



Caracterização da Emissão de Gases de Efeito Estufa do Lixão em Cabo Frio, RJ

*Raimundo Nonato Costa Lima Junior¹; Manildo Marcião de Oliveira²; Sergio Machado Corrêa³;
Victor Barbosa Saraiva²*

✉ costajun22@gmail.com

1. Instituto Federal Fluminense. Imboassica, Macaé - RJ.
2. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Fluminense. Cabo Frio - RJ.
3. Universidade Estadual do Rio de Janeiro UERJ. Polo Industrial, Resende - RJ.

Histórico do Artigo: O autor detém os direitos autorais deste artigo.

Recebido em: 27 de janeiro de 2021

Aceito em: 19 de julho de 2021

Publicado em: 30 de abril de 2022

Resumo: De acordo com a lista de empresas credenciadas para creditação de carbono do INMETRO, pode-se observar a carência de instituições no mercado fluminense que sejam habilitadas para verificação de inventários e planos de mitigação de Gases do Efeito Estufa (GEE) no estado do Rio de Janeiro, nesse sentido, há uma lacuna nesse mercado que é potencialmente promissor. Segundo as Resoluções Nº 64 e 65 do INEA (2012), na indústria e em aterros sanitários há a necessidade de realização de inventários anuais. Portanto, o objetivo desse artigo foi realizar um inventário das emissões atmosféricas no lixão desativado da Baía Formosa, na cidade de Cabo Frio, no estado do Rio de Janeiro. Foram utilizados métodos quantitativos e qualitativos de pesquisa para a caracterização dos GEEs provenientes do lixão inativado da cidade de Cabo Frio e coletadas amostras do ar atmosférico para análises utilizando o método de cromatografia gasosa; uso de Sistema de Informação Geográfica (SIG) na elaboração de mapas para caracterização da área do terreno do lixão; e a realização de inventário dos GEEs com o programa GHG Protocol. Observou-se que as concentrações de CO₂, CH₄ e N₂O, estão próximas às médias mundiais. Os resultados indicam que a atual condição do lixão inativado gera produção de GEE quando comparado com ao aterro sanitário de Seropédica (RJ).

Palavras-chave: Lixão, Efeito Estufa, Metano, Poluição.

Characterization of the Emission of Greenhouse Gases from the Dumping Ground in Cabo Frio, RJ

Abstract: According to the list of companies accredited for carbon accreditation by INMETRO, one can observe the lack of institutions in the Rio de Janeiro market that are qualified for the verification of inventories and mitigation plans of Greenhouse Gases (GHG) in the state of Rio de Janeiro, in this sense, there is a gap in this market that is potentially promising. According to INEA (2012) Resolutions No. 64 and 65, in industry and landfills there is a need to conduct annual inventories. Therefore, the objective of this article was to conduct an inventory of atmospheric emissions in the deactivated dump of Baía Formosa, in the city of Cabo Frio, in the state of Rio de Janeiro. Quantitative and qualitative research methods were used for the characterization of GHGs from the inactivated dumpsite of the city of Cabo Frio and atmospheric air samples were collected for analysis using the gas chromatography method; Geographic Information System (GIS) was used in the elaboration of maps for the characterization of the land area of the dump; and the GHG inventory was performed with the GHG Protocol program. It was observed that the concentrations of CO₂, CH₄ and N₂O are close to the world averages. The results indicate that the current condition of the inactivated dumpsite generates GHG production when compared to the sanitary landfill of Seropédica (RJ).

Keywords: Dumping, Greenhouse effect, Metane, Pollution.

Caracterización de las Emisiones de Gases de Efecto Invernadero del Vertedero de Cabo Frio, RJ

Resumen: De acuerdo con la lista de empresas acreditadas para la acreditación de carbono por el INMETRO, se puede observar la falta de instituciones en el mercado de Río de Janeiro que estén calificadas para la verificación de inventarios y planes de mitigación de Gases de Efecto Invernadero (GEI) en el estado de Río de Janeiro, en este sentido, hay un vacío en este mercado que es potencialmente prometedor. Según las Resoluciones nº 64 y 65 del INEA (2012), en la industria y en los vertederos existe la necesidad de realizar inventarios anuales. Por lo tanto, el objetivo de este artículo fue realizar un inventario de las emisiones atmosféricas en el vertedero desactivado de Baía Formosa, en la ciudad de Cabo Frio, en el estado de Río de Janeiro. Se utilizaron métodos de investigación cuantitativos y cualitativos para la caracterización de los GEI del vertedero inactivado de la ciudad de Cabo Frio y se recogieron muestras de aire atmosférico para su análisis mediante el método de cromatografía de gases; uso del Sistema de Información Geográfica (SIG) en la elaboración de mapas para la caracterización del área del vertedero; y la realización del inventario de GEI con el programa GHG Protocol. Se observó que las concentraciones de CO₂, CH₄ y N₂O, se acercan a las medias mundiales. Los resultados indican que la condición actual del vertedero inactivado genera producción de GEI en comparación con el vertedero sanitario de Seropédica (RJ).

Palabras clave: Vertedero, Gases de invernadero, Metano, Contaminación.

INTRODUÇÃO

A poluição é um tema muito complexo devido às diversas formas na qual ela está caracterizada e de qual forma ela acontece, ocorrendo diversos tipos de ambientes que são poluídos diariamente pela ação humana. A poluição nos tempos contemporâneos, por despejo inadequado dos resíduos sólidos, está presente nos ambientes aquáticos, terrestres e no ambiente atmosférico (COSTA *et al.*, 2016).

Segundo Pinheiro (2018), um dos impactos relacionados a lixões é a emissão de gases poluentes indutores do efeito estufa na atmosfera, contribuindo para o aumento da temperatura global.

O lixão da Baía Formosa, conhecido como lixão de Cabo Frio, é uma antiga área de depósito de resíduo urbano sem tratamento e sem sistema de coleta do chorume, ou quaisquer outros tipos de tratamento desses resíduos (SPILLMAN, 2016).

Geograficamente, é uma área de alto potencial turístico na Região dos Lagos do Estado do Rio de Janeiro, contudo de infraestrutura básica, deficiente e diversos problemas socioambientais locais (BARBOSA, 2003), onde na alta temporada de verão, o volume de resíduos cresce substancialmente (SPILLMAN, 2016).

Para fins desse estudo, buscou-se realizar o inventário de Gases de Efeito Estufa (GEE) de acordo com os critérios do programa brasileiro – GHG Protocol, com o objetivo de verificar se o lixão desativado da cidade de Cabo Frio está emitindo Gases de Efeito Estufa em concentrações consideradas contribuintes à mudança climática.

Neste sentido, a pesquisa foi realizada na área do lixão da Baía Formosa que contempla as cidades de Cabo Frio e Búzios, localizadas no Estado do Rio de Janeiro, cumprindo as etapas metodológicas: de revisão de literatura que subsidia a discussão sobre poluição atmosférica e emissão de GEE; etapa de levantamento de campo com o uso de GPS para fins de caracterização dos locais amostrados e coleta do ar atmosférico que posteriormente foram analisadas por cromatografia de fase gasosa; utilizou-se o Sistema de Informação Geográfica (SIG) para elaboração do mapa e análises espaciais; e por fim ,para realização do inventário de GEE, foi utilizada a matriz do programa brasileiro GHG Protocol, escopo 1 , onde a quantificação do CO₂ equivalente segue a metodologia do *Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)*.

Poluição Atmosférica

A Política Nacional de Meio Ambiente, Lei 6.938/81 classifica a poluição como a degradação da qualidade ambiental resultante de atividades que prejudiquem direta ou indiretamente a saúde, segurança e o bem-estar da população, condições adversas às atividades sociais, econômicas, a biota, estéticas ou sanitárias, que lancem matéria ou energia fora de padrões ambientais.

Analisando a descrição da referida lei, não está definido poluição como uma ação antrópica e/ou natural e mesmo se as duas formas podem ser consideradas como poluição.

A definição de poluição fica bastante diversa quando Nass (2008) relata que a poluição é um fenômeno provocado pelo homem, que resulta numa alteração ecológica abrangente, modificando e prejudicando recursos naturais, econômicos e sociais, mas nem toda alteração ecológica seria causada pela poluição e sim por uma contaminação.

Leal (2012) afirma que contaminação é um caso particular de poluição ambiental, mas que poluição não necessariamente seria uma contaminação.

A poluição atmosférica caracteriza-se pela mistura e emissão de gases e material particulado provenientes de fontes móveis e fixas, seja pela queima de biomassa ou combustíveis fósseis, segundo Santos *et al*(2012).

Portanto, a poluição atmosférica é a modificação da qualidade, concentração e composição do ar, que causam prejuízos ao equilíbrio ambiental e deterioração dos recursos naturais (CAMPOS e CUNHA, 2016).

Ainda a poluição atmosférica é definida por (Pinheiro *et al.*, 2020) que é qualquer forma ou quantidade de matéria, concentração e características fora dos padrões estabelecidos.

Em 2015, tendo como ano base 2014, o Inventário de Emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE) do estado do Rio de Janeiro, considera as emissões de dióxido de carbono (CO_2), metano (CH_4), óxido nitroso (N_2O), hidrofluorcarbonetos (HFC), perfluorcarbonetos (PFC) e o hexafluoreto de enxofre (SF_6). O inventário adota os parâmetros do IPCC AR-5 (IPCC 2013) para calcular o potencial global de aquecimento (Global Warming Potencial – GWP).

Sarnighausen (2011) descreve que as contribuições dos GEE são convertidas em carbono equivalente ($\text{CO}_{2\text{eq}}$) para avaliar o GWP. Braga *et al.* (2005) diz que conforme o incremento nos níveis de GEE relacionado às emissões antrópicas, há um aumento na quantidade de energia mantida na atmosfera por causa da absorção de calor que seria emitido pela superfície do planeta, na forma de radiação infravermelha.

Emissões de GEE em lixões / aterros não controlados

Os resíduos sólidos urbanos são um grande desafio para o Brasil. A gestão e disposição final desses resíduos mostra a necessidade de uma sinergia entre todos os atores da sociedade brasileira para a melhor resolução deste problema.

O Ministério do Meio Ambiente (2010), descreve que aterro sanitário é uma obra de engenharia construída sobre critérios técnicos com a finalidade para dispor os resíduos sólidos urbanos de maneira correta e não causar danos ao meio ambiente. Já na descrição de lixão, o MMA (2010) relata que é a maneira inadequada de disposição dos resíduos sólidos urbanos sobre o solo sem nenhuma impermeabilização, sem drenagem ou sistemas de drenagem do lixiviado e gases, com potenciais danos à saúde pública e ao meio ambiente. Já um aterro controlado, seria o local onde os resíduos dispostos teriam algum tipo de controle, porém fora das normas ambientais, com alguma gestão ambiental, como controle de entrada e cobertura dos resíduos.

Neste direcionamento, em 2010, foi criada a Política Nacional de Resíduos sólidos, Lei nº 12.305/2010, na qual dispõe de objetivos e instrumentos, com a finalidade de regulamentar a gestão integrada e o gerenciamento de resíduos, incluindo os perigosos. Ela não se aplica a resíduos radioativos, que são regulados por legislação específica.

Segundo o Relatório do Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil, publicado pela Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (ABRELPE, 2020) 40,5 % dos resíduos, foram depositados em locais inadequados ou lixões no Brasil ou 3.352 municípios representando um volume com cerca de 29 milhões de toneladas aproximadamente de resíduos em lixões e aterros controlados sem as devidas medidas de funcionamento legal.

Conforme o Inventário de GEE do Estado do Rio de Janeiro de 2015, é informado que o setor de resíduos sólidos foi responsável pela emissão de 25,3 Giga toneladas (*Gg*) de CO₂, 127,8 *Gg* de CH₄ e 0,003 *Gg* de N₂O, totalizando 3.605,0 *Gg* de CO₂ eq .

O inventário registra outros tipos de resíduos, mas o foco da pesquisa são os resíduos sólidos urbanos, dispostos em aterros sanitários, aterros controlados ou lixões. Ele descreve somente as emissões estimadas em lixões do CH₄ que fica na ordem de 6,4 *Gg* CH₄.

Segundo o IPCC (2014) as emissões no ano de 2010 foram as mais altas da história desses gases, mudando o balanço de energia do sistema, sendo as maiores nos últimos 800.000 anos e aumentaram desde a revolução industrial.

A produção de GEE acontece em aterros sanitários e segundo Borba *et al*(2016) acontece na decomposição decorrente de uma série de ações microbianas, físico-químicas, entre as diferentes camadas de disposições de resíduos e a sua cobertura.

Neste sentido há pesquisas que buscam maneiras de oxidar o metano onde a captação para a exploração não seja economicamente viável, onde Lopes *et al*(2010) as descrevem como camadas metanotróficas, que funcionam com determinadas características dos solos, com a presença de metano e ação de microrganismos de forma a oxidar o gás ao longo do perfil do solo.

Pode-se observar no quadro 1, uma lista de estudos sobre análise de Metano e CO₂ em áreas de lixão. De modo geral, as metodologias são diferenciadas não observando o método de cromatografia gasosa para GEEs. Ressaltando que a pesquisa de literaturas relacionadas a esse tema, para a elaboração do quadro, foi restrita às palavras-chaves como 'Lixão', 'Metano' e 'CO₂', o que demonstra a carência de trabalhos científicos *in situ*.

Quadro 1. Análises metodológicas de estudos em áreas de Lixão para os gases Metano e CO₂

Autores	Título	Objetivo	Metodologia
Pinheiro <i>et al</i> (2019)	Medidas de fluxo de dióxido de carbono e metano em um depósito de resíduos insalubre na Amazônia	O objetivo deste estudo foi quantificar a variação espacial da produção de CO ₂ e CH ₄ em um lixão da Amazônia e tentar associar a importância relativa de alguns fatores ambientais e os fluxos de gás.	O estudo foi realizado em três células de diferentes idades, amostradas em dois momentos entre a estação chuvosa e seca da Amazônia.

De Oliveira <i>et al</i> (2018)	Análise do potencial da produção de energia a partir da incineração de resíduos sólidos urbanos na cidade de São Paulo	O objetivo deste trabalho foi o de realizar um estudo da viabilidade da incineração de resíduos sólidos urbanos para a produção de energia elétrica na cidade de São Paulo.	O estudo foi desenvolvido a partir de uma pesquisa bibliográfica.
De Almeida, <i>et al</i> (2017)	Análise de metodologias de quantificação de substâncias húmicas em lixiviados de aterros de resíduos sólidos	Avaliar a utilização de dois métodos de quantificação de SH mais simples que os instrumentos analíticos que já são utilizados, e seu posterior fracionamento, e aplicá-los a dois lixiviados de diferentes origens, provenientes do Aterro Controlado de Gericinó (ACG) e do Aterro Metropolitano de Gramacho (AMG), localizados no Estado do Rio de Janeiro.	A caracterização dos lixiviados, quantificação de Substâncias Húmicas Método de Sheng Modificado e o Método de Lowry Modificado
Pedott, j; aguiar, a (2014)	Biogás em aterros sanitários: comparando a geração estimada com a quantidade verificada em projetos de mecanismo de desenvolvimento limpo	Comparar as previsões de geração de biogás em aterros com a produção real, foram estudados dois aterros da cidade de São Paulo.	Convenção-quadro das nações unidas para as mudanças climáticas (united nations framework convention on climate change - unfccc), chamada acm0001 nas versões 02 e I3, para calcular as estimativas de captação de biogás para os dois aterros supracitados.

Fonte: Plataforma de periódicos Capes e-Cafe.

Inventário de Gases de Efeito estufa

Segundo o programa brasileiro GHG Protocol o inventário de emissões é uma espécie de raio x de todos os gases produzidos em operações, produtos e serviços de organizações, sejam

elas privadas ou públicas para o desenho estratégico da economia para redução e gestão dessas emissões.

Este inventário é produto da Política Nacional sobre Mudanças do Clima (PNMC) Lei nº 12.187/09 que determina ao país reduzir suas emissões entre 36,0 a 38,9 % em relação ao ano de 2005, segundo o SEEG (2018), com a promulgação do decreto 9.578 de 22 de Novembro de 2018, que integra a PNMC aos planos de ação, controle e prevenção do desmatamento e ações de e revisões de planos setoriais de mitigação, adaptação às mudanças climáticas.

O programa foi implementado em 2008 numa parceria da Fundação Getúlio Vargas e o Governo Federal. Ele tem como objetivo estimular a elaboração e publicação de inventários de emissões de GEE, proporcionando aos participantes acesso a instrumentos e padrões de qualidade internacional.

O método foi adaptado ao contexto nacional pelo GVces e pelo WRI em parceria com o Ministério do Meio Ambiente, com o Conselho Empresarial Brasileiro para o Desenvolvimento Sustentável (CEBDS), com o *World Business Council for Sustainable Development* (WBSCD) e 27 Empresas Fundadoras. A aplicação do método GHG Protocol no Brasil acontece de forma adaptada ao contexto nacional. O Programa Brasileiro organiza grupos de trabalho, junto às empresas participantes, para o aperfeiçoamento do método e desenvolvimento de novas ferramentas para a contabilização de emissões de GEE de acordo com a realidade brasileira. (GHG Protocol FGV, 2019).

MATERIAL E MÉTODOS

Caracterização da Área de Estudo

A região objeto de estudo da pesquisa é uma área que foi durante muito tempo utilizada como depósito de lixo pela cidade de Cabo Frio.

A região fica localizada na divisa de dois municípios, Cabo frio e Armação de Búzios, denominada Baía Formosa. Segundo explica Spillmann (2016) a região servia de depósito de resíduos urbanos sem tratamento, no qual não possuía um sistema de coleta do chorume, nem coleta do biogás produzido com possível contaminação do lençol freático. Na Figura 1 está a localização do terreno objeto de estudo, limites e os pontos de coleta do ar atmosférico para análise dos GEE. A região estudada está inserida na Bacia hidrográfica do rio Una, segundo o INEA (2012)

Geolocalização

Para a caracterização espacial foi utilizado o aplicativo GPS digital, web Geo Essentials. Na confecção do mapa utilizou-se o Software de Geoprocessamento Quantun Gis versão 3.12.4, consulta em 16/04/2020. Também foi utilizado o arquivo com as malhas dos municípios do estado do Rio de Janeiro no Site do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE 2018), com a utilização do arquivo de imagens de satélite do Google satélite já inserida dentro do Software QGis 3.12.4.

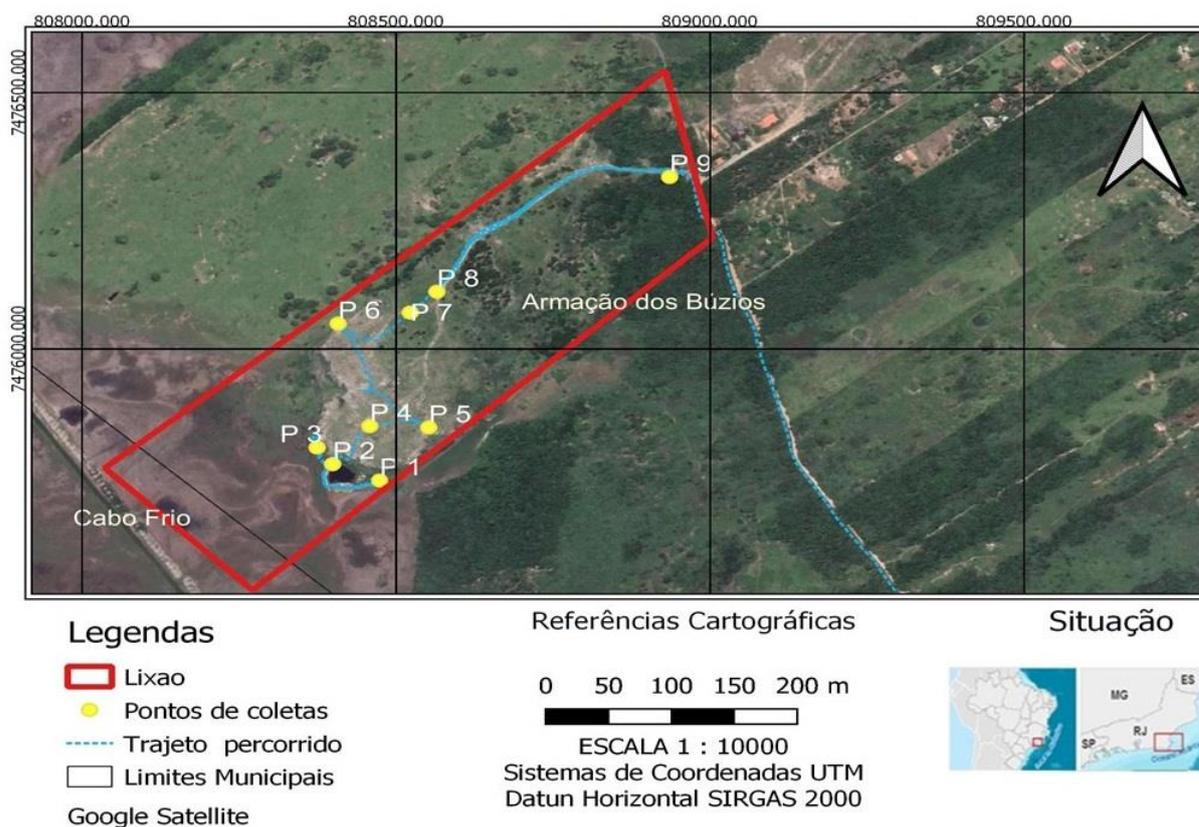


Figura 1 – Mapa de localização do Lixão de Cabo Frio
Fonte: AUTORES, 2020

Coleta de Amostras Atmosféricas

Para a coleta do ar atmosférico no interior do Lixão de Cabo Frio, foram utilizadas seringas de polipropileno de 60 mL, equipadas com válvulas de vedação.

Equipamento de Análises dos GEEs

As amostras armazenadas foram analisadas por cromatografia de fase gasosa com múltiplos detectores, seguindo a metodologia descrita por Silva *et al.* (2016), onde foram quantificadas as concentrações de CO₂, CH₄ e N₂O. O equipamento utilizado para as medições foi

um *Agilent 7890A*, com um detector de captura de elétrons, um detector de condutividade térmica e um detector de ionização na chama, para a quantificação de N_2O , CO_2 , e CH_4 , respectivamente. Os coeficientes de determinação (R^2) para as curvas de calibração em triplicata foram maiores que 0,99 para o CO_2 e CH_4 e 0,98 para o N_2O .

Para a realização do Inventário de GEE foi utilizada a planilha do programa brasileiro GHG Protocol, escopo I, onde a quantificação do CO_2 equivalente segue a metodologia do IPCC (2006).

Para o estudo estatístico e confecção dos gráficos, foi utilizada a Linguagem R, com a interface Rstudio versão 2020 6.0.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Utilizando como parâmetro do GHG Protocol e o aterro sanitário, foi calculada a quantidade de CO_2 equivalente do lixão inativado da Baía Formosa, Cabo Frio.

O relatório do inventário é uma simulação baseada em dados padrão, pois como não existem dados oficiais a respeito do lixão de Cabo Frio foi feita uma simulação com dados da produção de lixo *per capita* por dia na região sudeste que é de 1,02 kg de lixo, segundo o relatório de 2020 da ABRELPE, e o inventário é referente ao ano de 2018, como resultado foram observadas as emissões totais de 262.792 t métricas de CO_{2eq} .

O programa GHG Protocol utiliza métodos de quantificação do IPCC (2006), criados para climas boreais, temperados e tropicais do hemisfério norte (CETESB, 2010). Para o hemisfério sul não existem parâmetros como fatores de emissões locais para lixões que diminuiriam a incerteza do resultado.

Nesse contexto, para que haja um melhor conhecimento das emissões de GEE do lixão da Baía Formosa foram realizadas medições ambientais de N_2O , CH_4 e CO_2 apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1. Pontos de coletas e concentração dos GEE.

Pontos	N_2O ppm	CH_4 ppm	CO_2 ppm	Data	Locais
P1	0,356	1,528	421,99	21/01/2020	Lado Esquerdo lagoa Canal de Drenagem
P2	0,356	1,528	421,99	21/01/2020	Aroeira / lagoa
P3	0,352	1,595	419,95	21/01/2020	Parte baixa fazenda
P4	0,353	1,640	414,57	21/01/2020	Platô Forrageira
P5	0,354	1,804	672,86	21/01/2020	Borda esquerda

P6	0,357	2,909	410,65	21/01/2020	Canal de Drenagem direito
P7	0,353	1,631	417,74	21/01/2020	Centro 1
P8	0,353	1,591	412,72	21/01/2020	Centro 2
P9	0,355	1,717	409,89	21/01/2020	Saída arbóreo
P10	0,356	1,596	417,85	21/01/2020	Sede IFF
P11	0,354	1,567	414,09	21/01/2020	Lagoa campus

Fonte: AUTORES, 2020

É possível notar que a concentração de N_2O se mantém constante em todos os pontos coletados, só havendo alteração na terceira casa decimal. Ele é resultado do processo de decomposição da matéria orgânica por bactérias no solo e oceano (Sordi *et al.*, 2013). Pode-se considerar desta forma que não há emissões locais significantes e que este valor de N_2O refere-se à média local.

A concentração de CH_4 apresenta-se maior no ponto P6 quando comparado aos demais pontos analisados, nessa área ocorre uma maior ausência de vegetação o que gera uma menor cobertura do solo e um conseqüente aumento de fissuras, podendo ocasionar a maior liberação de metano.

Já em relação ao CO_2 , o ponto P5 apresenta uma concentração acima das coletadas nos demais pontos, sendo também uma área com pouca vegetação o que pode fazer diferença na concentração do gás nesse local.

Uma melhor visualização dos valores dos GEE coletados pode ser observada por meio dos *boxplot* da Figura 2.

Como pode ser observado, para as medidas de CH_4 e CO_2 existem 2 pontos considerados *outliers*, respectivamente nos Pontos 6 e 5.

Os valores obtidos das concentrações para o CO_2 do ar atmosférico no lixão da Baía Formosa são similares aos valores observados no estudo de Borba *et al.* (2018) que ocorreu no aterro sanitário da cidade de Seropédica (RJ). A média do CH_4 no estudo em Seropédica foi de 50,7 ppm e com relação ao CO_2 basno mesmo local foi de 472,3 ppm, no lixão de Cabo Frio a média do CH_4 foi de 1,73 ppm e do CO_2 foi de 439,48 ppm.

No estudo de Seropédica não foi mencionado o N_2O . Entretanto, no estudo de Seropédica os gases foram coletados por um dispositivo que coletava todo o gás emanado do aterro, sem a interferência do ar ambiente.

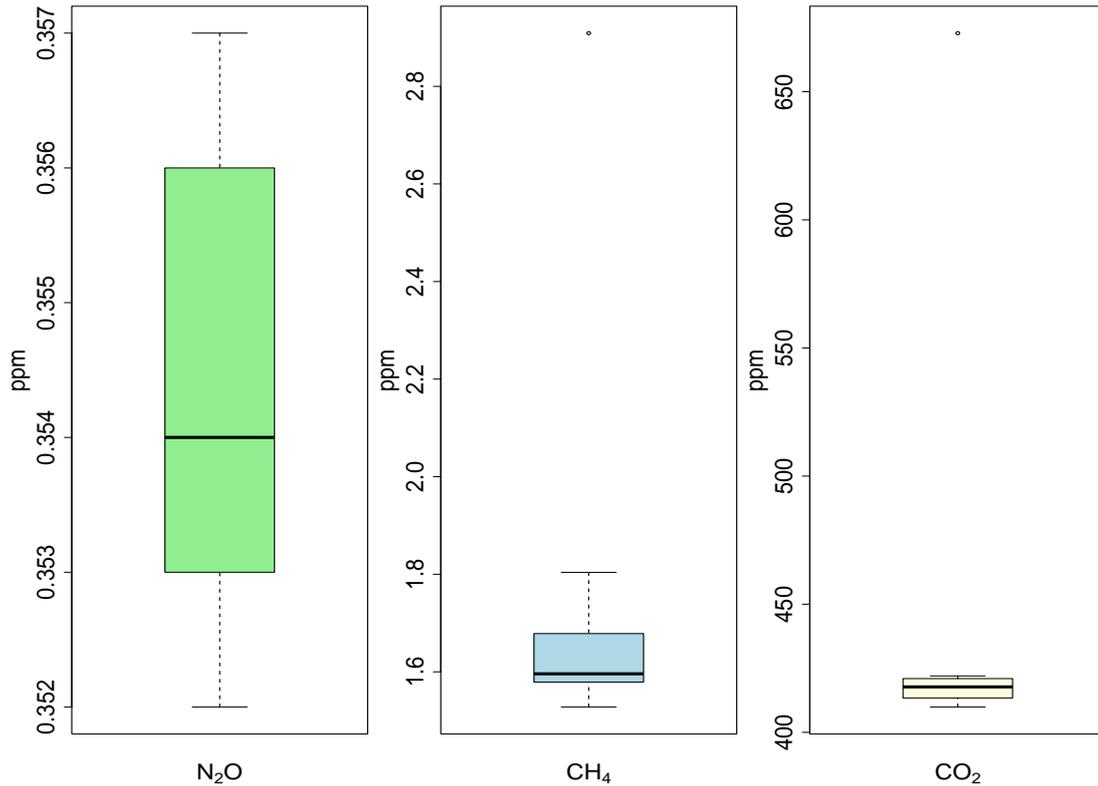


Figura 2. Boxplot dos valores de GEE obtido
Fonte: Autores, 2020

Comparando os dados obtidos com o parâmetro mundial aferido pela *U.S. EPA* (2016) para o CH₄, a média mundial desse gás está mensurada em parte por bilhão (ppb), o resultado do CH₄ é de 1.750 ppb, a média do N₂O é 350 ppb e o CO₂ foi de 410 ppm.

Os resultados das médias do lixão de Cabo Frio demonstram uma alta concentração dos GEE acompanhando a média mundial. O CO₂ na média mundial segundo a *U.S. EPA* (2016), foi de 410 ppm e no lixão a média da concentração foi de 439,48 ppm.

Agrupando-se os valores dos três GEEs estudados foi construída uma matriz de correlação pela metodologia de Pearson, incluindo um agrupamento hierárquico baseado em distâncias Euclidianas, conforme a Figura 3.

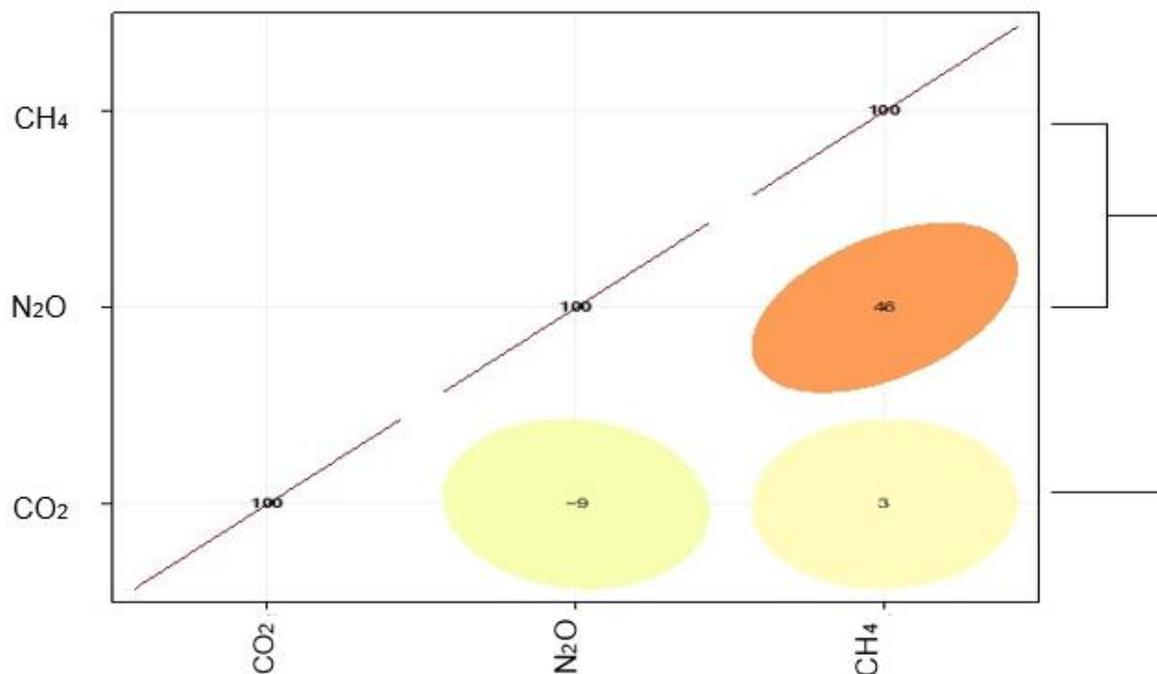


Figura 3. Matriz de correlação dos GEE

Fonte: Autores 2020

Pode-se observar pela Figura 3 que o CO₂ tem pouca relação com os outros GEE. Já o CH₄ e N₂O possuem uma média correlação, tanto pelo valor como pelo agrupamento hierárquico apresentado à direita da Figura 3. Isso pode indicar que o processo de formação de CH₄ e N₂O pode ter a mesma origem.

CONCLUSÃO

A partir do estudo da produção de GEEs do lixão da Baía Formosa, foi observado que no lixão de Cabo Frio há uma alta concentração dos GEE, acompanhando a média mundial.

Também foi observado que os gases CH₄ e N₂O podem possuir a mesma origem. Esses dados servem como parâmetro para atender as Resoluções 64 e 65 do INEA (2012), por conta da necessidade de realização de inventários anuais para a indústria e aterros sanitários. Esses dados também possibilitam o monitoramento do Lixão e tomadas de decisões para ações mitigatórias.

A área pesquisada, está sem receber despejo de resíduos sólidos há cerca de dez anos, quando comparada com o aterro sanitário de Seropédica, que ainda está em operação e recebe os resíduos da Cidade do Rio de Janeiro, tem níveis de emissões próximos, no que se refere ao Dióxido de Carbono (CO₂).

De modo geral os estudos sobre lixões, utilizam dados secundários, para geração de estimativas e por essa razão torna-se necessário o levantamento de dados empíricos para essas áreas.

Neste sentido, propomos como pesquisas futuras, análises de solos e do lixiviado e investigação das três matrizes para obtenção de dados complementares na proposição de planos de mitigação de áreas contaminadas e degradadas que possam contribuir com a formulação de políticas públicas nesse âmbito.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES, JOÃO WAGNER SILVA; VIEIRA, SÔNIA MARIA MANSO. **EMISSÕES DE GASES DE EFEITO ESTUFA NO TRATAMENTO E DISPOSIÇÃO DE RESÍDUOS**. SEGUNDO INVENTÁRIO BRASILEIRO DE EMISSÕES ANTRÓPICAS DE GASES DE EFEITO ESTUFA RELATÓRIOS DE REFERÊNCIA. Ministério da Ciência e Tecnologia 2010. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo- CETESB 2010. Disponível em < https://cetesb.sp.gov.br/biogas/wp-content/uploads/sites/3/2014/01/brasil_mcti_residuos_l.pdf > Acesso em: 08/10/2020

ARBEX, M.A. ; SANTOS, U.DE P.; MARTINS, L.C.; SALDIVA, P.H.N. ; PEREIRA, L.A.A ; BRAGA, A.L.F. **A POLUIÇÃO DO AR E O SISTEMA RESPIRATÓRIO**. Artigos de Revisão · J. bras. pneumol. 38 (5) · Out 2012 · <https://doi.org/10.1590/S1806-37132012000500015> Disponível em <<https://www.scielo.br/j/jbpneu/a/sD3cLkXqOwmDFpgzsyj7gBm/?lang=pt>> Acesso em 15/06/2021

Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Urbana (Abrelpe) **PANORAMA DOS RESÍDUOS SÓLIDOS NO BRASIL 2020**; Disponível em: <http://abrelpe.org.br/pdfs/panorama/panorama_abrelpe_2017.pdf> Acesso em 01/08/2019
ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6023**: informação e documentação: referências: elaboração. Rio de Janeiro, 2002.

Borba, P. F. de Sá; Martins, E.M., Correa, S. M., Ritter, Elisabeth. **Emissão de gases do efeito estufa de um aterro sanitário no Rio de Janeiro**. Artigo Técnico. Eng. Sanit. Ambient. [online]. 2018, vol.23, n.1, pp.101-111; Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/esa/v23n1/1809-4457-esa-23-01-101.pdf>> Acesso em: 15/07/2019

CAMPOS I. A.Z.; CUNHA, DE O.G.M. ; **DIREITO AO MEIO AMBIENTE E O NECESSÁRIO CONTROLE DA POLUIÇÃO ATMOSFÉRICA: A INOVAÇÃO TRAZIDA PELO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO**. *THE RIGHT TO THE ENVIRONMENT AND THE NECESSARY ATMOSPHERIC POLLUTION CONTROL: THE INNOVATION BROUGHT BY THE STATE OF ESPÍRITO SANTO, BRAZIL*. Cadernos do programa de pós Graduação Direito / UFRGS, Capa> v.11,n.2(2016)> Campos; Disponível em <<https://seer.ufrgs.br/index.php/ppgdir/article/view/65851/40451>> Acesso em 23/06/2021

Comitê das Bacias Hidrográficas das Lagoas de Araruama e Saquarema e dos Rios São João e Uma, Instituto estadual do ambiente. INEA 2012. Disponível em < http://www.inea.rj.gov.br/wp-content/uploads/2019/01/CBH-LSJ_Regimento-Interno.pdf > Acesso em 10/09/2020

COSTA, T. G. A.; IWATA, B. F.; CASTRO, C. P.; COELHO, J. V.; CLEMENTINO, G. E. S.; CUNHA, L. M. **Impactos ambientais de lixão a céu aberto no Município de Cristalândia, Estado do Piauí, Nordeste do Brasil**. Rev. Bras. Gest. Amb. Sustent. [online]. 2016, vol. 3, n. 4, p. 79-86. ISSN 2359-1412. DOI: [10.21438/rbgas.030408](https://doi.org/10.21438/rbgas.030408) . Disponível em: < <http://revista.ecogestaobrasil.net/v3n4/v03n04a08.html> > Acesso em : 01/10/2020

DE OLIVEIRA, D.E.P.; MIRANDA, A.C.; KLEPA, R.B.; FRANCO, M.A.C.; DA SILVA, S.C.; **ANÁLISE DO POTENCIAL DA PRODUÇÃO DE ENERGIA A PARTIR DA INCINERAÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS NA CIDADE DE SÃO PAULO**. Interciencia, vol. 43, núm. 11, pp. 778-783, 2018. Disponível em: < <https://www.redalyc.org/jatsRepo/339/33957918007/html/index.html> > Acesso em : 15/06/2021

INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, **INMETRO**, disponível em <<http://www.inmetro.gov.br/organismos/index.asp>>; Acesso em 25/06/2021

Caracterização da Emissão de Gases de Efeito Estufa do Lixão em Cabo Frio, RJ

International Panel Climate Change (IPCC) . **Climate change 2014 Synthesis Report**. Disponível em: < https://archive.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/syr/AR5_SYR_FINAL_All_Topics.pdf > Acesso em : 15/07/2019

LEAL, F. C. T. **Contexto e Prática da Engenharia Sanitária e Ambiental**. UFJF. Faculdade de Engenharia. Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental. Curso de Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental. 3ª ed, 2012.

LIMA, L. S. M. S., ALMEIDA, R. D., QUINTAES, B. R., BILA, D. M., & CAMPOS, J. C. (2017). **ANÁLISE DE METODOLOGIAS DE QUANTIFICAÇÃO DE SUBSTÂNCIAS HÚMICAS EM LIXIVIADOS DE ATERROS DE RESÍDUOS SÓLIDOS**. *REVISTA AMBIENTE & ÁGUA*, 12, 87-98. Disponível em < <https://www.scielo.br/j/ambiagua/a/qxRbnbtFDvyfdTQLkwtDNFD/abstract/?lang=pt> > Acesso em: 20/06/2021

Lopes, R. L.; José Jucá, F. T. ; Mariano, M. O. H. ; Felipe Jucá Maciel. Camadas cobertura metanotróficas como alternativas para gerenciamento de gases de efeito estufa em aterros sanitários

MENDONÇA, F.; DANNI-OLIVEIRA, I. M. *Climatologia: noções básicas e climas do Brasil*. Oficina de textos, 2017.

NASS, D. P. **O Conceito de Poluição**. *Revista Eletrônica de Ciências*. Número 13, Novembro de 2002. Disponível em: <http://www.cdcc.usp.br/ciencia/artigos/art_13/poluicao.html>.

PEDOTT, J. G. J., & AGUIAR, A. O. (2014). **BIOGÁS EM ATERROS SANITÁRIOS: COMPARANDO A GERAÇÃO ESTIMADA COM A QUANTIDADE VERIFICADA EM PROJETOS DE MECANISMO DE DESENVOLVIMENTO LIMPO**. *HOLOS*, 4, 195-211. Disponível em: < <https://www.redalyc.org/pdf/4815/481547173020.pdf> > Acesso em: 18/06/2021

PINHEIRO, L. T. ; **FLUXOS DE DIÓXIDO DE CARBONO E METANO DE UM LIXÃO NA AMAZÔNIA** ; UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ – UFPA INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS; Belém – PA 2018 Disponível em : < http://200.239.66.58/jspui/bitstream/2011/11045/1/Dissertacao_FluxosDioxidoCarbono.pdf > Acesso em: 10/10/2020

Pinheiro,J.M.; Venturi,L.A.B.; **Poluição Atmosférica: estudo do caso do Município de São Luis do Maranhão**. *Atmospheric pollution: a case study of the Municipality of São Luis do Maranhão*; Sociedade e Natureza DOI 10.14393/SN-v32-2020-56162. Disponível em <<http://www.seer.ufu.br/index.php/sociedadennatureza/article/view/56162/30188>> Acesso em : 17/06/2021.

POLUIÇÃO DO AR AMBIENTAL: EFEITOS RESPIRATÓRIOS; <https://doi.org/10.36416/1806-3756/e20200267> ; Disponível em :<<https://www.scielo.br/j/jbpneu/a/Y8XSDqxcnfs3jphjFV6FmLD/?lang=pt>>Acesso em 25/06/2021

Rio de Janeiro (Estado). Secretaria do Ambiente. **Inventário de emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE) do Estado do Rio de Janeiro : ano base 2015 : resumo técnico** / Secretaria do Ambiente. – Rio de Janeiro, 2017. 48 p. : il. Col

RIO DE JANEIRO, SECRETARIA DE ESTADO DO AMBIENTE INSTITUTO ESTADUAL DO AMBIENTE ;RESOLUÇÃO INEA 64/2012, RESOLUÇÃO INEA 65/2012 Disponível em <https://siquirj.com.br/site2013/wp-content/uploads/Oficio-Circular-INEA-01-2013.pdf>>Acesso em : 06/06/2021

RStudio Team (2020). **RStudio: Integrated Development for R**. RStudio, PBC, Boston, MA Disponível em : < <http://www.rstudio.com/> > Acesso em 25/05/2020

SANTOS,U. DE P.; ARBEX, M.A.; BRAGA, A.L.F.; MIZUTANI, R.F; CANÇADO, J.E.D.; FILHO, M.T.; CHATKIN, J.M.

SARNNGHAUSEN, V.C.R. **Revisão Sistemática e Metassíntese: medições de Gases de Efeito Estufa(GEE) Emitidos Pela Pecuária Bovina**. 149 pg. Universidade de São Paulo.Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiros.2011. Disponível em < file:///C:/Users/Maria%20Lu/Downloads/Valeria_Cristina_Rodrigues_Sarnighausen.pdf > acesso em 01/05/2018.

Silva, C. M.*; Tsuruta, F.; Rodrigues, J. C.; Vieira, F.; Arbilla, G. **Simulação das Trajetórias de Poluentes em Eventos Naturais e Antropogênicos**, Rev. Virtual Quim., 2018, 10 (6), no prelo. Data de publicação na Web: 12 de dezembro de 2018

Silva, C.M.; Corrêa, S.M.; Arbilla, G. **Determination of CO₂, CH₄ and N₂O: a Case Study for the City of Rio de Janeiro Using a New Sampling Method**. Journal of the Brazilian Chemical Society, 27, 778-786, 2016.



Sistemas de Estimativas de Gases de efeito estufa (SEEG). Disponível em: < <http://seeg.eco.br/oque-e-o-seeg/> > Acesso em 01/04/2018

SORDI, A.; DIECKOW, J.; BAYER, C.; ALBURQUERQUE, M. A.;PIVA, J. T.; ZANATTA, J. A.; TOMAZI, M.; ROSA, C. M. da; MORAES, A. de. **Nitrous oxide emission factors for urine and dung patches in a subtropical Brazilian pastureland.** Agriculture, Ecosystems and Environment, Amsterdam, v. 181, 2013.

Spillman, C.V. ; **implantação de coleta seletiva em meios de hospedagem em municípios turísticos caso de armação dos búzios (rj)** , Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro - PUC-Rio Disponível em < <https://www.maxwell.vrac.puc-rio.br/colecao.php?strSecao=resultado&nrSeq=19088@1>> Acesso em: 30/07/2019

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (USEPA) (2016) Atmospheric Concentrations of Greenhouse Gases. Environmental panel agency (EPA), p. 1-12. Disponível em: < <https://www.epa.gov/climate-indicators> > Acesso em: 20/10/2020.