

AVALIAÇÃO PRELIMINAR DE PASSIVOS AMBIENTAIS EM ÁREA DE DEPOSIÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS

PRELIMINARY EVALUATION OF ENVIRONMENTAL LIABILITIES IN URBAN SOLID WASTE DEPOSIT AREA

Josiane de Moura ROMAGNOLI¹; Ludmila A. S. Oliani SILVA¹; Edgar Manuel Miranda SAMUDIO²

1. Graduação em Engenharia Civil da USF – Universidade São Francisco – Campus Bragança Paulista – SP, Brasil.
2. Doutor e Mestre em Engenharia Civil pela Escola Politécnica da Universidade de São Paulo - EPUSP; Engenheiro Civil pela Universidade Tecnológica do Panamá - UTP. Engenheiro Consultor da Empresa Susten Centrista Soluções Ambientais Ltda.
E-mail: samudio@alumni.usp.br

RESUMO

A partir do processo de evolução da humanidade, o homem passou a produzir cada vez mais bens de consumo, gerando grandes quantidades de resíduos, o que vem causando danos à saúde humana e ao meio ambiente. Do ponto de vista do saneamento ambiental, os resíduos sólidos urbanos podem ser considerados um dos maiores problemas ambientais da atualidade, porque sua destinação final inadequada pode causar poluição do solo, dos recursos hídricos e do ar. Utiliza-se uma técnica mais apropriada para a disposição dos resíduos sólidos, o aterro sanitário, que utiliza métodos de engenharia visando minimizar os impactos ambientais. Mas mesmo assim os aterros sanitários causam a contaminação do solo e poluição das águas superficiais e subterrâneas. Dessa forma, o presente trabalho tem por objetivo desenvolver o estudo de passivos ambientais em áreas de deposição de resíduos sólidos urbanos, no aterro sanitário da cidade de Itapira – SP, visando diagnosticar a situação de existência ou não de passivos ambientais. Para tanto escolheu-se o método proposto pela CETESB, destacadamente procedimentos de avaliação preliminar e investigação confirmatória, e na legislação federal que trata dos resíduos sólidos.

Palavras-chave: Aterro sanitário; gestão ambiental; resíduos sólidos; sustentabilidade.

ABSTRACT

From the process of evolution of humanity, man began to produce more and more consumer goods, generating large amounts of waste, which has caused damage to human health and the environment. From the point of view of environmental sanitation, urban solid waste can be considered one of the biggest environmental problems today, because its inadequate final destination can cause pollution of soil, water resources and air. A more appropriate technique is used for the disposal of solid waste, the landfill, which uses engineering methods to minimize environmental impacts. But even so, landfills cause soil contamination and pollution of surface and groundwater. Thus, the present work aims to develop the study of environmental liabilities in areas of deposition of urban solid waste, in the landfill of the city of Itapira - SP, aiming to diagnose the situation of existence or not of environmental liabilities. For this purpose, the method proposed by CETESB was chosen, namely preliminary assessment procedures and confirmatory investigation, and in the federal legislation that deals with solid waste (PNRS - Law 12.305 / 2010).

Keywords: Landfill; environmental management; solid waste; sustainability.

Recebimento dos originais: 30/12/2020

Aceitação para publicação: 06/01/2021

INTRODUÇÃO

Enquanto o homem manteve hábitos nômades, os restos produzidos por suas atividades não eram motivo de preocupação. Uma vez reunidos em grupos maiores e fixos em lugares que se transformaram em centros populacionais produtores de grandes quantidades e variedades de resíduos, a convivência com o “lixo” e as consequências decorrentes deste fato passaram a ser inevitáveis. Os resíduos sólidos urbanos (RSU) contribuem direta ou indiretamente para a poluição ambiental. Quando descartados de forma inadequada podem causar impactos socioambientais, como a poluição dos solos, dos recursos hídricos e do ar, aumentando a proliferação dos vetores transmissores de doenças, como a febre tifoide, a peste bubônica, febre amarela, malária, leptospirose, dengue e alterações neurológicas.

Com a finalidade da criação de diretrizes para a solução de temas como a gestão ambiental de rejeitos (resíduos sólidos), recursos naturais (reservas hídricas), cumprimento de acordos internacionais (gases de efeito estufa) e melhorias públicas (saneamento básico), foram criadas políticas ambientais e leis integradas à Política Nacional. Após vinte e um anos de tramitação no Congresso Nacional, foi instituída a Lei Federal nº 12.305 de 03 de agosto de 2010, a qual trata da Política Nacional dos Resíduos Sólidos¹ (PNRS), que define princípios, objetivos, instrumentos e diretrizes para a gestão e gerenciamento dos resíduos sólidos.

Todavia, o gerenciamento de resíduos sólidos caminha a passos lentos no Brasil, tendo em vista a grande quantidade de aterros controlados e lixões a céu aberto ainda em funcionamento no país. De acordo com Berticelli, Korf e Pandolfo (2017), existem diversos tipos de tratamentos para os diferentes resíduos, os quais compreendem uma série de procedimentos físicos, químicos e biológicos, os quais visam diminuir a carga poluidora no meio ambiente, reduzir os impactos sanitários negativos do homem e o beneficiamento econômico do resíduo sólido urbano.

No Brasil, a prática mais aceita para o tratamento dos RSU é a disposição final em aterros sanitários, os quais precisam ser operados, mantidos e monitorados constantemente já que os mesmos podem virar aterros controlados e lixões em pequenos períodos de tempo. O objetivo deste trabalho é averiguar a existência de contaminação na área do antigo Aterro Sanitário da Cidade de Itapira-SP, seguindo a metodologia publicada pela Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (CETESB) e o Manual de Gerenciamento de Áreas Contaminadas para a realização das etapas de avaliação preliminar e investigação confirmatória.

RESÍDUOS SÓLIDOS

Um dos maiores problemas ambientais existentes é a geração excessiva dos resíduos sólidos e sua disposição final. O mau destino dado aos resíduos sólidos impõe a necessidade de substituir os lixões a céu aberto por aterros sanitários como medida de proteção ambiental.

¹ BRASIL. Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. [S. l.], p. 1-21, 2010. Disponível em: <http://iberbrasil.org.br/lei-12305-10.pdf>. Acesso em: 4 set. 2019.

Usar a expressão resíduos sólidos é muito mais apropriada do que o termo “lixo”, uma vez que este se dá a ideia de material sujo e sem serventia, sem reaproveitamento. De acordo com a Lei Federal nº 12.305/10, que trata da PNRS, são considerados resíduos sólidos:

[...] todo material, substância, objeto ou bem descartado resultante de atividades humanas em sociedade, a cuja destinação final se procede, se propõe proceder ou se está obrigado a proceder, nos estados sólido ou semissólido, bem como gases contidos em recipientes e líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou em corpos d'água, ou exijam para isso soluções técnica ou economicamente inviáveis em face da melhor tecnologia disponível. (BRASIL, 2010).

A origem é o principal elemento para a caracterização dos resíduos sólidos. Segundo este critério, a NBR 10004 da ABNT (2004, p. 2), classifica os resíduos sólidos pela sua origem nas seguintes categorias: Doméstico: gerado basicamente em residências; Comercial: gerado pelo setor comercial e de serviços; Industrial: gerado por indústrias (classe I, II e III); Hospitalares: gerado por hospitais, farmácias, clínicas, etc.; Especial: podas de jardins, entulhos de construções e animais mortos.

Para o tratamento e disposição de RSU, existem quatro sistemas básicos, que se baseiam na triagem, nos tratamentos biológicos, incineração e aterros sanitários.

Quadro 1 – Evolução dos sistemas de tratamento dos resíduos sólidos urbanos.

Sistemas Básicos	Processos	Evolução	Produtos	Inovação
Triagem	Físico	Coleta Seletiva Tratamento Mecânico-Biológico (TBM)	Matéria Prima para Reciclagem e Energia	Recuperação dos resíduos (Waste to Resources- WTR) Energia derivada dos resíduos (Waste to Energy- WTE)
Tratamento Biológico	Biológico	Biodigestores Anaeróbios Compostagem	Composto Orgânico e Energia	Agricultura e Energia derivada dos resíduos (Waste to Energy- WTE)
Incineração	Físico-químico	Tratamento Térmico	Vapor e Energia Elétrica	Energia derivada dos resíduos (Waste to Energy- WTE)
Aterro Sanitário	Físico, Químico e Biológico	Reator Anaeróbio Tratamento da Matéria Orgânica	Biogás (Energia) e Lixiviado	Energia derivada dos resíduos (Waste to Energy- WTE) e Fertilizantes

Fonte: Análise das Diversas Tecnologias de Tratamento e Disposição Final de Resíduos Sólidos no Brasil, Europa, Estados Unidos e Japão (JUCÁ *et al*, 2013).

PASSIVOS AMBIENTAIS

O termo passivo ambiental tem sido largamente empregado para denominar ambientes poluídos ou contaminados, porém, hoje em dia tem sido associado aos custos decorrentes às remediações dessas áreas.

O estudo dos passivos ambientais em aterros sanitários compreende um conjunto de procedimentos de investigação para avaliar a existência ou não de contaminação, estudando a área afetada, a quantidade e os tipos de contaminantes, bem como a previsão e o comportamento da contaminação no meio físico. Esse estudo ou diagnóstico da área contaminada visa fornecer informações para projetos de revitalização da área ou remediação, bem como seu encerramento.

Para melhor compreensão, segundo a ABNT NBR 15.515-1 (2007, p. 1), aterro sanitário se define em: “uma técnica de disposição de resíduos no solo, sem causar danos à saúde pública e à sua segurança, minimizando os impactos ambientais, método este que utiliza de princípios de engenharia para confinar os resíduos sólidos à menor área possível e reduzi-los ao menor volume permissível, cobrindo-os com uma camada de terra na conclusão de cada jornada de trabalho ou a intervalos menores, se necessário”.

De acordo com Oliveira (BANCO MUNDIAL, 1994 apud OLIVEIRA et al., 2004, p. 34), os impactos causados por aterros sanitários são:

- Tráfego de veículos pesados e tratores que geram ruídos, poluentes atmosféricos;
- Liberação de gases, odor e material particulado;
- Degradação da paisagem gerando o impacto estético;
- Degradação do meio biológico (morte de espécies vegetais, morte e fuga de animais, desenvolvimento de vetores de doenças, destruição da camada orgânica do solo);
- Geração de lixiviado (lixiviação mais solubilização);
- Contaminação do solo por metais pesados, sais, hidrocarboneto clorado e microrganismos patogênicos contidos na massa de resíduos;
- Poluição das águas superficiais e subterrâneas através de percolado e chorume;

Dentre os impactos causados por aterro sanitário, destaca-se a contaminação do solo e a poluição das águas superficiais e subterrâneas. A metodologia para a investigação de áreas contaminadas (AC), consiste em uma estratégia desenvolvida por seis etapas sequenciais, onde a informação obtida em cada etapa é a base para a execução da etapa posterior. As etapas a serem seguidas são: Identificação de Áreas com Potencial de Contaminação; Priorização de Áreas com Potencial de Contaminação; Avaliação Preliminar; Investigação Confirmatória; Investigação Detalhada e Avaliação de Risco.

AVALIAÇÃO PRELIMINAR E INVESTIGAÇÃO CONFIRMATÓRIA

A avaliação preliminar se inicia com base nas informações disponíveis com relação ao empreendimento, seja ele público ou privado, afim de fundamentar a suspeita de contaminação da área. O objetivo é identificar as fontes primárias e potencialidades de contaminação com base na caracterização das atividades historicamente desenvolvidas ou em desenvolvimento no local, assim como entrevistas, inspeções em campo, análises de fotos e imagens aéreas. Já a investigação confirmatória é realizada afim de comprovar a existência de contaminação, através dos métodos diretos e indiretos de investigação. Os métodos diretos compreendem a retirada de amostras de solo, de gases e de águas subterrâneas, enquanto que os métodos indiretos são obtidos por meio do uso de sensores especiais, normalmente instalados na superfície do terreno, mais conhecido como estudos geofísicos.

De acordo com o Art. 27º do Decreto nº 59.263/2013², a realização de Avaliação Preliminar e Investigação Confirmatória independe de solicitação ou exigência da CETESB, sendo obrigação do responsável legal para os terrenos enquadrados nos seguintes casos considerados prioritários:

I - Áreas com Potencial de Contaminação (AP) localizadas em regiões onde ocorreu ou está ocorrendo mudança de uso do solo, especialmente para uso residencial ou comercial;

II - Áreas com Potencial de Contaminação (AP) localizadas em regiões com evidências de contaminação regional de solo e de água subterrânea;

III - Áreas com Potencial de Contaminação (AP) cuja atividade foi considerada como prioritária para o licenciamento da CETESB;

METODOLOGIA

Visando a continuidade aos estudos do Plano de Encerramento do Aterro Sanitário de Itapira elaborado em maio de 2014 (Relatório Técnico 137171-205 IPS – Instituto de Pesquisas Tecnológicas) o presente Monitoramento Ambiental se trata de um estudo prévio e tem como objetivo demonstrar as atuais condições ambientais do lençol freático na área de influência do Aterro sanitário que atualmente está em operação, bem como avaliar a dinâmica de dispersão do biogás gerado em decorrência da decomposição da massa de resíduos sanitários.

CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O município de Itapira possui uma área total de 654 km², estando localizado na porção nordeste do estado de São Paulo e distando, aproximadamente, 170 km da capital paulista, com acesso principal sendo feito pelas rodovias Anhanguera e Bandeirantes até Campinas; rodovia Dom Pedro I (SP-65) até a SP- 342 sentido Mogi Mirim; SP-347 até Itapira e SP-352 sentido Jacutinga. Seus municípios limítrofes são Mogi Mirim, Mogi Guaçu, Espírito Santo do Pinhal, Águas de Lindóia, Serra Negra, Amparo, Santo Antônio de Posse, Lindóia, em São Paulo, e Monte Sião e Jacutinga, em Minas Gerais.

O local de implantação do aterro sanitário atualmente em operação é rodeado exclusivamente por uma plantação de cana de açúcar e eucalipto, e se localiza à cerca de 11 km a nordeste do centro do município, no Distrito de Barão Ataliba Nogueira Figura 1. O entorno da região de estudo é cercada por cultivo de cana de açúcar e plantação de eucalipto, sendo o aterro sanitário em operação distante de núcleos residências, o que implica em uma ausência de vegetação de relevante interesse ambiental e, conseqüentemente, ausência de fauna expressiva.

² BRASIL. **Decreto nº 59.263, de 5 de junho de 2013**. Regulamenta a Lei nº 13.577, de 8 de julho de 2009, que dispõe sobre diretrizes e procedimentos para a proteção da qualidade do solo e gerenciamento de áreas contaminadas, e dá providências correlatas. [S. l.], 2013.



Figura 1. Limites do Aterro Sanitário em operação (Fonte: GPS Engenharia, 2020).

GEOLOGIA REGIONAL

Segundo IPT (1982) as áreas do atual e do futuro aterro de resíduos do município de Itapira estão localizadas sobre o denominado Bloco Itapira que é constituído por uma grande variedade litológica incluindo gnaisses, migmatitos, anfíbolitos, xistos, quartzo xistos, quartzitos, mármore, meta-ultrabásitos e gnditos.

Regionalmente, são reconhecidas duas unidades litoestratigráficas principais: Grupo Amparo, constituído essencialmente por gnaisses e gnaisses migmatíticos de idade arqueana a paleoproterozoica, e o Grupo Itapira, composto por rochas metassedimentares (de baixo e alto grau metamórficos) originadas por sedimentos plataformais rasos progradantes. Associado às litologias desse Grupo aflora, regionalmente, mais de uma dezena de corpos gondíticos que apresentam, em maior ou menor grau, clássicos perfis de alteração intempérica com enriquecimento em óxidos e hidróxidos de manganês (Angeli, N. et al, 2011), e idades que variam do Arqueano ao Neoproterozóico (Wernick 1978, Artur 1980, Wernick *et al.* 1976, Tassinari & Campos Neto 1988, Tassinari *et al.* 2001, Fetter *et al.* 2001).

Os gnaisses são em geral de coloração clara, bandados ou finamente laminados com granulação fina a média, ocorrendo intercalados com quartzitos e quartzo xistos em geral com espessuras decimétricas a métricas que podem atingir extensão quilométrica. Em linhas gerais são rochas de granulação média, de coloração clara, compostas por quartzo, feldspatos e muscovita.

HIDROGEOLOGIA REGIONAL

Segundo o mapa de águas subterrâneas do Estado de São Paulo (DAEE/IG/IPT/CPRM, 2005), regionalmente o município de Itapira localiza-se no domínio do aquífero fraturado, sendo constituído por rochas pré-cambrianas (mais antigas que 542 milhões de anos), correspondentes a rochas metamórficas (гнаisses, xistos, quartzitos, entre outras) e rochas ígneas (granitos maciços e foliados). É do tipo que possui porosidade por fraturas, sendo bastante heterogêneo onde a rocha se apresenta sem alteração, podendo assumir comportamento similar de meio granular em sua porção onde a rocha se apresenta alterada.

O potencial de produção de águas subterrâneas do aquífero fraturado é, de modo geral, mais baixo que o dos aquíferos granulares, o que não o qualifica para abastecimento de grandes metrópoles. Entretanto, é de grande importância para o abastecimento local de pequenas propriedades, indústrias, propriedades rurais e condomínios.

Verifica-se à jusante da área de estudo a existência de córrego afluente direto do Rio do Peixe, conforme demonstrado em foto aérea Figura 2. O rio do Peixe, percorre 147,2 Km, banhando diretamente cinco municípios, a saber: Munhoz, Socorro, Serra Negra, Lindóia e Itapira. Sua bacia tem área de drenagem de aproximadamente 1700 km² onde residem cerca de 275mil habitantes, distribuídos em onze municípios. Cinco do sul de Minas Gerais (Bom Repouso, Bueno Brandão, Monte Sião, Munhoz e Senador Amaral) e seis do leste paulista (Águas de Lindóia, Amparo, Itapira, Lindóia, Serra Negra e Socorro).

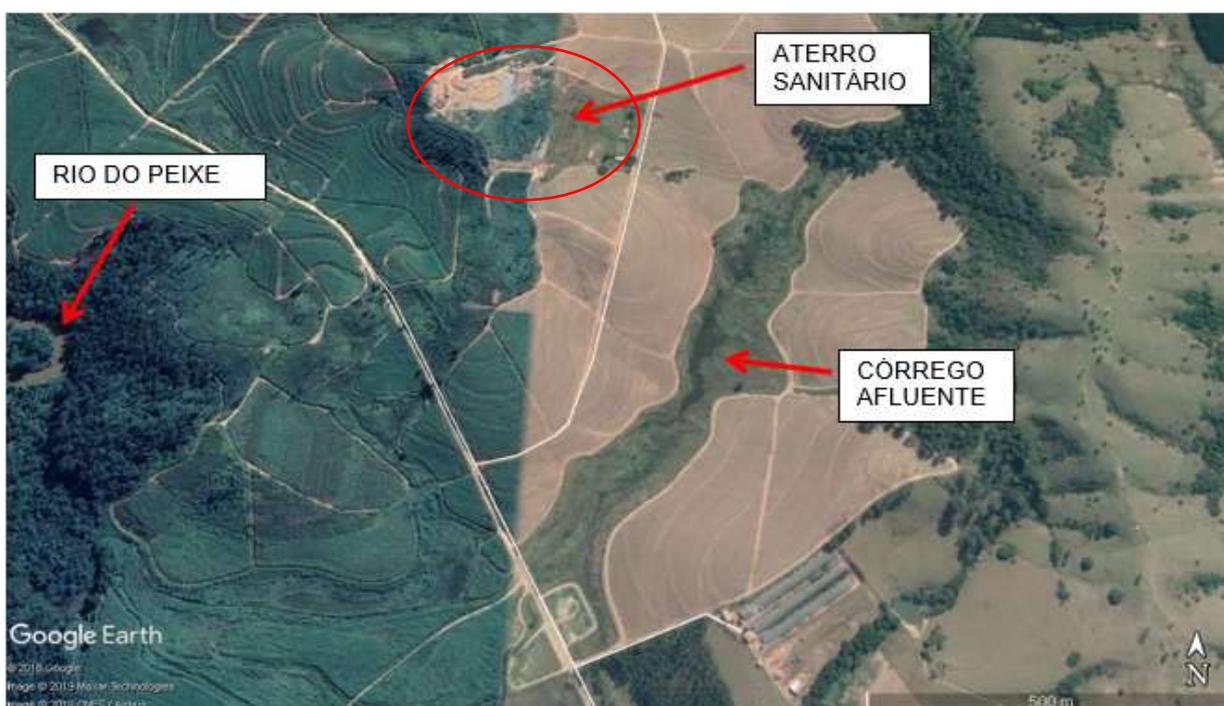


Figura 2. Indicação Hidrogeológica (Fonte: GPS Engenharia, 2020).

DETALHAMENTO DO ESTUDO

O gerenciamento criterioso da disposição dos resíduos sólidos tem como objetivo controlar e prevenir a poluição ambiental. Assim, o órgão ambiental do Estado de São Paulo (CETESB) publica, um Inventário Estadual de Resíduos Sólidos Domiciliares que contém um Índice de Qualidade de Aterros de Resíduos (IQR), por meio do qual é possível monitorar como os municípios paulistas destinam seus resíduos e corrigir eventuais problemas.

Tabela 1. Enquadramento das condições das instalações de tratamento e/ou disposição final de resíduos sólidos domiciliares em função dos índices IQR

IQR	Enquadramento
-----	---------------

0,00 a 7,0	Condições Inadequadas (I)
7,1 a 10,0	Condições Adequadas (A)

Fonte: CETESB, 2018.

O IQR do município, apontado pela CETESB (2018), é de 7,1, ou seja, encontra-se em condições adequadas de operação. Segundo a CETESB (2018), em Itapira são produzidas 55,14 toneladas por dia de lixo e, nos últimos anos, o município vem dispendo seus resíduos de forma controlada ou adequada. A cidade de Itapira conta com coleta de resíduos domiciliares e coleta seletiva. O último censo demográfico realizado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE apontou para o município de Itapira uma população de 74.299 habitantes (IBGE, 2018). O atual aterro sanitário de Itapira foi inaugurado em 2002, projeto para uma vida útil de 13 anos, o qual deveria ter encerrado em 2015, mas continua em operação até hoje até a finalização do novo aterro, que está previsto para o mês de setembro de 2020.

Visando a verificação de eventuais impactos nas águas subterrâneas e condições de risco em virtude da migração de metano através do subsolo o presente estudo previu a realização das seguintes ações descritas a seguir. Em relação ao impacto nas águas subterrâneas, optou-se pelo seu monitoramento através da realização de campanha de coleta de amostras de águas subterrâneas em 4 poços de monitoramento existentes à jusante do aterro sanitário. De forma a ampliar o grupo de substâncias químicas analisadas pelo IPT através do Relatório Técnico 137171-205 IPS de maio de 2014, o qual analisou parâmetros referentes aos principais elementos físico-químicos definidos no padrão de potabilidade estabelecido pela Portaria MS-2914, de 12 de dezembro de 2011 (Ministério da Saúde, 2011), o presente Laudo previu uma abordagem mais ampla de elementos químicos.

Considerando que o chorume gerado por resíduos urbanos pode ser considerado uma matriz composta por quatro grupos principais: matéria orgânica dissolvida, macrocomponentes inorgânicos, metais de interesse à saúde e compostos orgânicos xenobióticos, foi requerida análise química das substâncias químicas que compõe os grupos citados, sendo seus resultados comparados à lista de Valores orientados para solo e águas subterrâneas no Estado de São Paulo, conforme DD 256/2016/E (os parâmetros que não possuem limites definidos pela DD/256 foram comparados à portaria MS-2914 como referência).

Em relação ao monitoramento de gases gerados a partir dos resíduos descartados, foi prevista uma rede de pontos de monitoramento no entorno do aterro de resíduos visando a verificação de migração de gases pelo subsolo para áreas contíguas a área do aterro. Nessa etapa foram construídos 10 poços para monitoramento de biogás.

MONITORAMENTO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

Para realização do presente estudo foram utilizados 4 poços de monitoramento de águas subterrâneas devidamente instalados na área à jusante do aterro sanitário, sendo 3 poços instalados na área onde se pretende instalar nova fase do aterro após o encerramento da Atual.

Conforme verificado no Relatório Técnico 137171-205 IPT do Instituto de Pesquisas Tecnológicas, a instalação dos poços de monitoramento ficou a cargo da Empresa Planterra Ambiental, sendo que os poços foram instalados em 4 das 12 sondagens executadas sendo denominados respectivamente como PM-1, instalado na área do atual aterro sanitário e PM-2, PM-3 e

PM-4, instalados na área nova. A instalação seguiu as especificações das Normas ABNT NBR 15495-1 (ABNT, 2007) e ABNT NBR 15495-2 (ABNT, 2008).

Tabela 2. Indicação da instalação dos poços de monitoramento de águas subterrâneas.

Identificação dos poços de monitoramento	Coordenada UTM m E	Coordenada UTM m S	Profundidade Sondagem (m)	Local de Instalação
PM-01	320.127	7.521.650	9,0 m	Instalado à jusante do aterro em operação.
PM-02	320.070	7.521.592	24,78 m	Divisa do aterro em operação e a nova área prevista.
PM-03	320.215	7.521.532	8,0 m	À jusante da nova área e do aterro em operação.
PM-04	320.185	7.521.347	18,0 m	À jusante da nova área e do aterro em operação.

Fonte: Adaptada de GPS Engenharia, 2020.

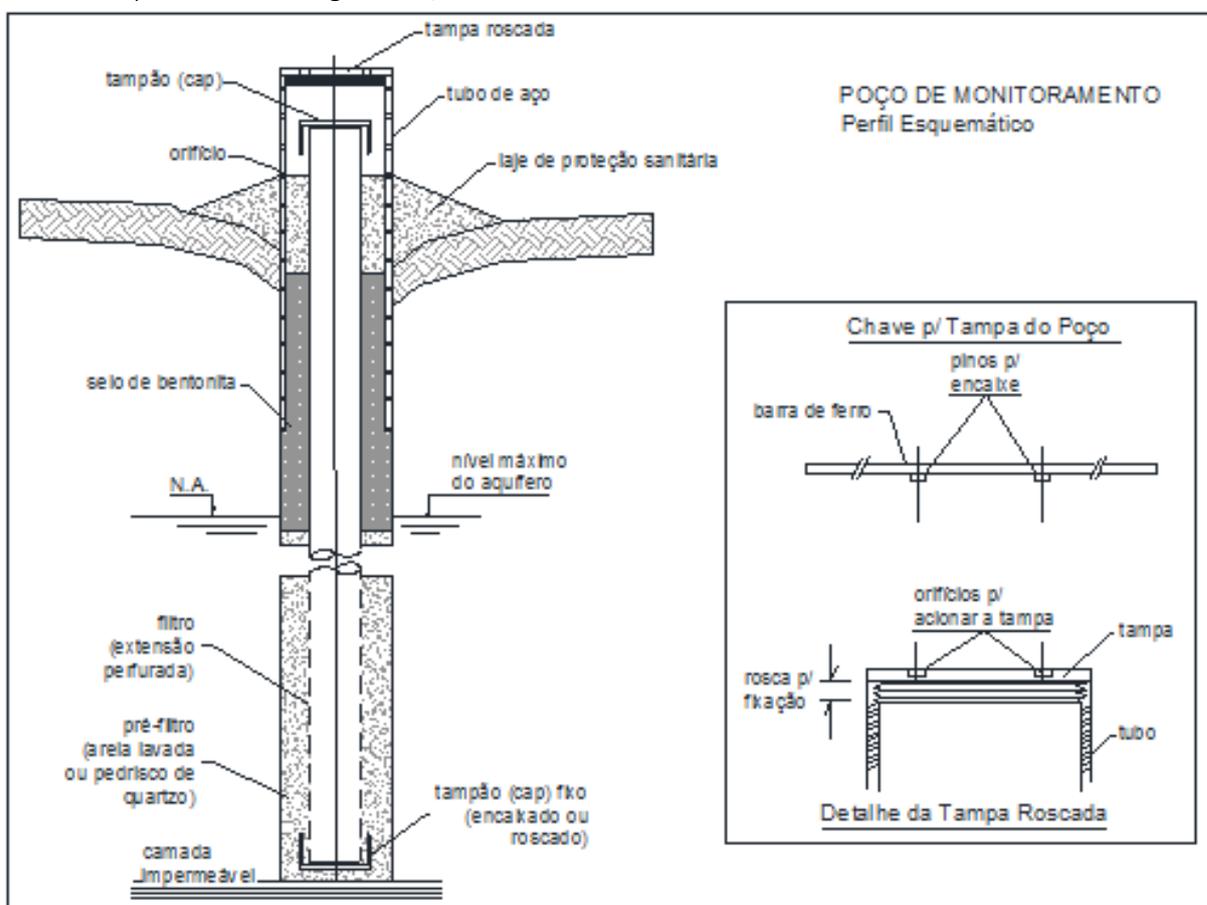


Figura 3. Perfil esquemático dos poços de monitoramento (Fonte: GPS Engenharia, 2020). Campanha de Coleta de Amostras de águas subterrâneas

Tabela 3. Indicação de carga hidráulica dos poços de monitoramento.

Medições de nível de água, espessura de fase livre, cotas relativas e cargas hidráulicas dos poços de monitoramento

Poço	Cota (m)	Profundidade (m)	N.A (m)	Carga hidráulica
PM-01	659,00	9,00	3,93	655,07
PM-02	673,00	24,78	20,12	652,88
PM-03	654,00	8,00	5,49	648,51
PM-04	654,00	18,00	14,32	639,68

Fonte: Adaptada de GPS Engenharia, 2020.

A campanha de amostragem de águas subterrâneas foi realizada nos dias 22 e 23 de maio de 2019, contemplou a coleta de 04 poços de monitoramento instalados na região através da metodologia de amostragem por sistema de baixa vazão. Todo procedimento de amostragem e análises químicas foram realizados por laboratório SGS Environ Ltda. devidamente acreditado pelo INMETRO para metodologia utilizada.

As amostras coletadas foram submetidas a análises dos seguintes parâmetros: Compostos orgânicos voláteis e semivoláteis, varredura de metais, TPH, PCBs, Carbono orgânico e inorgânico, Cianeto, Cloreto, Nitrato, Sulfato, Nitrogênio Amoniacal, Alcalinidade, Ácidos Haloacéticos e Dalapon.

A qualidade das amostras não foi alterada pelo frasco, transporte, temperatura e tempo decorrido entre a coleta e a análise. Não foi constatada a presença de anomalias visuais nas amostras durante a campanha de coleta de amostras de águas subterrâneas no local.

MONITORAMENTO DE GASES

Foram realizadas sondagens para instalação dos 10 poços de monitoramento na área do aterro sanitário e seu entorno no dia 10 de maio de 2019. Os poços foram instalados de maneira a possibilitar a verificação da dinâmica de dispersão de Biogás no subsolo na área do aterro e no seu entorno imediato, desta forma sendo possível verificar se há riscos iminentes em decorrência de sua propagação.

Os poços foram construídos de forma a possibilitar a sua coleta conforme procedimentos mantidos pelo laboratório responsável. A seguir estão demonstrados o Perfil esquemático dos poços, bem como tabela com o posicionamento e características dos poços – figura 4.

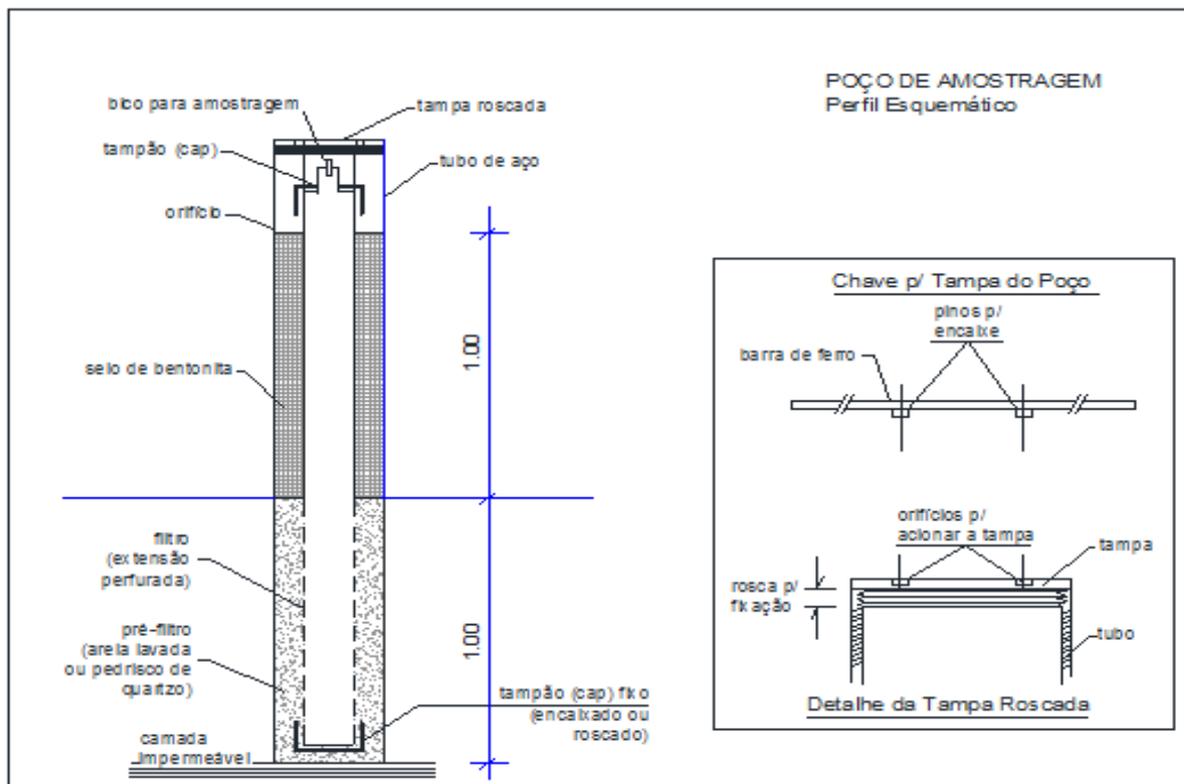


Figura 4. Perfil esquemático dos poços construídos (Fonte: GPS Engenharia, 2020).

Tabela 4. Indicação da instalação dos poços de vapor.

Identificação dos poços	Coordenada UTM m E	Coordenada UTM m S	Profundidade Sondagem (m)	Local de Instalação
PV-01	320.161	7.521.574	1,0 m	Local coberto em frente a antiga guarita desativada.
PV-02	320.159	7.521.642	1,0 m	Em frente ao tanque de acúmulo de chorume.
PV-03	320.031	7.521.532	1,0 m	Posição sul, limite do aterro ao lado do poço de monitoramento PM-02.
PV-04	320.038	7.521.643	1,0 m	Centro do aterro.
PV-05	319.945	7.521.556	1,0 m	Posição sul, à montante do PV-03.
PV-06	320.087	7.521.783	1,0 m	Posição norte, via de acesso limite do aterro.
PV-07	319.949	7.521.783	1,0 m	Posição oeste, limite da

				atual área de disposição de resíduos.
PV-08	319.859	7.521.747	1,0 m	Posição oeste, próximo ao acesso de veículos do aterro.
PV-09	319.869	7.521.656	1,0 m	Posição sul, interior do aterro.
PV-10	319.814	7.521.725	1,0 m	Posição sul, limite do aterro.

Fonte: Adaptada de GPS Engenharia, 2020.

CAMPANHA DE COLETA DE AMOSTRAS DE BIOGÁS

A campanha de amostragem de biogás foi realizada nos dias 22 e 23 de maio de 2019, contemplou a coleta de 10 poços de monitoramento na região. Todo procedimento de amostragem e análises químicas foram realizados por laboratório SGS Environ Ltda devidamente acreditado pelo INMETRO para metodologia utilizada figura 5. As amostras coletadas foram submetidas a análises de Biogás, sendo avaliadas as seguintes substâncias químicas: Dióxido de Carbono, Hidrocarbonetos C2 a C5, Hidrogênio, Metano, Monóxido de Carbono, Oxigênio e Nitrogênio.



Figura 5. Amostragem de Biogás nos Poços PV-01 e PV-04 (Fonte: GPS Engenharia, 2020)

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Resultados das análises para águas subterrâneas

A seguir estão relacionados os resultados das análises químicas obtidos na campanha de coleta de amostras de águas subterrâneas realizadas em maio de 2019, visando à quantificação das concentrações definidas para elaboração do presente monitoramento.

Tabela 5. Resultados das amostras para águas subterrâneas realizadas em maio de 2019.

	Unid.	VMP	PM-01	PM-02	PM-03	PM-04
Parâmetros						
pH		6,0 a 9,5*	6,12	5,75	4,99	5,80
Nitrogênio Amoniacal	mg/L	-	0,11	0,09	< 0,05	0,08
Cloreto	mg/L	250**	32,50	350,8	6,50	9,00
Sulfato	mg/L	250**	< 10,00	< 10,00	< 10,00	10,00
Nitrato	mg/L	10*	2,90	90,60	6,70	< 0,90
Cianeto Total	mg/L	0,07*	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05

Alcalinidade	mg CaCO ₃ /L	-	8,00	27,30	26,20	22,70
Bicarbonato						
Metais						
Cálcio	mg/L	-	2,95	73,80	5,26	4,14
Magnésio	mg/L	-	2,80	73,62	4,12	2,40
Sódio	mg/L	200*	18,06	42,71	5,03	4,56
Potássio	mg/L	-	6,98	41,38	1,99	6,75
Ferro	mg/L	0,3**	3,13	0,22	0,11	0,30
Manganês	mg/L	0,1**	0,06	0,67	< 0,01	0,75
Bário	mg/L	0,7	0,27	4,76	0,09	0,32
Cádmio	mg/L	0,005	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Cromo	mg/L	0,05	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Cobre	mg/L	2,00	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005
Chumbo	mg/L	0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Níquel	mg/L	0,07	< 0,005	0,08	< 0,005	< 0,005
Zinco	mg/L	1,80	0,04	0,31	0,04	0,06
Alumínio	mg/L	0,2*	< 0,05	< 0,05	< 0,05	0,09
Arsênio	mg/L	0,01	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005
Mercurio	mg/L	0,001	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002

Fonte: Adaptada de GPS Engenharia, 2020.

Em análise dos resultados é possível constatar que somente a substância química de interesse Bário no PM-02 obteve concentrações acima dos limites de intervenção definidos pela lista de valores orientadores para solo e águas subterrâneas no estado de São Paulo, conforme DD/256/2016/E. As substâncias Ferro, Manganês e Cloreto obtiveram resultados acima dos valores máximos permitidos (VMP) constantes do Anexo X ** da Portaria MS 2.914, o qual estabelece os limites dos padrões organolépticos de potabilidade. A substância Nitrato obteve resultado acima dos valores máximos permitidos (VMP) constantes do Anexo VII * da Portaria MS 2.914, o qual estabelece os limites dos padrões de potabilidade para substâncias químicas que representam risco à saúde, tal ocorrência somente se verificou na amostra coletada no PM-02.

Considerando que as cargas contaminantes do lixiviado se compõem de muitas substâncias diferentes, entre as quais pode se destacar: substâncias orgânicas, nitrogênio, em forma de nitrogênio amoniacal, nitratos, nitritos e amônia; halogênios inorgânicos, carbonatos, cloretos, sulfatos, íons sódio, potássio, cálcio; metais como ferro, zinco, manganês, níquel, cobre etc, podemos confirmar a influência da lixiviação do chorume no lençol freático, mais precisamente no PM-02 por ser o poço de monitoramento localizado diretamente à jusante da massa de resíduos depositados.

De forma a manter uma avaliação qualitativa ao longo dos períodos de amostragem das águas subterrâneas, serão indicados a seguir os resultados obtidos em fevereiro de 2014 referente a coleta de 4 amostras de água nos poços de monitoramento preexistente no aterro em operação e na área da expansão prevista (resultados indicados no Relatório Técnico do IPT de maio de 2014). Os parâmetros analisados referem-se aos principais elementos físico-químicos definidos no padrão de potabilidade estabelecido pela Portaria MS-2914, de 12 de dezembro de 2011 (Ministério da Saúde, 2011).

Tabela 6. Resultados das amostras para águas subterrâneas em fevereiro de 2014

	Unid.	VMP MS2914	PM-01	PM-02	PM-03	PM-04
Parâmetros						

1,2 diclorobenzeno	mg/L	0,01	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002
1,4 diclorobenzeno	mg/L	0,03	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002
Alumínio	mg/L	0,2	0,08	0,61	0,22	0,24
Amônia	mg/L	1,5	< 0,005	0,08	0,18	0,13
Arsênio	mg/L	0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Bário	mg/L	0,7	0,19	0,44	0,28	0,11
Cádmio	mg/L	0,005	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Chumbo	mg/L	0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Cianeto	mg/L	0,07	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Cloreto	mg/L	250	28,8	22,6	25,2	9,4
Cobre	mg/L	2,0	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Cor aparente	uH	15	102	185	28	35
Cromo	mg/L	0,05	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Dureza Total	mg/L	500,0	13	75	30	46
Etilbenzeno	mg/L	0,2	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002
Ferro	mg/L	0,3	0,44	0,89	0,29	0,20
Fluoreto	mg/L	1,5	0,76	0,79	0,94	1,04
Gosto e odor	mg/L	6	1	1	1	1
Manganês	mg/L	0,1	0,27	0,13	0,34	0,015
Mercurio	mg/L	0,001	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002
Monoclorobenzeno	mg/L	0,12	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002
Níquel	mg/L	0,07	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Nitrato	mg/L	10,0	< 0,03	< 0,03	2,74	0,93
Nitrito	mg/L	1,0	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005
pH	mg/L	6,0 a 9,5	5,69	6,45	5,57	6,55
Selênio	mg/L	0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Sódio	mg/L	200,0	5,76	5,11	4,48	5,06
Sólidos Dissolvidos Totais		1000,0	98	143	350	72
Sulfato		250,0	1,2	3,0	2,4	2,6
Sulfeto de Hidrogênio		0,1	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002
Surfactantes		0,5	< 0,05	< 0,06	< 0,05	< 0,05
Tolueno		0,17	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002
Turbidez	uT	5	20	58	4	11
Urânio		0,03	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Xilenos		0,3	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002
Zinco		5,0	0,039	< 0,02	0,043	< 0,02

Fonte: Relatório Técnico nº 13717-20533 apud IPT, 2014.

Os resultados obtidos na ocasião indicaram que a água subterrânea, no local, é ligeiramente ácida, com valores de pH oscilando entre 5,57 e 6,45 e ocorrência dos elementos alumínio (PMs 2, 3 e 4), ferro (PMs 1 e 2) e manganês (PMs 1, 2 e 3) em teores pouco acima dos limites previstos nos VMPs.

Em comparação aos resultados de 2014 e 2019 verifica-se que as concentrações de metais são similares nos períodos amostrados, porém verificou-se o surgimento de Cloreto e Nitrato acima dos valores máximos permitidos pela Portaria MS 2.914 na campanha de amostragem de 2019.

Tal fato está diretamente relacionado a geração de chorume do aterro sanitário devendo ser mantida periodicidade de seu monitoramento com a finalidade de verificar o seu alcance e o impacto nas demais áreas de influência.

Resultados das análises para Biogás

A seguir estão relacionados os resultados das análises químicas obtidos na campanha de coleta de amostras de biogás realizadas em maio de 2019 visando à quantificação das concentrações definidas para elaboração do presente estudo.

Tabela 7. Resultados das amostras para Biogás em maio de 2019

Unid.	Metano %	Hidrocarb oneto C2- C5 ppm	Dióxido de Carbono %	Nitrogênio %	Oxigênio %	Monóxido de Carbono mL/m ³	Hidrogênio mL/m ³
PM-01	< 2,0	< 4,0	< 1,0	79,5	1,5	< 2,0	< 30,0
PM-02	< 2,0	< 4,0	< 1,0	79,8	23,3	< 2,0	< 30,0
PM-03	< 2,0	< 4,0	< 1,0	78,6	19,7	< 2,0	< 30,0
PM-04	< 2,0	< 4,0	< 1,0	79,5	23,4	< 2,0	< 30,0
PM-05	59,3	< 4,0	30,0	8,6	2,1	< 2,0	< 30,0
PM-06	58,0	< 4,0	30,0	8,6	2,1	< 2,0	< 30,0
PM-07	59,1	< 4,0	35,0	5,0	1,5	< 2,0	< 30,0
PM-08	60,6	< 4,0	34,0	5,0	1,5	< 2,0	< 30,0
PM-09	13,7	< 4,0	5,0	68,2	13,1	< 2,0	< 30,0
PM-10	< 2,0	< 4,0	1,0	79,6	21,5	< 2,0	< 30,0

Fonte: Adaptada de GPS Engenharia, 2020.

Os resultados de avaliação de Biogás nos 10 poços de monitoramento construídos na área do aterro e no seu entorno indicaram as concentrações de Metano nos principais poços localizados a montante do empreendimento, tal fato se deve as características do Metano que é menos denso que o ar e tende a se elevar na atmosfera ao invés de se aprofundar no solo.

Em vistoria no aterro não foi constatada a existência de sistemas de drenagem de gases, tal fato pode estar contribuindo para a dificuldade de dispersão do biogás além das camadas de solo que recobrem o aterro.

O Metano é um gás inflamável, comumente encontrado em material orgânico devido à presença de bactérias decompositoras, apresenta faixa de inflamabilidade entre 5% a 15%, isto é, concentrações do gás que em contato com o ar forma uma mistura inflamável na presença de uma fonte de ignição (mistura ideal). As concentrações abaixo ou acima dessa faixa não propagam chama, uma vez que a quantidade de gás é muito pequena (mistura pobre) ou muito elevada (mistura rica) para queimar ou explodir, conforme descrito no manual de produtos químicos da CETESB (2003).

Portanto verifica-se que no ambiente confinado sob a camada de resíduos o PV-9 possui condições que indicam Limite Superior de Explosividade (LSE). Sendo que os poços PV-05, PV-06, PV-07 e PV-08 devido a sua maior concentração de metano no subsolo possuem condições de atingimento ao Limite Inferior de Explosividade – LIE (abaixo de 5% de metano) ou ao Limite Superior de Explosividade – LSE (entre 5 a 15% de metano) em caso de migração para outros meios ou espaços confinados.

Conforme análise do entorno da área do aterro verifica-se a inexistência de espaços confinados onde possam ocorrer a migração dos gases, exceto pela existência de guarita abandonada na parte inferior do aterro. Sendo que para sua utilização, apesar dos resultados não indicarem

presença de metano no PV-01, deve ser mantida uma periodicidade de avaliação dos gases de maneira a minimizar riscos figura 6.

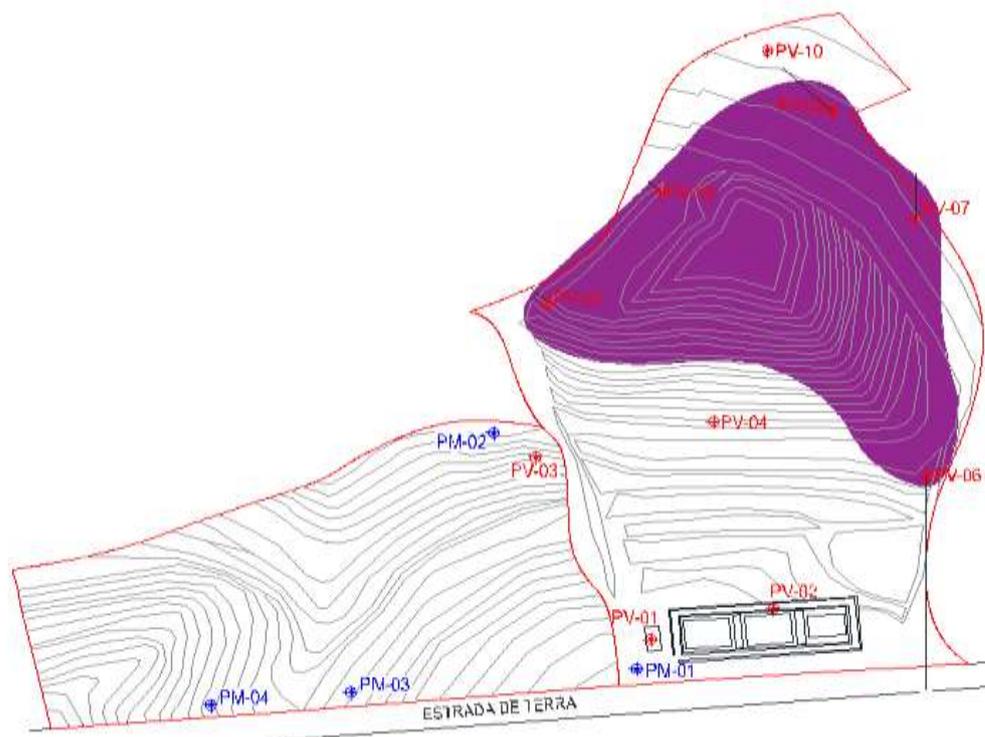


Figura 6. Área com concentração de metano (Fonte: GPS Engenharia, 2020).

CONCLUSÃO

De acordo com os resultados preliminares obtidos na presente campanha de monitoramento ambiental verificou-se a incidência de impacto nas águas subterrâneas na área do aterro sanitário atualmente em operação. Conforme potenciometria do fluxo das águas subterrâneas da área de estudo verifica-se que as substâncias químicas, cloreto, nitrato e bário observados no PM-02 não possuem alcance significativo sendo delimitadas pelos pontos de conformidade PM-03 e PM-04.

Os demais metais identificados nos poços PM-01, PM-02 E PM-04, Ferro e Manganês, mantiveram o mesmo padrão da campanha de monitoramento de 2014, estando acima dos padrões de potabilidade definidos pela Portaria MS 2914. Considerando a inexistência de poços de captação de águas subterrâneas em um raio de 500 metros da área, os riscos de ingestão das águas subterrâneas são minimizados, porém ideal a manutenção de periodicidade das campanhas de monitoramento visando avaliar a dinâmica e alcance das substâncias analisadas.

Em relação ao monitoramento de Biogás na área do aterro sanitário e no seu entorno imediato verifica-se uma migração preferencial dos gases avaliados para as cotas superiores do aterro, tendo em vista a inexistência de ocupações ou receptores nessas áreas considera-se que o Biogás é liberado gradativamente para a atmosfera. Para dar continuidade ao nosso estudo, com os critérios e procedimentos, deverá ser elaborado o Projeto Técnico de Encerramento e Recuperação do Aterro Sanitário. A área classifica-se como Modelo Conceitual Inicial da Área (MCA 1A), devido a possibilidade de identificar todas as áreas de contaminação, e deverá seguir com o monitoramento por 20 anos

para verificar o aumento ou não de contaminação, caso haja aumento da contaminação deverá seguir com a Investigação detalhada conforme Decisão de Diretoria DD 038/2017/C.

REFERÊNCIAS

- AIZEN, M. & PECHMAN, R.M. Memória da Limpeza Urbana no Rio de Janeiro. Rio de Janeiro: Cooperativa dos Profissionais de Imprensa do Estado do Rio de Janeiro/Companhia Municipal de Limpeza Urbana, 1985.
- ANGELI, N. et. al. Geologia e caracterização tecnológica do minério de manganês da mina Córrego do Cocho, Itapira (SP). Geol. USP, Sér. cient. vol.11 no.3 São Paulo dic. 2011.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 10.004. Resíduos Sólidos - Classificação. Rio de Janeiro, 2004.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15.515-1. Passivo-Ambiental-Avaliação-Preliminar. Rio de Janeiro, 2007.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15495-1. Poços de monitoramento de águas subterrâneas em aquíferos granulares. Parte 1: projeto e construção. Rio de Janeiro: ABNT, 2007.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15495-2. Poços de monitoramento de águas subterrâneas em aquíferos granulares. Parte 2: desenvolvimento. Rio de Janeiro: ABNT, 2008.
- BANCO MUNDIAL (1994). Libro de consulta para evolución ambiental – Volume 2: Lineamientos sectoriales. Washington, D.C.: Banco Mundial. P. 207-221.
- BARBOSA, Rildo Pereira; IBRAHIM, Francini Imene Dias. Resíduos sólidos: impactos, manejo e gestão ambiental. 1. ed. - São Paulo: Editora Senac, 2010.
- BERTICELLI, R.; KORF, E. P.; PANDOLFO, A. Gestão integrada de resíduos sólidos urbanos: perspectivas e desafios. Estudo de caso. Florianópolis, v. 5, n. 2, p. 716, 2017.
- BRASIL. Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. [S. l.], p. 1-21, 2010. Disponível em: <http://iberbrasil.org.br/lei-12305-10.pdf>. Acesso em: 4 set. 2019.
- BRASIL. Decreto nº 59.263, de 5 de junho de 2013. Regulamenta a Lei nº 13.577, de 8 de julho de 2009, que dispõe sobre diretrizes e procedimentos para a proteção da qualidade do solo e gerenciamento de áreas contaminadas, e dá providências correlatas. [S. l.], 2013. Disponível em: <https://www.al.sp.gov.br/repositorio/legislacao/decreto/2013/decreto-59263-05.06.2013.html>. Acesso em: 11 set. 2019.
- CETESB - Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. 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. Disponível em: <<https://cetesb.sp.gov.br/wp-content/uploads/2014/12/DD-038-2017-C.pdf>> Acesso em 21 de set. 2019.
- CETESB - Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. Inventário de Resíduos Sólidos Urbanos, 2018. Disponível em: <<https://cetesb.sp.gov.br/residuossolidos/wp-content/uploads/sites/26/2019/06/Invent%C3%A1rio-Estadual-de-Res%C3%ADduos-S%C3%B3lidos-Urbanos-2018.pdf>> Acesso em: 27 jun. 2020.
- DAEE - DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA; I.G. - Instituto Geológico; IPT - Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo; CPRM - Serviço Geológico do Brasil. Mapa de Águas Subterrâneas do Estado de São Paulo: escala 1.000.000. Nota Explicativa. São Paulo: DAEE/ IG/ IPT/ CPRM, 2005.

- ENGENHARIA AMBIENTAL E SEGURANÇA DO TRABALHO – GPS. Plano de Monitoramento Ambiental – Prefeitura de Itapira. Mogi das Cruzes, 2020.
- JUCA, José F. Thomé et al. Análise das Diversas Tecnologias de Tratamento e Disposição Final de Resíduos Sólidos no Brasil, Europa, Estados Unidos e Japão. Disponível em: <https://www.bndes.gov.br/wps/wcm/connect/site/11651f52-7515-4072-b70e-b8f51ae21f15/chamada_publica_residuos_solidos_Relat_Final.pdf?MOD=AJPERES&CACHEID=ROOTWORKSPACE.Z18_7QGCHA41LORVAOAH01SIO51085-11651f52-7515-4072-b70e-b8f51ae21f15-lw7bpvB>. Acesso em: 24 de set. 2019.
- IPT - Instituto de Pesquisas Tecnológicas. Relatório Técnico nº 137171-205. São Paulo, 2014.
- MINISTÉRIO PÚBLICO FEDERAL - MPF. Portaria nº 2914, de 12 de dezembro de 2011. Disponível em: <<http://www.mpf.mp.br/atuacao-tematica/ccr4/dados-da-atuacao/projetos/qualidade-da-agua/legislacao/portarias/portaria-no-2914-de-12-de-dezembro-de-2011/view>> Acesso em 20 de out. 2019.
- OLIVEIRA, Cauê Nascimento. Recuperação Ambiental de Aterros Sanitários na Região Metropolitana de Campinas: Revegetação e Uso Futuro. Campinas, 2004. Disponível em: <http://taurus.unicamp.br/bitstream/REPOSIP/258149/1/Oliveira_CaueNascimentode_M.pdf>. Acesso em: 15 ago. 2019.
- SILVA, S; RODRIGUES, J.C.V. & CÂMARA, N. L. Saneamento básico e problemas ambientais na região metropolitana do Rio de Janeiro. Revista Brasileira de Geografia, 1:5-106, 1990.
- WERNICK, E. A Geologia da região de Amparo, leste do estado de São Paulo. Rio Claro, Fac. Fil. Ci. Letras, 1967. 140 p.