profundidade do aquífero freático.

Ainda no solo, os combustíveis podem ser condicionados a uma série de processos transportadores, como penetração pelo solo até atingir o aquífero livre formando uma camada de produto sobrenadante; movimentação horizontal do combustível no solo na sua fase livre; retenção nos poros dos solos e rochas, formando uma fonte de contaminação de longo prazo; dissolução parcial de componentes solúveis no solo contaminando os aquíferos e os poços de captação de água para abastecimento; volatilização dos componentes mais leves através de vapores explosivos; biodegradação dos hidrocarbonetos a partir de processos físico-químicos e biológicos.

Este estudo tem como objetivo principal, apresentar as áreas contaminadas por compostos orgânicos na Bacia Hidrográfica do rio das Velhas no ano de 2019. Foram utilizados dados do Inventário de Áreas Contaminadas e Remediadas no estado de Minas Gerais, disponibilizado pela Fundação Estadual de Meio Ambiente - FEAM.

2. Metodologia

Esse trabalho se caracteriza como uma pesquisa exploratória na qual foi levantada uma situação-problema e utilizou-se como metodologia o levantamento de dados para expor uma situação específica (Gil, 2008, Pereira et al. 2018).

2.1 Caracterização da área de estudo

A escolha da área de estudo baseou-se nos dados obtidos no Inventário de Áreas Contaminadas e Remediadas, disponibilizado pela FEAM. A Bacia Hidrográfica do rio das Velhas foi a que mais apresentou áreas informadas no inventário. Para os mapas apresentados, foi utilizado o *software* ArcGIS versão 10.5, com dados disponibilizados na plataforma do IDE-Sisema da Secretaria de Meio Ambiente do estado de Minas Gerais e da FEAM.

2.2 Obtenção de dados

Os dados utilizados foram consultados no Inventário de Áreas Contaminadas e Reabilitadas do estado de Minas Gerais disponibilizado pelo FEAM, referente ao ano de 2019. Foi criado com essas informações, um banco de dados no *software* Excel e a partir dele, foram confeccionados gráficos para ilustrar as informações.

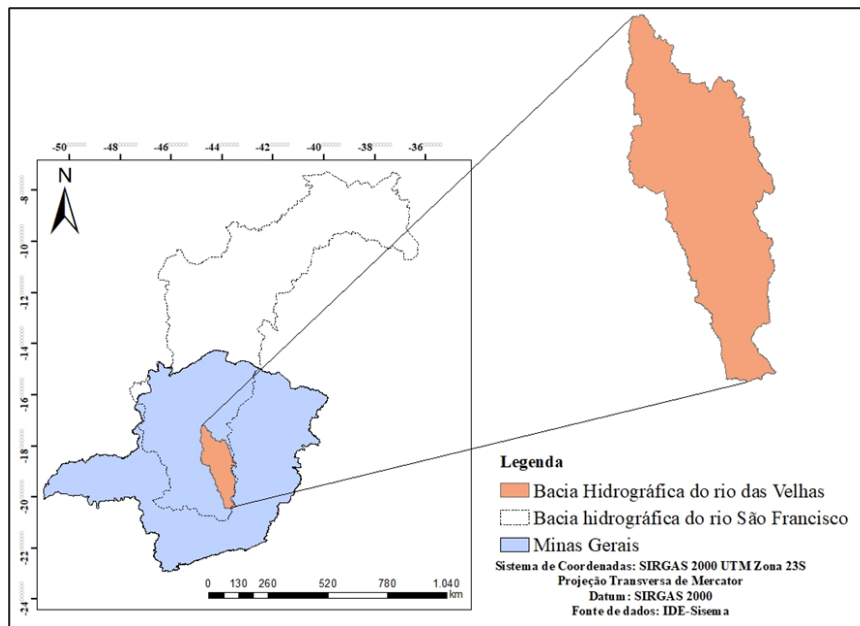
O Inventário de Áreas Contaminadas é um conjunto de informações sobre as áreas contaminadas e reabilitadas localizadas no Estado de Minas Gerais, sendo um instrumento para o gerenciamento dessas áreas, subsidiando a elaboração do Programa Estadual de Gestão das Áreas Contaminadas, a partir da geração e disponibilização de informações técnicas no apoio à tomada de decisão (FEAM, 2019).

3. Resultados e Discussões

3.1 Caracterização da área de estudo

A Bacia Hidrográfica do rio das Velhas, apresentada na Figura 1, está localizada na região central do Estado de Minas Gerais, entre as latitudes 17°15' e 20°25' S e longitudes 43°25' e 44°50' W, ocupa uma área de drenagem de 29.173km² e apresenta uma forma alongada na direção norte-sul. Com 801 km, o rio das Velhas é o maior afluente em extensão da Bacia Hidrográfica do rio São Francisco. Sua nascente fica no município de Ouro Preto, desaguando a jusante do reservatório de Três Marias. Nasce no município de Ouro Preto, dentro do recém criado Parque Municipal das Andorinhas, e deságua no rio São Francisco no distrito de Barra do Guaicuy, município de Várzea da Palma (CBH Rio das Velhas, 2019).

Figura 1. Localização da Bacia Hidrográfica do rio das Velhas.



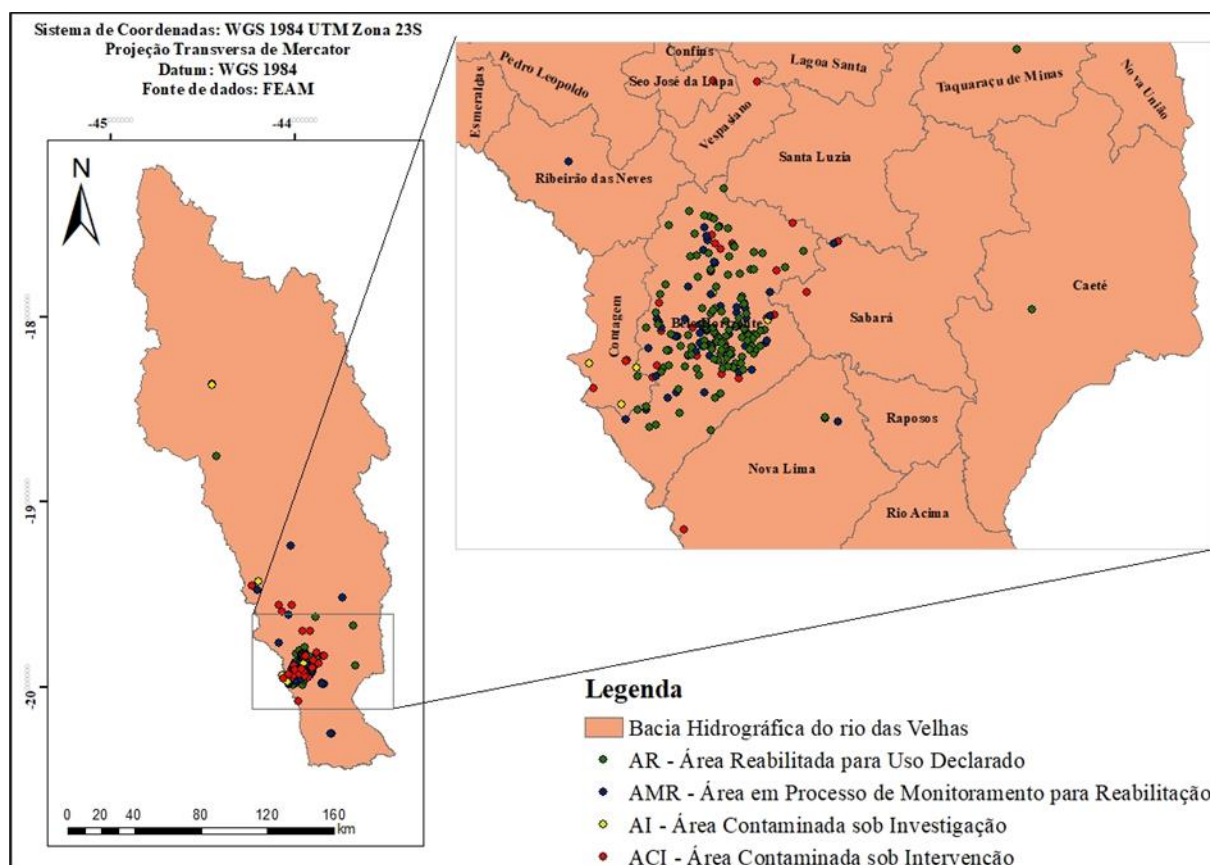
Fonte: Autores,(2020), modificado de IDE-SISEMA (2020).

A população estimada da bacia é de 4.406.190 milhões de habitantes (IBGE, 2000), distribuída nos 51 municípios cortados pelo rio e seus afluentes. A região metropolitana de Belo Horizonte ocupa somente 10% da área territorial da bacia, porém possui mais de 70% de toda a sua população. Concentra atividades industriais e tem processo de urbanização avançado e dessa forma, é a área que mais contribui com a degradação das águas do Rio das Velhas (CBH Rio das Velhas, 2019).

3.2 Áreas contaminadas e reabilitadas

De acordo com o Inventário de Áreas Contaminadas e Reabilitadas, no ano de 2019 foram registradas 670 (seiscentos e setenta) áreas contaminadas e reabilitadas no território de Minas Gerais. Desse total, 236 (duzentas e trinta e seis), ou seja, 41% estão localizadas na Bacia Hidrográfica do rio das Velhas, com maior concentração na região central do estado, no município de Belo Horizonte e região metropolitana, conforme mostra a Figura 2.

Figura 2. Distribuição das áreas contaminadas e remediadas na Bacia do rio das Velhas.



Fonte: Autores, (2020), modificado de FEAM (2019).

Conforme apresentado na Figura 2, as áreas se concentram na região metropolitana de Belo Horizonte, e só na capital há o registro de 198 áreas. Dessas, 60,10% se classificam como “Área Reabilitada para Uso Declarado – AR”, 25,25% como “Área em Processo de Monitoramento para Reabilitação – AMR”, 11,11% como “Área Contaminada sob Intervenção – ACI” e 3,54% como “Área Contaminada sob Investigação – AI”.

Já o panorama geral para a classificação das áreas na Bacia Hidrográfica do rio das Velhas é apresentado na Tabela 1 a seguir.

Tabela 1. Classificação das áreas contaminadas e remediadas na Bacia Hidrográfica do rio das Velhas.

Classificação	Áreas (%)
AR - Área Reabilitada para Uso Declarado	54,24
AMR - Área em Processo de Monitoramento para Reabilitação	25,42
ACI - Área Contaminada sob Intervenção	14,83
AI - Área Contaminada sob Investigação	5,51

Fonte: Elaborada pelos autores com dados do FEAM (2019).

Pode-se observar na Tabela 1, que 54,24% das áreas registradas na Bacia do rio das Velhas se encontram reabilitadas para uso declarado. Em contrapartida a menor parcela, corresponde a áreas contaminadas sob investigação, 5,51%.

De acordo com Feam (2019), as áreas apresentadas podem ser definidas como:

- Área Contaminada sob Investigação (AI): aquela em que for comprovadamente constatada, mediante estudo de Investigação Confirmatória, a ocorrência de concentrações de determinadas substâncias ou compostos no solo ou nas águas subterrâneas acima dos valores de investigação (VI) constantes da legislação vigente. A Investigação Confirmatória tem como objetivo principal confirmar ou não a existência de substâncias de origem antrópica nas áreas suspeitas, por meio de sondagens, amostragens e medições no solo ou nas águas subterrâneas.

Os valores de investigação constam na lista de valores orientadores para solos e água subterrânea do Anexo I da Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH nº 02/2010. Outras substâncias ou compostos químicos, se necessária sua investigação, poderão ter seus valores orientadores definidos com base em legislações nacionais ou internacionais em vigor.

- Área Contaminada sob Intervenção (ACI): aquela que apresentar substâncias ou compostos em fase livre ou cuja execução de Investigação Detalhada e de Avaliação de Risco comprovar risco não tolerável à saúde humana ou ao bem a proteger. No caso de ocorrência de fase livre (substância química ou composto imiscível, em fase separada da água) a área é classificada como Contaminada sob Intervenção (ACI) e a remoção da fase livre deve ser imediata para prevenir os riscos ou perigos associados. Independentemente da presença ou não de fase livre é necessário elaborar a Investigação Detalhada, que consiste na aquisição e interpretação de dados da área, a fim de compreender e explicitar a dinâmica da contaminação nos meios físicos afetados, delimitar a(s) pluma(s) de contaminação e propor modelo conceitual a partir dos cenários específicos de uso e ocupação do solo, dos receptores existentes, dos caminhos de exposição e das vias de ingresso.

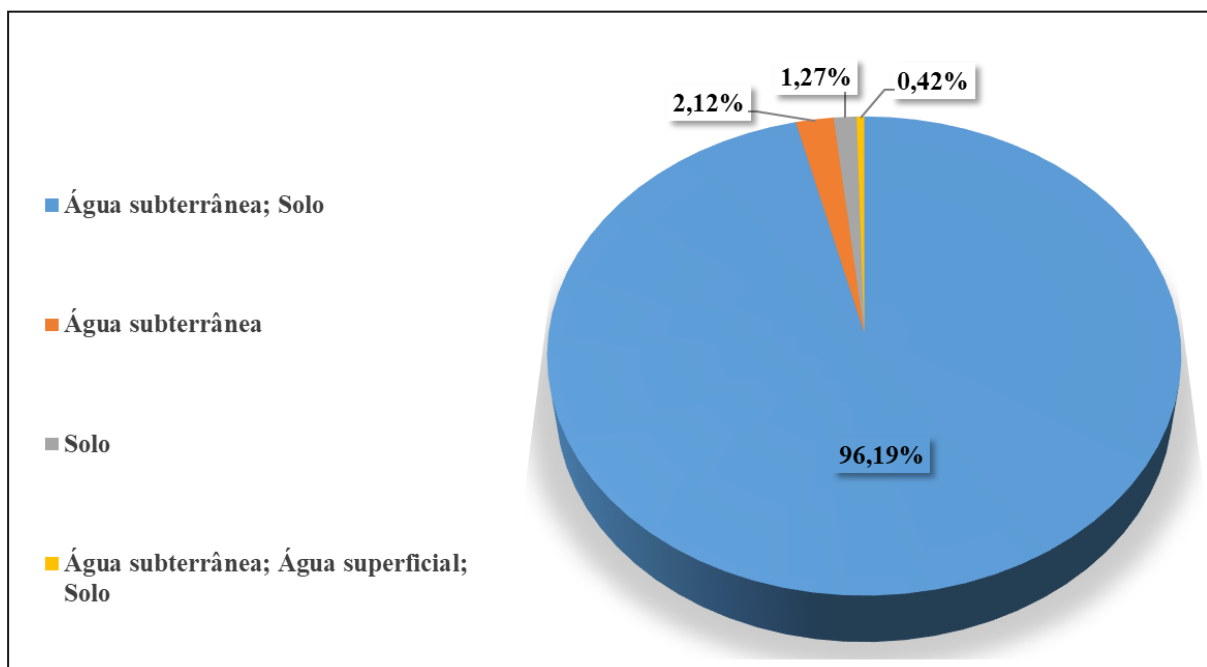
A Avaliação de Risco é o processo pelo qual são identificados, avaliados e quantificados os riscos à saúde humana ou ao bem de relevante interesse ambiental a ser protegido. Esta avaliação deve levar em conta os cenários atual e futuro. Nesta fase, a área com concentrações de contaminantes que possui riscos à saúde humana deverá passar por algum tipo de intervenção de forma a minimizar ou eliminar os

riscos causados pela contaminação.

- Área em Monitoramento para Reabilitação (AMR): aquela em que for atingida a redução do risco aos níveis toleráveis, de acordo com as metas estipuladas na avaliação de risco ou parâmetros legais. Nesta etapa, o monitoramento é feito para verificar se há ou não a manutenção das concentrações de contaminantes abaixo das concentrações máximas aceitáveis definidas para a área, sendo executado por, no mínimo, dois anos e com periodicidade semestral.
- Área Reabilitada para Uso Declarado (AR): aquela em que, após o período de monitoramento para reabilitação e, desde que confirmada a eliminação do perigo ou a redução dos riscos a níveis toleráveis, seja considerada reabilitada para o uso declarado.

As águas subterrâneas e os solos foram os meios mais impactados pelos contaminantes, e na maioria das vezes conjuntamente, em 96,19% das áreas registradas, conforme Figura 3. A maior parte das contaminações decorre de vazamentos ou infiltrações de produtos no solo e subsolo, atingindo a água subterrânea (FEAM, 2019).

Figura 3. Meio impactado.



Fonte: Autores, (2020), modificado de FEAM (2019).

A utilização da água subterrânea vem crescendo ao longo dos anos, principalmente

devido ao baixo custo de exploração e a sua qualidade natural. A contaminação das águas subterrâneas é uma preocupação recente, além do mais, ela não é visível e sua exploração é muito distribuída, dificultando a identificação e a caracterização dos problemas de contaminação. A ação protetora ou de interrupção da atividade contaminante é aplicada somente quando a contaminação se torna perceptível, o que geralmente ocorre quando já atingiu uma larga extensão. A poluição de aquíferos ocorre onde o descarte da carga contaminante gerada pela atividade antrópica é inadequadamente controlada e certos componentes excedem a capacidade de atenuação das camadas do solo e dos aquíferos.

As atividades econômicas que têm maior potencial de contaminação declaradas na área de estudo são apresentadas na Tabela 2. A principal atividade com áreas contaminadas registradas corresponde aos postos revendedores de combustíveis e afins, com 94,07% do total. As demais atividades juntas, correspondem somente a 5,93% das áreas.

Tabela 2. Atividades econômicas registradas.

Atividade	Áreas (%)
Postos revendedores de combustíveis e afins	94,07
Ferrovia	2,97
Indústria Química	0,85
Base de armazenamento e distribuição de derivados de petróleo e álcool combustível	0,42
Atividades Florestais e processamento de madeira	0,42
Refino de óleo lubrificante usado	0,42
Fabricação de outros produtos químicos não especificados	0,42
Tratamento de água para abastecimento	0,42

Fonte: Elaborada pelos autores com dados do FEAM (2019).

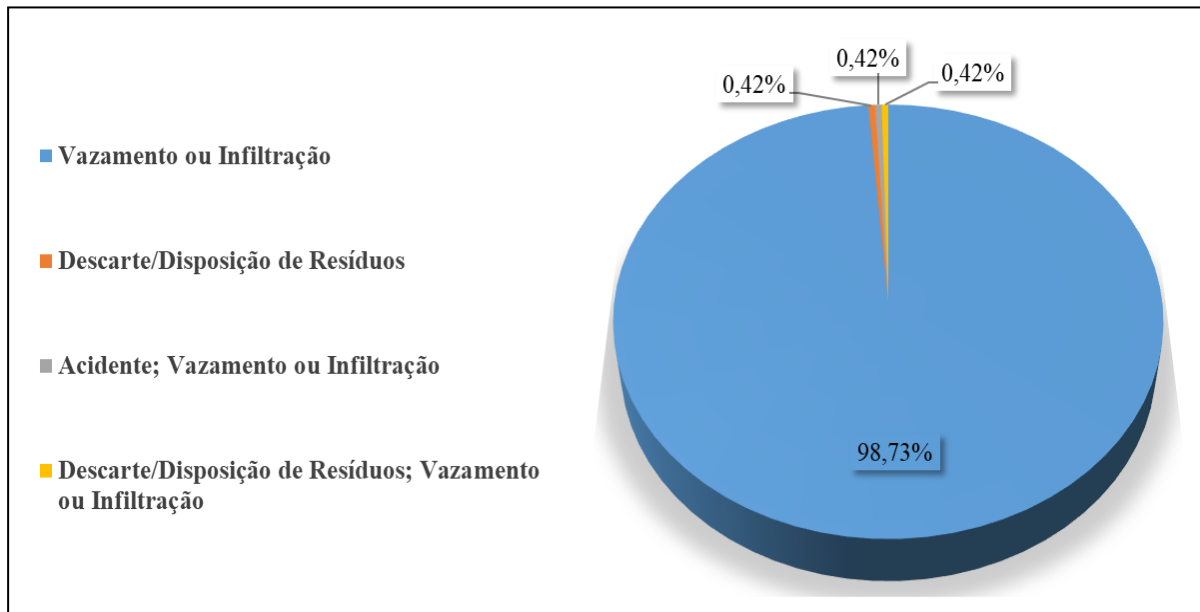
Os postos revendedores de combustíveis se apresentam, portanto, como a principal atividade com potencial poluidor dos solos e águas subterrâneas. Segundo a Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis – ANP (2020), só no estado de Minas Gerais, são registrados 4.519 postos revendedores de combustíveis. Na Bacia Hidrográfica do rio das Velhas o número é de 670, e o declarado no inventário no ano de 2019 foi de 222, ou seja, somente 33% do total.

A contaminação de solos e águas subterrâneas por postos de armazenamento de combustível oferece riscos à saúde humana de forma direta e indireta. No contato direto, pode-se destacar a inalação, a ingestão, o contato com a pele e com os olhos; no contato

indireto, tem-se a ingestão de alimentos e água contaminada com compostos presentes nos combustíveis, que, em sua maioria, são cancerígenos (Freire et al. 2014).

A fonte de contaminação, em 98,73% das áreas se deu por vazamento ou infiltração, como apresenta o gráfico da Figura 4.

Figura 4. Fontes de contaminação.



Fonte: Autores, (2020), modificado de FEAM (2019).

As causas dos vazamentos ou infiltração decorrentes das atividades de postos de combustível, principal atividade registrada, decorrem desde os aspectos construtivos, como a pavimentação mal executada, falhas no assentamento das tubulações que fazem a ligação entre as bombas, além da alvenaria das caixas separadoras que podem não ser impermeabilizadas corretamente. A qualidade e idade dos materiais utilizados também influenciam, tanques e tubulações podem sofrer corrosões ou microfissuras devido à baixa resistência do material (Souza, 2016).

Segundo Neves (2010), a melhor forma de se evitar os impactos ao meio ambiente e à saúde humana é o tratamento criterioso dos problemas envolvendo derramamentos, adotando-se a prevenção como melhor alternativa. Neste contexto, três estratégias fundamentais devem ser seguidas pelos proprietários de tanques de armazenamento subterrâneo: seleção cuidadosa dos novos equipamentos e instalações, instalação adequada dos tanques e imediata detecção dos vazamentos.

Azambuja et al. (2000), afirmam que um dos problemas de difícil solução nas atividades voltadas para a proteção ambiental consiste na avaliação da extensão, dinâmica e

concentração das contaminações provocadas por vazamentos em tanques de combustíveis derivados do petróleo.

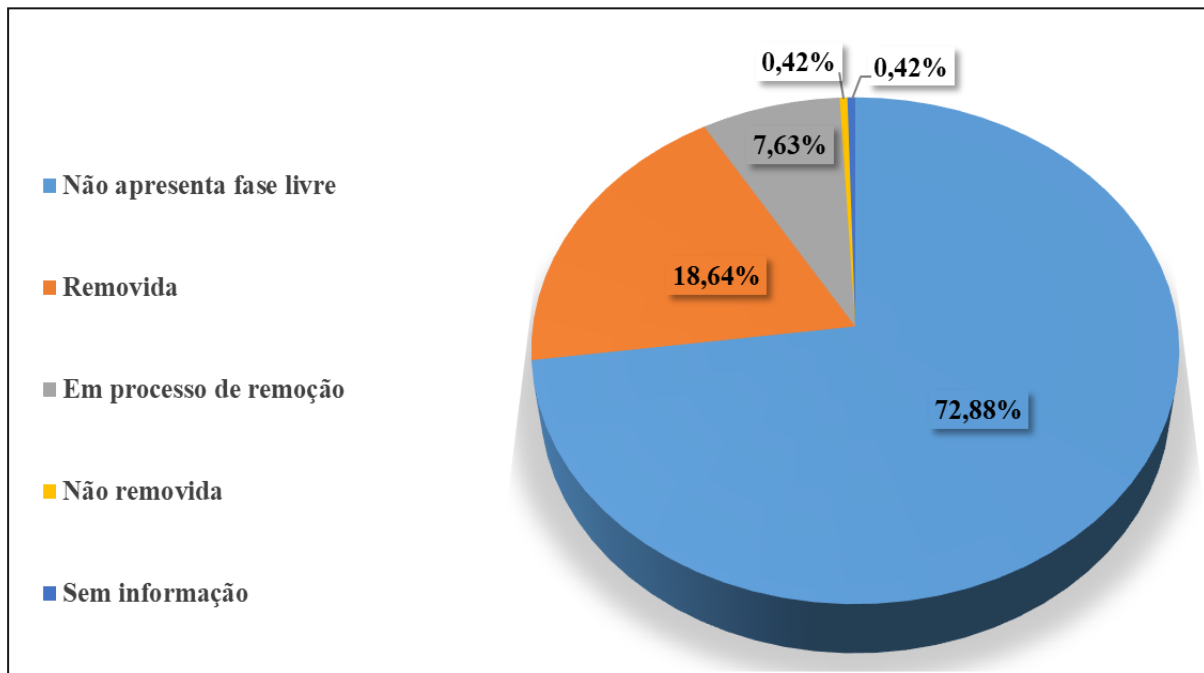
Um dos problemas da contaminação por gasolina, está relacionado com hidrocarbonetos aromáticos, como benzeno, tolueno e xileno que representam cerca de 10 a 59% da composição da gasolina. Estes compostos são tóxicos, possuem maior mobilidade em água e sua solubilidade é de 3 a 5 vezes maior que de outros compostos. Os anéis aromáticos são difíceis de se neutralizar e destruir levando-se a um acúmulo de HPAs tóxicos no ambiente e nos tecidos do corpo humano. Os hidrocarbonetos presentes no petróleo correspondem a uma complexa mistura de componentes, com quatro frações principais: hidrocarbonetos saturados, aromáticos, resinas e asfaltenos. A fração aromática é diferenciada em hidrocarbonetos monoaromáticos, como benzeno, tolueno e xileno (BTEX) e hidrocarbonetos poliaromáticos (Cardoso et al, 2017).

Os compostos monoaromáticos são muito solúveis em água, também possuem grande mobilidade, ou seja, rápida capacidade de deslocamento em meio aquoso. Essa mobilidade em água aumenta pelo efeito de co-solvência, fenômeno que ocorre quando à gasolina, que possui BTEX em sua composição, é acrescido álcool etílico, um co-solvente natural desses compostos. Nesses casos, quando ocorre a contaminação, a gasolina permanecerá no subsolo como líquido de fase não-aquosa, conhecido como NAPL (*non aqueous phase liquid*), e em contato com a água subterrânea, a gasolina se dissolve parcialmente. Dentre as consequências do efeito co-solvência está a possibilidade do aumento da magnitude da contaminação pelo aumento da concentração de contaminantes na água, caso a gasolina entre em contato direto com a água subterrânea (Lopes, 2011; Corseuil e Fernandes, 1999).

Quando há ocorrência de vazamentos ou infiltrações, entre outros, os contaminantes podem se apresentar em fases, e passar de uma para a outra de acordo com suas propriedades físico-químicas e das condições ambientais.

O Inventário de Áreas Contaminadas e Remediadas (FEAM, 2019), apresenta somente informações a respeito da fase livre, que se trata do contaminante imiscível sobrenadante nas águas subterrâneas, e constitui importante fonte secundária de contaminação. A fase livre pode ser removida mediante bombeamento, sendo emergencial sua retirada, pois determina condição de perigo. De acordo com a Figura 5, na Bacia do rio das Velhas 72,88% das áreas declaradas não apresentam fase livre, seguida por 18,64% das áreas com a fase livre já removida e 7,63% em processo de remoção. Apenas em 0,42% das áreas a fase livre ainda não havia sido removida.

Figura 5. Ocorrência de fase livre nas áreas contaminadas.



Fonte: Autores, (2020), modificado de FEAM (2019).

Segundo FEAM (2019), a maior parte das áreas com fase livre advém da atividade de postos de combustíveis, sendo a causa mais comum os vazamentos dos tanques de armazenamento de combustíveis. Para a formação de fase livre, o composto deve estar em quantidade suficiente para atingir o limite de solubilidade do composto na água subterrânea.

Freire et al. (2014), afirmam que no Brasil, a preocupação com o potencial poluente de postos de combustíveis e a concentração de esforços na delimitação de plumas de contaminantes e remediação de aquíferos contaminados é evidente, visto que o consumo de água subterrânea aumentou nessas últimas décadas.

Em 29 de novembro de 2000, o Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) estabeleceu a Resolução nº 273, que estabelece diretrizes para o licenciamento ambiental de postos de combustíveis e serviços e dispõe sobre a prevenção e controle da poluição. Essa Resolução foi alterada posteriormente pela Resolução CONAMA nº 319 de 4 de dezembro de 2002, que dispõe que os postos de combustíveis passaram a ser considerados como empreendimentos potencialmente poluidores, estando submetidos a licenciamento prévio de suas instalações e plano de encerramento de suas atividades, no caso de desativação, a serem aprovados por órgão ambiental competente. Na etapa de licenciamento, os equipamentos e os sistemas de armazenamento e abastecimento devem ser testados e ensaiados para comprovar a inexistência de vazamentos.

4. Considerações Finais

A partir do Inventário de Áreas Contaminadas e Remediadas do estado de Minas Gerais, elaborado pela FEAM, pode se observar que a região hidrográfica com maior número de áreas declaradas é a Bacia do rio das Velhas, mais precisamente na região metropolitana de Belo Horizonte. No ano de 2019, foram registradas em todo o estado, 670 áreas contaminadas e reabilitadas, dessas, 571 tem como contaminantes compostos orgânicos. A Bacia Hidrográfica do rio das Velhas, contém 236 destas áreas contaminadas por compostos orgânicos, das quais 198 áreas somente no município de Belo Horizonte.

Os meios mais impactados, são “solo e águas subterrâneas” conjuntamente, e a principal causa da contaminação é por vazamento ou infiltração. Já a principal atividade responsável pela contaminação foi “Postos revendedores de combustíveis e afins”. Os compostos orgânicos presente nos combustíveis, como por exemplo o BTEX (benzeno, tolueno, etilbenzeno e xileno), podem oferecer riscos à saúde humana e ao meio ambiente. Quanto à classificação das áreas declaradas, a maior parte já se encontra “Reabilitada para uso declarado”.

Segundo a FEAM (2019), a atividade de postos de combustíveis é a preponderante no total de áreas cadastradas em função da legislação ambiental específica voltada para este setor estar mais tempo em vigor e pelo elevado número de empreendimentos dessa atividade.

O número de áreas declaradas na Bacia do rio das Velhas, no que diz respeito a atividade principal, postos revendedores de combustíveis e afins, é baixo em relação ao número expressivo de revendedores registrados no estado. Segundo os dados da ANP, no município de Belo Horizonte, são 284 revendedores autorizados, dos quais 195 foram declarados no Inventário de Áreas contaminadas e remediadas no ano de 2019, correspondendo a 68,66% do total. Número mais expressivo se comparado com o informado em toda a área de estudo.

Apesar dos resultados apresentados no inventário possibilitar a análise da gestão de áreas contaminadas, o número de áreas declaradas ainda é baixo, perto do número de empreendimentos com potencial poluidor.

Sugere-se para trabalhos futuros, realizar a caracterização hidrogeológica da área de estudo, a disponibilidade de água subterrânea, além de verificar a utilização e a qualidade de água subterrâneas nas áreas declaradas, principalmente na região metropolitana de Belo Horizonte, corroborando as informações de remediações informadas no Inventário de Áreas Contaminadas e Remediadas.

Agradecimentos

Os autores agradecem à Universidade Federal de Itajubá (UNIFEI) – Campus Itabira, à Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico – ANA, à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES e ao Programa de Mestrado Profissional em Rede Nacional em Gestão e Regulação dos Recursos Hídricos - ProfÁgua, projeto CAPES/ANA AUXPE nº 2717/2015.

Referências

Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. ANP. (2020). Consulta Posto Web. Recuperado de <http://www.anp.gov.br/distribuicao-e-revenda/revendedor/combustiveis-automotivos-1/consulta-posto-web>.

Azambuja, E.; Cancelier, D. B. & Nanni, A. S. (2000). Contaminação de solos por LNAPL: discussão sobre diagnósticos e remediação. Recuperado de https://www.researchgate.net/profile/Arthur_Nanni/publication/267224644_Contaminacao_dos_solos_por_LNAPL_discussao_sobre_diagnostico_e_remediacao/links/5640ceba08aebaae1f6a5b8/Contaminacao-dos-solos-por-LNAPL-discussao-sobre-diagnostico-e-remediacao.pdf.

BRASIL. (1981). Lei no 6.938, de 31 de agosto de 1981. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília.

Brito, E. Siqueira, I.; da Silva, L.; de Paula, L.; da Silva, V. & Andraus, M. (2018). Contaminação do solo por poluentes derivados de petróleo em postos de combustíveis. *Anuário de Produções Acadêmico-Científicas dos Discentes do Centro Universitário Araguaia*, 7(1), 57 - 63. Recuperado de <http://www.fara.edu.br/sipe/index.php/anuario/article/view/858>.

Cardoso, J. E. T.; Lodi, P. C. & Barros, A. M. T. C. de. (2017). Técnicas Associadas de Remediação de Contaminação da Água e do Solo por Hidrocarbonetos: Estudo de Caso em Posto de Combustível. *Revista Nacional de Gerenciamento de Cidades*, v. 05, n. 36. p. 18-28. Recuperado de:

<https://www.researchgate.net/publication/333177461_tecnicas_associadas_de_remediacao_d_e_contaminacao_da_agua_e_do_solo_por_hidrocarbonetos_estudo_de_caso_em_posto_de_combustivel>.

CBH Rio das Velhas. (2019). Comitê de Bacia Hidrográfica do rio das Velhas. A Bacia Hidrográfica do rio das Velhas. Recuperado de: <<https://cbhvelhas.org.br/a-bacia-hidrografica-do-rio-das-velhas/>>.

Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). (2000). Resolução nº 273. Estabelece diretrizes para o licenciamento ambiental de postos de combustíveis e serviços, prevenção e controle da poluição. Brasil. 2000. Publicada no DOU no 5, de 8 de janeiro de 2001, Seção 1, páginas 20-23.

Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). (2002). Resolução nº 319. Dá nova redação a dispositivos da Resolução CONAMA nº 273/00, de 29 de novembro de 2000, que dispõe sobre a prevenção e controle da poluição em postos de combustíveis e serviços. Brasil. 2002. Publicada no DOU no 245, de 19 de dezembro de 2002, Seção 1, páginas 224-225.

Corseuil, H. X.; Fernandes, M. (1999). Efeito do etanol no aumento da solubilidade de compostos aromáticos presentes na gasolina brasileira. *Revista Engenharia Sanitária e Ambiental*, 4(1/2), 71-75. Recuperado de: <https://rema.ufsc.br/pdfs/1999_artigo_corseuil.pdf>.

FEAM – Fundação Estadual do Meio Ambiente. (2019). FEAM divulga inventário de áreas contaminadas e reabilitadas em Minas. Recuperado de [http://www.feam.br/noticias/1/1693-feam-divulga-inventario-de-areas-e-contaminadas-e-reabilitadas-em-minas#:~:text=As%20%C3%A1reas%20consideradas%20contaminadas%](http://www.feam.br/noticias/1/1693-feam-divulga-inventario-de-areas-e-contaminadas-e-reabilitadas-em-minas#:~:text=As%20%C3%A1reas%20consideradas%20contaminadas%20).

FEAM – Fundação Estadual do Meio Ambiente. (2020). Feam divulga inventário de áreas contaminadas e reabilitadas em Minas Gerais. Recuperado de <http://www.feam.br/banco-de-noticias/1875-feam-publica-inventario-de-areas-contaminadas-e-reabilitadas-em-minas-gerais>

Freire, P. A. de C. F.; Trannin, I. C. de B. & Simões, S. J. C. (2014). Bombeamento e tratamento da fase livre em Aquífero Litorâneo. *Revista Engenharia Sanitária e Ambiental*,

19(4), 461-470. Recuperado de: < <https://www.scielo.br/pdf/esa/v19n4/1413-4152-esa-19-04-0461.pdf> >.

Gil, A. C. (2008). *Método e técnicas de pesquisa social*. (6a ed). São Paulo: Atlas.

Gonçalves, J. A. C. (2005). Reservas Renováveis e Caracterização dos Aquíferos Fissurais do Leste da Zona da Mata de Minas Gerais e Adjacências. *Revista do Instituto de Geociências – USP*, v.5, p. 19-27. Recuperado de: <<https://doi.org/10.5327/S1519-874X2005000100002>>.

Gonçalves, J. A. C.; Almeida, M. S. L.; Ferreira, M. A. M. & Paiva, B. L. F. (2019). Disponibilidade de águas superficiais e subterrâneas na bacia do Rio do peixe – Itabira-MG. *Research, Society and Development*. 2019; 8(12). Recuperado de: <<http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v8i12.1904>>.

Gonçalves, J. A. C.; Lena, J. C.; Paiva, J. F.; Nalini, H. A. & Pereira, J. C. (2007). Arsenic in the groundwater of Ouro Preto (Brazil): its temporal behavior as influenced by the hydric regime and hydrogeology. *Environmental geology*. 53(4), 785-793.

Lima, S. D. et al. (2017). Gerenciamento de áreas contaminadas por postos de combustíveis em Cuiabá, Mato Grosso, Brasil. *Revista Ambiente e Água*. 2017, 12(2), 299-315. ISSN 1980-993X. Recuperado de: <<https://doi.org/10.4136/ambi-agua.1872>>.

Lisboa, E. G.; Mendes, R. L. R. & Bello, L. A. L. (2016). Mapeamento do risco de contaminação das águas subterrâneas em zonas urbanas: proposta de um índice de perigo fuzzy-AHP. *Revista da Universidade Vale do Rio Verde, Três Corações*, 14(2), 777-799, ago./dez. 2016. Recuperado de: < <http://periodicos.unincor.br/index.php/revistaunincor/article/view/3282> >.

Lopes, V. S. de M. (2017). Avaliação Preliminar da contaminação por BTEX, em água subterrânea de poços tubulares, no município de Natal-RN. (Dissertação de Mestrado). 70f. Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Centro de Tecnologia. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção. Natal, RN.

Maciel, G. A.; Sobreira, D. E. de L. S.; Pacheco, G. A. G.; Pontes, L. F. M.; Silva, P. L. &

Silva, G. S. da. (2015). Contaminação do subsolo por hidrocarbonetos do petróleo. *Ciências exatas e tecnológicas*, Maceió, 3(1), 57-64. Recuperado de <https://periodicos.set.edu.br/index.php/fitsexatas/article/download/2639/1529>.

Neves, A. A. C. (2010). Estudo sobre resíduos sólidos em postos de combustíveis, funilarias e estabelecimentos de lavagem automotiva no município de São Carlos, visando Indicadores de Sustentabilidade. 181f. Tese (Doutorado em Engenharia Ambiental). Programa de Pós-Graduação e área de Concentração em Ciências e Engenharia Ambiental. Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo. São Paulo.

Pereira, A. S., et al. (2018). *Metodologia da pesquisa científica*. [e-book]. Santa Maria. Ed. UAB/NTE/UFSM. Recuperado de https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/15824/Lic_Computacao_Metodologia-Pesquisa-Cientifica.pdf?sequence=1.

Souza, R. B. G. (2016). Avaliação da contaminação por hidrocarbonetos do solo e da água da região de Avaré. 168p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental). Universidade Estadual Paulista, Bauru.

Vasconcelos, B. da S.; Santos, M. de L. L. M. dos; Vilela, M. M. de O. P; Carvalho, T. D. de; Fonseca, F. L. A.; Silva, O. R. da; Junqueira, V. B. C.; Azzalis, L. A. & Soldá, P. L. (2014). Áreas contaminadas por postos de combustível e medidas de remediação no município de São Bernardo do Campo. *Saúde E Meio Ambiente: Revista Interdisciplinar*, 3(1), 73-83. Recuperado de <https://doi.org/10.24302/sma.v3i1.539>

Villar, Pilar Carolina. (2016). As águas subterrâneas e o direito à água em um contexto de crise. *Ambiente & Sociedade*, v. 19(1), 85-102. Recuperado de <https://doi.org/10.1590/1809-4422asoc150126r1v19i2016>

Porcentagem de contribuição de cada autor no manuscrito

Grazielle Cristina Assis Carneiro – 30%

Dimária Aparecida Fernandes Dias – 30%

Eliny Rodrigues Fonseca – 30%

José Augusto Costa Gonçalves – 10%