

INSTITUTO FEDERAL DE SANTA CATARINA

ALINE PEREIRA GOMES MASTERS

DIAGNÓSTICO DOS CONTROLES DE EMISSÕES DE GASES EM ATERROS
SANITÁRIOS LICENCIADOS NO ESTADO DE SANTA CATARINA A PARTIR DA
ANÁLISE DE LICENÇAS AMBIENTAIS

Florianópolis

Agosto de 2021

ALINE PEREIRA GOMES MASTERS

DIAGNÓSTICO DOS CONTROLES DE EMISSÕES DE GASES EM ATERROS
SANITÁRIOS LICENCIADOS NO ESTADO DE SANTA CATARINA A PARTIR DA
ANÁLISE DAS LICENÇAS AMBIENTAIS

Dissertação apresentada ao
Mestrado Profissional em
Clima e Ambiente do
Campus Florianópolis do
Instituto Federal de Santa
Catarina para a obtenção
do diploma de Mestre em
Clima e Ambiente.

Orientador: (Marcelo Rennó
Braga)

Florianópolis

Agosto de 2021



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE SANTA CATARINA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CLIMA E AMBIENTE

Aluna: ALINE PEREIRA GOMES MASTERS

Título:	DIAGNÓSTICO DOS CONTROLES DE EMISSÕES DE GASES EM ATERROS SANITÁRIOS LICENCIADOS NO ESTADO DE SANTA CATARINA A PARTIR DA ANÁLISE DE LICENÇAS AMBIENTAIS
----------------	---

Aprovado (a) pela Banca Examinadora em cumprimento ao requisito exigido para obtenção do Título de Mestre em Clima e Ambiente

Dr. Marcelo Rennó Braga

Orientador(a) / Presidente / IFSC / Florianópolis –
SC

Participação: () Presencial (x) Videoconferência
(x) Aprovado () Reprovado

Dr. Walter Martin Widmer

Avaliador(a) Interno / IFSC / Florianópolis - SC
Participação: () Presencial (x) Videoconferência
(X) Aprovado () Reprovado

Dra. Debora Monteiro Brentano

Avaliador(a) Interno / IFSC / Florianópolis - SC
Participação: () Presencial (x) Videoconferência
(X) Aprovado () Reprovado

Dr. Carlos Eduardo Junqueira de Azevedo Tibirica

Avaliador(a) Externo / IMA / Itajaí – SC
Participação: () Presencial (x) Videoconferência
(X) Aprovado () Reprovado

Este trabalho foi aprovado por:

- () maioria simples
(X) unanimidade

Florianópolis, 24 de setembro de 2021.

CDD 551.6
M423d

Masters, Aline Pereira Gomes

Diagnóstico dos controles de emissões de gases em aterros sanitários licenciados no estado de Santa Catarina a partir da análise das licenças ambientais [DIS] / Aline Pereira Gomes Masters; orientação de Marcelo Rennó Braga – Florianópolis, 2021.

1 v.: il.

Dissertação de Mestrado (Clima e Ambiente) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina.

Inclui referências.

1. Gases do efeito estufa. 2. Licenciamento ambiental. 3. Controle ambiental. I. Braga, Marcelo Rennó. II. Título.

Sistema de Bibliotecas Integradas do IFSC
Biblioteca Dr. Hercílio Luz – Campus Florianópolis
Catalogado por: Ana Paula F. Rodrigues - CRB 14/1117

Esta dissertação é dedicada à minha filha Chloe Masters.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a todos os meus professores do IFSC, cada um teve sua parte na contribuição deste trabalho final, em particular meu orientador, pelo seu tempo, ensinamentos e correções.

Agradeço ao IMA (Instituto do Meio Ambiente de Santa Catarina), órgão em que sou funcionária pública e que me concedeu afastamento parcial para as aulas presenciais.

Agradeço em especial meu esposo, Bryan Masters, pelo suporte e incentivo. E estendo o agradecimento a toda minha família por sempre me apoiarem.

But climate change is an incredibly complex issue - and using today's technology, it will be virtually impossible to meet our goals. The reason is that nearly all of today's zero-carbon technologies are more expensive than their fossil-fuel counterparts. To provide all the benefits of the modern lifestyle to people around the world, we need new zero-carbon products that are just as affordable - that have what I call a Green Premium of zero. (Bill Gates, 2021)

RESUMO

A disposição final de resíduos em aterros sanitários gera gases do efeito estufa (GEE), principalmente o gás metano, através da decomposição da matéria orgânica. Para elaborar um diagnóstico da emissão de gases em aterros sanitários no Estado de SC, foi necessário realizar o levantamento dos processos de licenciamento ambiental do IMA (Instituto de Meio Ambiente do Estado de Santa Catarina) através do Sinfat (Sistema de Informações Ambientais utilizado no IMA). Foram identificados e analisados os controles e programas ambientais referentes à emissão de GEE das Licenças. Foi observado a falta de padronização de conteúdos mínimos que devem ser descritos em cada tópico da licença ambiental, principalmente nos tópicos de controles e programas ambientais. Sobre o aproveitamento da geração de biogás nos aterros sanitários licenciados em Santa Catarina, dos 28 aterros licenciados, em apenas 2, existe unidade de produção de gás e biogás com aproveitamento energético. Foi recomendado ao IMA exigir no Termo de referência de EIA (Estudo de Impacto Ambiental), em aterros porte G, o uso do biogás e monitoramento das emissões fugitivas, para aterros novos e ampliações dos aterros existentes. Também foi realizada proposta de atualização de alguns itens da IN-02 (Instrução Normativa) do IMA, para aterros porte P e M, incluindo a solicitação de estudo de viabilidade técnica e econômica para uso do metano, em aterros novos e ampliações dos aterros existentes.

Palavras-Chave: Gases do efeito estufa. Licenciamento ambiental. Controle ambiental.

ABSTRACT

The disposal of waste in landfills generates greenhouse gases (GHG), mainly methane gas, through the decomposition of organic matter. In order to prepare a diagnosis of gas emissions in landfills in the state of Santa Catarina, Brazil, it was necessary to conduct research of the IMA's (state regulatory organ) environmental licensing processes through Sinfat (IMA's Environmental Information System). The research was aimed at identifying and analyzing the controls and environmental monitoring guidelines related to greenhouse gas emissions in the studies and licenses of landfills. The lack of standardization of minimum requirements for environmental licenses was evident, mainly in the topics of environmental controls and monitoring guidelines. Of the 28 landfills with environmental licenses in the state of Santa Catarina, only 2 use biogas to generate energy. In the EIA (environmental impact analysis) we recommend the use of biogas and the monitoring of emissions for new large landfills and expansions of existing large landfills. We also recommend updates to the IN-02 (licensing requirement for small and medium sized landfills) of the IMA, to include technical and economic feasibility studies for the use of methane in new landfills and expansions of existing landfills.

Keywords: Greenhouse gases. Environmental licensing. Environmental monitoring guidelines.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1: Localização dos aterros sanitários licenciados pelo IMA em Santa Catarina. 34
- Figura 2: Informações sobre a administração dos aterros sanitários licenciados pelo IMA no Estado de Santa Catarina.. 35
- Figura 3: Informações sobre as fases do licenciamento ambiental dos aterros sanitários no Estado de Santa Catarina. 36
- Figura 4: Porte dos aterros sanitários licenciados pelo IMA no Estado de Santa Catarina. 38
- Figura 5: Programas ambientais sobre emissão de gases nos aterros sanitários licenciados pelo IMA no Estado de Santa Catarina. 44

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Listagem e quantidade de atividades secundárias citadas nas licenças ambientais de aterros sanitários no Estado de Santa Catarina.	37
Tabela 2: Listagem dos controles ambientais sobre drenagem dos gases dos aterros sanitários licenciados pelo IMA no Estado de Santa Catarina, dos 28% das licenças que trazem essa descrição mais detalhada..	39
Tabela 3: Listagem dos controles ambientais sobre recobrimento diário e final dos aterros sanitários licenciados pelo IMA no Estado de Santa Catarina..	41

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

CONSEMA - Conselho Estadual do Meio Ambiente de Santa Catarina

COVNM - Compostos orgânicos voláteis não metânicos

EAS - Estudo Ambiental Simplificado

EIA - Estudo de Impacto Ambiental

ETE – Estação de Tratamento de Esgoto

GEE - Gases do Efeito Estufa

GEPAM - Gerência de Gestão de Processos Ambientais

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IFSC – Instituto Federal de Santa Catarina

IMA - Instituto do Meio Ambiente de Santa Catarina

IN - Instruções Normativas

IPCC - Painel Intergovernamental de Mudanças do Clima

LAI - Licença Ambiental de Instalação

LAO - Licença Ambiental de Operação

LAP - Licença Ambiental Prévia

MDL - Mecanismo de Desenvolvimento Limpo

PEAD - Polietileno de Alta Densidade

PERS - Plano Estadual de Resíduos Sólidos

PNMC - Política Nacional sobre Mudança do Clima

PNRS - Política Nacional dos Resíduos Sólidos

Ren. LAO - Renovação de Licença Ambiental de Operação

SC – Estado de Santa Catarina

SEEG - Sistema de Estimativa de Emissões de Gases de Efeito Estufa

Sinfat - Sistema de Informações Ambientais da Fatma

SIRENE - Sistema de Registro Nacional de Emissões

SISNAMA - Sistema Nacional de Meio Ambiente

SP – Estado de São Paulo

TAC - Termo de Compromisso de Ajustamento de Conduta

UNFCCC - Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudanças do Clima

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	15
1.1 Objetivos	21
1.1.1 Objetivo geral	21
1.1.2 Objetivo(s) específico(s)	21
1.2 Revisão da Literatura	21
2 ARTIGO(S) SUBMETIDO(S)	29
2.1 Diagnóstico dos controles ambientais de emissão de gases em aterros sanitários licenciados no Estado de Santa Catarina	29
3 PRODUTO(S) DESENVOLVIDO(S)	51
3.1 Relatório técnico de assessoria...	51
3.2 Artigo de divulgação técnico-científica...	55
4 CONSIDERAÇÕES FINAIS	57

1 INTRODUÇÃO

No Brasil, os Municípios e o Distrito Federal são os titulares dos serviços públicos de saneamento básico e podem delegar essas atividades a terceiros. O conjunto de funções descritas na Lei que estabelece as diretrizes nacionais para o saneamento básico abrange limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos. Esses serviços são constituídos por diversas atividades, incluindo tratamento e destinação final ambientalmente adequada dos resíduos sólidos domiciliares e dos resíduos de limpeza urbanas (BRASIL, 2007).

A destinação final ambientalmente adequada dos resíduos sólidos inclui a reutilização, reciclagem, compostagem, recuperação, aproveitamento energético e a disposição final. A disposição final ambientalmente adequada é definida na Política Nacional dos Resíduos Sólidos (PNRS) como a distribuição ordenada de rejeitos em aterros, observando as normas operacionais específicas. A PNRS também proibiu o lançamento in natura a céu aberto de resíduos ou rejeitos (BRASIL, 2010).

O panorama da disposição final de resíduos sólidos e rejeitos no Estado de Santa Catarina, em 2012, constatou que 100% dos municípios catarinenses já estavam destinando seus resíduos sólidos urbanos para aterros sanitários. Essa realidade foi possível através do Programa “Lixo Nosso de Cada Dia”, lançado pelo Ministério Público de Santa Catarina no ano de 2001, o qual resultou em inúmeros Termos de Compromisso de Ajustamento de Conduta (TAC) com diversos municípios (SANTA CATARINA, 2012). Contudo, o Estado de Santa Catarina ainda possui um passivo ambiental de lixões inativos. Em um estudo que realizou o levantamento desses lixões, em 44 municípios da região sul do Estado, constatou-se a existência de 53 lixões inativos nesses municípios (COSTA; POSSAMAI; VIANA, 2006).

De acordo com o Plano Estadual de Resíduos Sólidos de Santa Catarina, a quantidade total de resíduos sólidos urbanos coletados no Estado é em torno de 1.723.115,36 ton/ano, sendo 94,14% de coleta convencional e 5,86% da seletiva. Considerando as quantidades coletadas e os índices de atendimento dos serviços de coleta, chegou-se a uma produção per capita de 0,73 Kg/hab.dia de resíduos sólidos urbanos em Santa Catarina (SANTA CATARINA, 2018).

É importante destacar que os resíduos constituem um importante recurso de energia renovável que pode ser explorado através de processos térmicos (incineração e co-combustão industrial) e também utilização de gás do aterro (IPCC, 2001).

O tratamento e a disposição de resíduos sólidos urbanos produzem quantidades significativas de biogás, que é formado em sua maior parte por metano (CH_4). Os locais de disposição de resíduos sólidos também produzem dióxido de carbono biogênico (CO_2) e compostos orgânicos voláteis não metânicos (COVNM), bem como quantidades menores de óxido nitroso (N_2O), óxidos de nitrogênio (NO_x) e monóxido de carbono (CO). O CH_4 produzido nos locais de disposição de resíduos sólidos contribui aproximadamente de 3 a 4% das emissões anuais globais de gases do efeito de estufa antropogênico (IPCC, 2001).

As emissões do setor de resíduos estão principalmente condicionadas à complexidade do estilo de vida nas cidades, quando analisadas em âmbito nacional, a contribuição do setor é pequena, porém ao analisar o contexto urbano há um padrão comportamental bastante diversificado. O tratamento e disposição final de resíduos sólidos e líquidos podem atingir contribuições percentuais médias de 10% a 20% no total de emissões de Gases do Efeito Estufa (GEE) em diferentes municípios no Brasil. (ALBUQUERQUE; COLUNA, 2018).

O processo de liberação do CH_4 pela decomposição dos resíduos em aterros diminui gradativamente nas décadas subsequentes ao início da decomposição da matéria orgânica. O metano é um poluente com vida relativamente curta na atmosfera, apresenta efeitos nocivos à saúde e ao ambiente e possui potencial 28 vezes maior que o do CO_2 de agravar o efeito estufa (ALBUQUERQUE; COLUNA, 2018).

Em muitos países industrializados, a gestão de resíduos mudou muito na última década, com a redução da quantidade de resíduos gerados, reciclagem/reutilização e introdução de políticas com o objetivo de melhorar a gestão. A recuperação de gás de aterro também se tornou mais comum como medida para reduzir as emissões de CH_4 dos locais de disposição de resíduos sólidos (IPCC, 2006).

O relatório das estimativas anuais de emissões de GEE no Brasil possui como

metodologia o cálculo das emissões a partir dos resultados obtidos nos Relatórios de Referência do III Inventário Nacional, de 1990 a 2010, estendendo o período analisado até o ano de 2015. Para disponibilização dos resultados das emissões nacionais de GEE foi oficializado por meio do Decreto no 9.172/2017 o instrumento chamado Sistema de Registro Nacional de Emissões (SIRENE) que procura trazer mais transparência ao processo de elaboração das estimativas (BRASIL, 2017).

Segundo a 4ª edição das Estimativas anuais de Emissões de gases do efeito estufa no Brasil, as emissões de metano (CH₄) por resíduos sólidos no Brasil, para o ano de 1990, foram estimadas em 898,9 Gg (Gigagrama) e de 19 Gg para dióxido de carbono (CO₂). No ano de 2015, as emissões foram estimadas em 1.493,4 Gg de CH₄ e 222 Gg de CO₂ (BRASIL, 2017).

O Estado de São Paulo (SP) elaborou para o período de 1990 a 2008 o 1º e único até agora, Inventário de Emissões Antrópicas de Gases de Efeito Estufa Diretos e Indiretos. Nele também está contemplado o Inventário do Setor de Resíduos Sólidos e Efluentes Líquidos. Este inventário pode ser comparado, sem adaptações, ao inventário nacional de emissões de GEE do mesmo setor, pois utilizaram métodos de inventário de 1996 do Painel Intergovernamental de Mudanças do Clima (IPCC) e empregam as mesmas fontes de dados. Este inventário revelou que houve um aumento de 58% das emissões de GEE por resíduos sólidos no Estado de São Paulo (SP) entre os anos de 1990 e 2008, passando de 5,8 milhões de toneladas desses gases, para 9,2 milhões de toneladas (CETESB, 2011).

Em comparação ao inventário nacional, utilizando o mesmo ano de 2005, o inventário estadual de SP apresentou diferença com relação às atividades que mais geram Gases do Efeito Estufa (GEE). Os setores que mais geraram GEE no inventário nacional foi o uso da terra, cerca de 58%, e 20% agropecuária, enquanto no estadual as atividades que mais geraram GEE tiveram um empate, setor agropecuário e energia em 37% cada (CETESB, 2011; BRASIL, 2017).

O Sistema de Estimativa de Emissões de Gases de Efeito Estufa (SEEG), estimou que em Santa Catarina, para o ano de 2017, o setor de resíduos foi o segundo com mais emissão de metano no Estado, com geração de 96.662 ton., ficando atrás apenas do setor de agropecuária, com 389.984 ton. Ainda em terceiro

lugar foi o setor de energia com 47.477 ton. e por último, mudança de uso da terra e florestas, com 35.822 ton. (ALBUQUERQUE; COLUNA, 2018).

O Brasil participa da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudanças do Clima (UNFCCC), do Protocolo de Quioto e do Acordo de Paris, além de outros instrumentos de âmbito internacional (BRASIL, 2020).

O único mecanismo do Protocolo de Quioto que admitia a participação de países em desenvolvimento era o Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL) e possuía caráter voluntário. O MDL consistia na elaboração, desenvolvimento e aplicação de projetos que reduzem a emissão de gases de efeito estufa e possibilitam a venda dessas reduções de emissão de GEE, para os países desenvolvidos, auxiliando-os a cumprir as suas metas e compromissos junto ao Protocolo de Quioto (MCTIC, 2016).

Os projetos MDL devem implicar em reduções de emissões mensuráveis e de longo prazo, com resultados comparáveis àquelas que ocorreriam na ausência do projeto, para garantia de benefícios reais. Os projetos desenvolvidos no Brasil pelo MDL devem ser aprovados pela comissão interministerial de mudanças globais do clima e registradas no conselho executivo do MDL. Todas as atividades de projeto e dos programas de atividades brasileiras aprovados são divulgados através de relatórios sobre o status dos projetos do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MCTIC, 2016).

No Brasil, se destacam a implementação de alguns tipos de projetos MDL como: usinas eólicas, pequenas centrais hidrelétricas, aterros sanitários, tratamento de dejetos, uso de biomassa para geração de energia, entre outros (MCTIC, 2016).

Com relação aos projetos do MDL no mundo, 7.690 atividades de projeto encontravam-se registradas na UNFCCC (Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre a Mudança do Clima) até 31 de janeiro de 2016. Com relação a quantidade de atividades de projetos registradas, o Brasil ocupava o 3º lugar com 339 atividades, correspondendo a (4,4%), e em primeiro lugar encontrava-se a China com 3.764 (48,9%) e, em segundo, a Índia com 1.598 (20,8%) (MCTIC, 2016).

A mesma ordem seguiu referente à estimativa de redução de emissões de gases de efeito estufa, associada aos projetos de MDL registrados, até 31 de janeiro de 2016. Nesta estimativa o Brasil ocupava a terceira posição, sendo responsável

pela redução de cerca de 375 milhões toneladas de CO₂ eq (dióxido de carbono equivalente), correspondente a 4,9% do total mundial, a China ocupava o primeiro lugar, com 59,9% das reduções, seguida pela Índia com 11,5% (MCTIC, 2016).

Quanto ao número de atividades de projetos brasileiros, por tipo de projeto, registradas até 31 de janeiro de 2016, os de Energia Hidrelétrica representavam 27,7%, os de Biogás com 18,6%, Usinas Eólicas 16,5%, Gás de Aterro 14,8% e Biomassa Energética 12,1% (MCTIC, 2016).

A Política Nacional sobre Mudança do Clima (PNMC), instituída pela Lei nº 12.187 de 29 de dezembro de 2009, oficializou o compromisso nacional voluntário de redução do nível de emissões de gases de efeito estufa entre 36,1% e 38,9% das emissões projetadas até 2020 (BRASIL, 2009). Segundo Albuquerque (2020), as emissões nacionais em 2019, já eram 4% maiores que o limite da meta da PNMC projetada até 2020. Isso significa que qualquer crescimento de emissões em 2020 faria o país descumprir a meta da PNMC.

No capítulo que trata sobre licenciamento ambiental na política estadual sobre mudanças climáticas de Santa Catarina, é determinada a apreciação, pela Fundação do Meio Ambiente – FATMA (atual Instituto do Meio Ambiente de Santa Catarina - IMA), de forma prioritária, das licenças ambientais referentes a projetos no âmbito do MDL ou de outros mecanismos que visem à mitigação das emissões de gases de efeito estufa. Ainda determina que serão definidos pela FATMA (atual IMA) os critérios de reconhecimento de outros mecanismos de mitigação das emissões de gases de efeito estufa não enquadrados no Protocolo de Quioto e da apresentação de uma declaração comprovando e ratificando o enquadramento do empreendimento no Protocolo de Quioto ou em outros mecanismos de estabilização da concentração de gases de efeito estufa (SANTA CATARINA, 2009).

O Instituto do Meio Ambiente de Santa Catarina (IMA) é um órgão ambiental da esfera estadual do Governo de Santa Catarina e faz parte do Sistema Nacional de Meio Ambiente (SISNAMA) que é a estrutura adotada para a gestão ambiental no Brasil. A autarquia estadual IMA, foi criada em 2017, em substituição à Fundação do Meio Ambiente FATMA que atuou por 42 anos, e tem como missão maior garantir a preservação dos recursos naturais do Estado. Entre suas atribuições está a fiscalização e o licenciamento ambiental (IMA, 2019).

As atividades licenciadas no órgão seguem Resolução Consema nº 98, de 5 de maio de 2017, que aprova a listagem das atividades sujeitas ao licenciamento ambiental e aponta o tipo de estudo ambiental necessário de acordo com o porte do empreendimento. A atividade 34.41.10 refere-se à disposição final de rejeitos urbanos em aterros sanitários e é licenciada exclusivamente pelo órgão estadual (SANTA CATARINA, 2017).

A definição da documentação necessária ao licenciamento e estabelecimento de critérios para apresentação dos planos, programas e projetos ambientais é feita por instruções normativas (IN) do IMA para estudos RAP (Relatório Ambiental Prévio), EAS (Estudo Ambiental Simplificado) e EIA/RIMA (Estudo e Impacto Ambiental/Relatório de Impacto Ambiental). Para empreendimentos que se enquadram no estudo EIA/RIMA é disponibilizado, além da IN, um termo de referência específico para o estudo ambiental. Para a atividade de disposição final de resíduos sólidos e/ou rejeitos de pequeno e médio porte é utilizada a IN 2, que teve sua última atualização em fevereiro de 2020 (IMA, 2020).

Conhecendo a problemática dos gases do efeito estufa emitidos por resíduos, principalmente em locais de disposição final como aterros sanitários, foi necessário o diagnóstico dessas áreas para se ter conhecimento sobre a eficiência dos controles ambientais referentes à gestão dos gases que são gerados. Tal levantamento foi essencial para determinar ações necessárias para atingir metas propostas no Plano Estadual de Resíduos Sólidos (PERS) de Santa Catarina (SC) que visam recuperar os gases de aterro sanitário, sempre que viável técnica e economicamente (SANTA CATARINA, 2018). Este estudo deu subsídio para cumprimento da segunda meta do PERS, em médio prazo (até 2023), que propõe a normatização para que novos aterros ou ampliações dos aterros existentes sejam projetados para coleta e uso do metano.

Uma análise das normas e legislações que amparam os órgãos para licenciamento ambiental de aterros também se fez necessária para conhecimento quanto ao rigor do licenciamento nos itens relacionados à geração de biogás.

Entre os produtos gerados nesta pesquisa, está a publicação de um artigo em uma revista científica na área de Engenharia Sanitária e Ambiental. Outros dois produtos serão elaborados, um deles compreende um relatório técnico de

assessoria, onde serão propostas alterações que visam a melhoria na IN 02, a fim de se ter um maior rigor no controle e monitoramento dos GEE gerados pelos resíduos depositados em aterros sanitários no Estado de Santa Catarina. E também um artigo de divulgação técnico-científica, que é um conjunto de informações a respeito da condição das licenças ambientais dos aterros sanitários com relação a emissão dos GEE, que será publicado no site do IMA e disponibilizado para a consulta dos servidores.

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo geral

Elaborar um diagnóstico dos controles da emissão de gases do efeito estufa em aterros sanitários no Estado de Santa Catarina.

1.1.2 Objetivo(s) específico(s)

- Realizar o levantamento dos processos de licenciamento ambiental do Instituto do meio Ambiente de Santa Catarina (IMA) no Sinfat (Sistema de Informações Ambientais do IMA) referentes a atividade de disposição final de rejeitos urbanos em aterros sanitários;

- Elaborar um mapeamento dos aterros sanitários licenciados em Santa Catarina;

- Tabular os aterros sanitários de acordo com as principais informações relacionadas a emissão de gases do efeito estufa;

- Identificar e analisar os controles e programas ambientais referentes à mitigação dos impactos relacionados à emissão de gases do efeito estufa nas Licenças Ambientais vigentes de aterros sanitários emitidas pelo IMA;

- Elaborar um relatório técnico de assessoria, propondo alterações na Instrução Normativa 02 do IMA, que normatiza o licenciamento da atividade de disposição final de resíduos sólidos e/ou rejeitos;

- Elaborar um artigo de divulgação técnico-científica a respeito do diagnóstico

realizado das licenças ambientais dos aterros sanitários de Santa Catarina para divulgação no site do IMA.

1.2 Revisão de literatura

Uma análise das normas e legislações que amparam os órgãos para licenciamento ambiental de aterros se fez necessária para conhecimento quanto ao rigor do licenciamento nos itens relacionados à geração de biogás.

O licenciamento de aterros sanitários no Estado de Santa Catarina é realizado pelo IMA, órgão ambiental da esfera estadual e que faz parte do Sistema Nacional de Meio Ambiente (SISNAMA). O IMA é responsável pela padronização dos procedimentos administrativos e técnicos das atividades licenciáveis.

Para a atividade de disposição final de rejeitos urbanos em aterros sanitários, é disponibilizada a instrução normativa (IN) 02. Para aterros porte P e M, cujos estudos exigidos são RAP (Relatório Ambiental Prévio) e EAS (Estudo Ambiental Simplificado), existe o termo de referência em anexo na IN. Para aterros porte G, é necessário a elaboração de termo de referência específico para o Estudo de Impacto Ambiental (EIA) e seu respectivo Relatório de Impacto Ambiental (RIMA).

A definição do porte do aterro é feita de acordo com a capacidade de recebimento dos resíduos em toneladas por dia, conforme a Resolução CONSEMA 98. Os aterros porte G \geq 50 t/dia, porte M de 30 a 50 t/dia, e aterros são porte P \leq 30 t/dia. Os estudos são exigidos apenas na fase de Licença Ambiental Prévia (LAP).

A IN 02 define a documentação necessária ao licenciamento e estabelecimento de critérios para apresentação dos planos, programas e projetos ambientais de um grupo de 5 atividades licenciáveis. Essas atividades são: 34.41.10 Disposição final de rejeitos urbanos em aterros sanitários; 71.50.00 Depósito e aterro de rejeitos de mineração – exceto carvão mineral; 71.60.03 Disposição final de rejeitos Classe I, de qualquer origem; 71.60.04 Disposição final de rejeitos Classe IIA e Classe IIB, de qualquer origem, em aterros e 71.60.05 Disposição final de rejeitos da construção civil, em aterros (IMA, 2020).

O tipo de estudo ambiental para cada atividade é definido de acordo com o porte do empreendimento, que pode ser relacionado a área útil (ha) ou, no caso da

atividade de disposição final de rejeitos urbanos em aterros sanitários, em quantidade de resíduos (ton/dia) (IMA, 2020).

O licenciamento no Estado de Santa Catarina é trifásico, por meio de:

- Licença Ambiental Prévia (LAP): Com prazo de validade de no mínimo, o estabelecido pelo cronograma de elaboração dos planos, programas e projetos relativos ao empreendimento ou atividade, não podendo ser superior a 5 (cinco) anos, é concedida na fase preliminar do planejamento do empreendimento ou atividade aprovando sua localização e concepção, atestando a viabilidade ambiental e estabelecendo os requisitos básicos e condicionantes a serem atendidos nas próximas fases de sua implementação (SANTA CATARINA, 2017).

- Licença Ambiental de Instalação (LAI): Com prazo de validade de no mínimo, o estabelecido pelo cronograma de instalação do empreendimento ou atividade, não podendo ser superior a 6 (seis) anos, autoriza a instalação do empreendimento ou atividade de acordo com as especificações constantes dos planos, programas e projetos aprovados, incluindo as medidas de controle ambiental, e demais condicionantes, da qual constituem motivo determinante (SANTA CATARINA, 2017).

- Licença Ambiental de Operação (LAO): Com prazo de validade de no mínimo de 4 (quatro) e máximo de 10 (dez) anos, autoriza a operação da atividade ou empreendimento, após a verificação do efetivo cumprimento do que consta das licenças anteriores, com as medidas de controle ambiental e condicionantes determinados para a operação (SANTA CATARINA, 2017).

As instruções normativas apresentam instruções gerais, e instruções específicas que são exclusivas de cada IN.

Entre as instruções específicas da IN 02, existem alguns itens que estão relacionados com controles ambientais referentes a aproveitamento de biogás, como o item 5.7, que cita que os empreendimentos, sempre que possível, devem implantar sistema de aproveitamento de biogás para geração de energia elétrica. Também o item 5.11, onde solicita no projeto executivo do empreendimento, com memorial descritivo das unidades que compõem o empreendimento nas fases de instalação e operação, o sistema de drenagem de gás. E o item 5.12, onde informa que deve constar, no referido projeto, a planta da área do empreendimento, em escala não

inferior a 1:2000, representado com cortes transversais e longitudinais e devem ainda ser apresentadas plantas referentes ao sistema de drenagem de gases.

A IN 02 também apresenta a documentação necessária para o licenciamento das atividades, em todas as suas fases, Licença Ambiental Prévia (LAP), Licença Ambiental de Instalação (LAI), Renovação de Licença Ambiental de Instalação (Ren. LAI), Licença Ambiental de Operação (LAO) e Renovação da Licença Ambiental de Operação (Ren. LAO).

Por último, a IN 02 apresenta o termo de referência para elaboração do Estudo Ambiental Simplificado (EAS) e do Relatório Ambiental prévio (RAP), com toda a estrutura e conteúdos mínimos que esses estudos devem conter.

Nos casos de aterros porte G, onde o empreendimento se enquadra no estudo de EIA/RIMA, o IMA, através da GELAE (Gerência de Licenciamento Ambiental de Atividades Estratégicas) elabora e disponibiliza um termo de referência específico para o empreendimento.

Outro órgão ambiental que faz parte do Sistema Nacional de Meio Ambiente (SISNAMA), mas na esfera Federal, e que é responsável por licenciamentos ambientais é o IBAMA.

A Lei Complementar nº 140/11, art. 7º, inciso XIV, e o Decreto nº 8.437/15, estabelecem os critérios e tipos de atividades e de empreendimentos sujeitos ao licenciamento ambiental no Ibama. São de competência do Ibama o licenciamento ambiental de atividades e de empreendimentos: localizados ou desenvolvidos conjuntamente no Brasil e em país limítrofe; localizados ou desenvolvidos em terras indígenas; localizados ou desenvolvidos em unidades de conservação instituídas pela União, exceto em Áreas de Proteção Ambiental (APAs); localizados ou desenvolvidos em 2 (dois) ou mais Estados; entre outros.

Também no âmbito federal, existe a Resolução CONAMA nº 404/2008 que estabelece critérios e diretrizes para o licenciamento ambiental de aterro sanitário de pequeno porte de resíduos sólidos urbanos. É uma resolução bem sucinta, que considera as dificuldades que os municípios de pequeno porte enfrentam na implantação e operação de aterro sanitário de resíduos sólidos, para atendimento às exigências do processo de licenciamento ambiental. Também estabelece que os procedimentos de licenciamento ambiental de aterros sanitários de pequeno porte

sejam realizados de forma simplificada. E são considerados aterros sanitários de pequeno porte aqueles com disposição diária de até 20 toneladas de resíduos sólidos urbanos. Esta resolução não cita sobre o sistema de aproveitamento de biogás para geração de energia elétrica (BRASIL, 2008).

A Resolução CONAMA nº 001/1986 dispõe sobre critérios básicos e diretrizes gerais para a avaliação de impacto ambiental. Define uma lista de atividades que devem elaborar estudo de impacto ambiental (EIA) e respectivo relatório de impacto ambiental (RIMA). Dentre as atividades listadas encontram-se os aterros sanitários, processamento e destino final de resíduos tóxicos ou perigosos.

Esta resolução ainda informa que os órgãos ambientais competentes e os órgãos setoriais do SISNAMA deverão compatibilizar os processos de licenciamento com as etapas de planejamento e implantação das atividades modificadoras do meio ambiente, respeitados os critérios e diretrizes estabelecidos por esta Resolução e tendo por base a natureza o porte e as peculiaridades de cada atividade. Trata-se de uma resolução bem sucinta e não traz nenhuma exigência sobre uso de biogás (BRASIL, 1986).

As NBRs (Norma Brasileira) são normas técnicas que possuem inúmeras aplicações para padronização de documentos, processos produtivos e procedimentos de gestão. Os controles ambientais de licenciamentos ambientais de aterros sanitários devem seguir os critérios mínimos estabelecidos nas principais normas que se encontram em vigor.

A norma ABNT (1997) fixa as condições mínimas exigíveis para projeto, implantação e operação de aterros de resíduos não perigosos. Com relação às emissões gasosas, cita o monitoramento dos gases, que deve ser feito através da medição da concentração e vazão dos gases gerados no aterro e também que o aterro deve ser projetado de maneira a minimizar as emissões gasosas e promover a captação e tratamento adequado. Após o encerramento do aterro deve ser feita manutenção do sistema de coleta de gases (se existente) até que seja comprovado o término de sua geração. Nos procedimentos para registro de operação e relatório anual citado na Norma, informa que deve conter os dados referentes ao monitoramento das águas superficiais e subterrâneas e, se for o caso, de efluentes gasosos gerados.

A ABNT (1992) fixa as condições mínimas exigíveis para a apresentação de projetos de aterros sanitários de resíduos sólidos urbanos. Esta norma traz a definição de Gás bioquímico (GBQ), gás de aterro ou biogás, sendo a mistura de gases produzidos pela ação biológica na matéria orgânica em condições anaeróbias, composta principalmente de dióxido de carbono e metano em composições variáveis. Informa que deve ser apresentado o desenho do sistema de drenagem de gases e um levantamento planialtimétrico da área do aterro sanitário, em escala não inferior a 1:1000, com curvas de nível, onde estejam representados todos os elementos componentes do sistema de drenagem de gases.

E para os aterros sanitários de pequeno porte, a ABNT (2010) traz diretrizes para localização, projeto, implantação, operação e encerramento do aterro.

Sobre o uso de biogás de aterros no país, existe um estudo de Nascimento *et al.* (2019) sobre o estado da arte dos aterros de resíduos sólidos urbanos que aproveitam o biogás para geração de energia elétrica e biometano no Brasil. Esse estudo concluiu que o Brasil possui um potencial considerável de aproveitamento do biogás para geração de energia elétrica ou biometano em seus diversos aterros sanitários, se considerar o volume expressivo de RSU gerado (219 mil t/dia) e a alta porcentagem de matéria orgânica (52%). No entanto, o levantamento realizado no presente estudo mostra que esse potencial estimado ainda é controverso, provavelmente em decorrência do uso de metodologias de avaliação distintas, da utilização de dados desatualizados em relação à quantidade e à composição dos RSU e da indisponibilidade de informações técnicas e ambientais dos aterros de resíduos existentes (NASCIMENTO *et al.*, 2019).

O estudo também demonstra que o Brasil explora somente de 7 a 20% do biogás produzido nos aterros de resíduos para fins energéticos. Entre 2004 e 2015, foram implantadas nos aterros de resíduos do País somente 9 usinas termelétricas, que juntas geram 86,3 MW de energia elétrica, e duas usinas que produzem biometano (NASCIMENTO *et al.*, 2019).

Para a melhoria desse cenário é fundamental a concretização de incentivos fiscais e financeiros à criação de consórcios públicos para a disposição compartilhada dos RSU, principalmente entre municípios de pequeno porte (até 50 mil habitantes), a fim de proporcionar maior volume de resíduos aterrados e o

consequente aproveitamento de biogás para geração de energia elétrica e biometano (NASCIMENTO *et al.*, 2019).

Em estudo realizado por Barros, Tiago Filho e Silva (2014), foi constatado a viabilidade financeira para aproveitamento energético de biogás de aterro apenas para populações com mais de 200.000 habitantes. Demonstrando que existem menos políticas que incentivam a utilização de aterros sanitários como fonte de energia renovável e número de iniciativas financeiras econômicas para geração de energia para populações inferiores a 200.000 habitantes.

Em um outro estudo realizado por Costa (2020), demonstrou que independente da diferença no volume de resíduos produzido, um projeto de recuperação e aproveitamento do biogás para geração de energia elétrica pode ser viável economicamente. Mesmo com cenários que indiquem inviabilidade financeira, relacionado ao preço da tarifa de energia, podem ser acrescidos à comercialização dos créditos de carbono. E também este incentivo não se restringe apenas ao empreendimento, mas se tornam um benefício para o meio ambiente, visto que gases deixarão de ser emitidos na atmosfera.

Em uma pesquisa realizada no aterro de Santo Antônio de Jesus – BA, foi concluído que um projeto de recuperação do biogás e aproveitamento e tratamento do metano com o objetivo de geração de energia elétrica é viável do ponto de vista econômico e financeiro apesar da pouca quantidade de lixo depositada diariamente, aproximadamente 100 t. Analisado sob diferentes cenários de recuperação, o empreendimento apresentou parâmetros que confirmam sua viabilidade, especialmente quando ocorrem 90% de recuperação do biogás e 75% do projeto é financiado. Analisado nessa perspectiva, a geração de energia anual, nos 10 primeiros anos do projeto, em média, seria acima de 1 MW, suficiente para abastecer 1,5 mil famílias (MARTINS; SILVA; CARNEIRO, 2017).

No estudo realizado por Souza, Silva, Trindade, Freitas e Anselmo (2019), onde realiza a análise do potencial de aproveitamento energético de biogás de aterro e simulação de diferentes cenários baseados em percentuais de recuperação de resíduos recicláveis, concluiu-se que somente o aproveitamento de 150 kW torna-se viável para ser empregado. Para as práticas de gerenciamento dos

cenários propostos, a reciclagem obteve os maiores ganhos energéticos e remoção de emissões de GEE. Fica claro, portanto, a importância que a reciclagem e a coleta seletiva exercem sobre as etapas de gerenciamento dos resíduos sólidos, demonstrando que os esforços dos gestores devem estar voltados para investimentos em infraestrutura e na conscientização e educação ambiental da população.

2 ARTIGO(S) SUBMETIDO(S)

2.1 Diagnóstico dos controles ambientais de emissão de gases em aterros sanitários licenciados no Estado de Santa Catarina

Diagnosis of environmental gas emission controls in licensed landfills in the state of Santa Catarina

Aline Pereira Gomes¹

 <https://orcid.org/0000-0002-3314-791X>

¹Instituto Federal de Santa Catarina – Florianópolis (SC), Brasil.

RESUMO

A disposição final de resíduos em aterros sanitários gera gases do efeito estufa (GEE), principalmente o gás metano, através da decomposição da matéria orgânica. Para elaborar um diagnóstico da emissão de gases em aterros sanitários no Estado de SC, foi necessário realizar o levantamento dos processos de licenciamento ambiental do IMA (Instituto de Meio Ambiente do Estado de Santa Catarina) através do Sinfat (Sistema de Informações Ambientais utilizado no IMA). Foram identificados e analisados os controles e programas ambientais referentes à emissão de GEE das Licenças. Foi observado a falta de padronização de conteúdos mínimos que devem ser descritos em cada tópico da licença ambiental, principalmente nos tópicos de controles e programas ambientais. Sobre o aproveitamento da geração de biogás nos aterros sanitários licenciados em Santa Catarina, dos 28 aterros licenciados, em apenas 2 aterros, existe unidade de produção de gás e biogás com aproveitamento energético. Existe a necessidade de exigir no Termo de referência de EIA (Estudo de Impacto Ambiental), para aterros porte G, o uso do biogás e monitoramento das emissões fugitivas, em aterros novos e ampliações dos aterros existentes. Também é essencial a atualização de itens da IN-02 (Instrução Normativa) do IMA, para aterros porte P e M, incluindo a solicitação de estudo de viabilidade técnica e econômica para uso do metano, em aterros novos e ampliações dos aterros existentes.

Palavras-chave: Gases do efeito estufa; licenciamento ambiental; controle ambiental.

ABSTRACT

The disposal of waste in landfills generates greenhouse gases (GHG), mainly methane gas, through the decomposition of organic matter. In order to prepare a diagnosis of gas emissions in landfills in the state of Santa Catarina, Brazil, it was necessary to conduct research of the IMA's (state regulatory organ) environmental licensing processes through Sinfat (IMA's Environmental Information System). The research was aimed at identifying and analyzing the controls and environmental monitoring guidelines related to greenhouse gas emissions in the studies and licenses of landfills. The lack of standardization of minimum requirements for environmental licenses was evident, mainly in the topics of environmental controls and monitoring guidelines. Of the 28 landfills with environmental licenses in the state of Santa Catarina, only 2 use biogas to generate energy. In the EIA (environmental impact analysis) there is a need to require the use of biogas, and monitoring of emissions for new large landfills and expansions of existing large landfills. There is a need to updates to the IN-02 (licensing requirement for small and medium sized landfills) of the IMA, to request a technical and economic feasibility study for the use of methane in new landfills and expansions of existing landfills.

Keywords: Greenhouse gases. Environmental licensing. Environmental monitoring guidelines.

INTRODUÇÃO

A disposição final de resíduos em aterros sanitários gera gases do efeito estufa (GEE), principalmente o gás metano, através da decomposição da matéria orgânica.

O tratamento e a disposição de resíduos sólidos urbanos produzem quantidades significativas de biogás, que é formado em sua maior parte por metano (CH₄). Os locais de disposição de resíduos sólidos também produzem dióxido de

carbono biogênico (CO_2) e compostos orgânicos voláteis não metânicos (COVNM), bem como quantidades menores de óxido nitroso (N_2O), óxidos de nitrogênio (NO_x) e monóxido de carbono (CO). O CH_4 produzido nos locais de disposição de resíduos sólidos contribui com aproximadamente 3 a 4% das emissões anuais globais de gases do efeito de estufa antropogênico (IPCC, 2001).

As emissões do setor de resíduos estão principalmente condicionadas à complexidade do estilo de vida nas cidades, quando analisadas em âmbito nacional, a contribuição do setor é pequena, porém ao analisar o contexto urbano há um padrão comportamental bastante diversificado. O tratamento e disposição final de resíduos sólidos e líquidos podem atingir contribuições percentuais médias de 10% a 20% no total de emissões de Gases do Efeito Estufa (GEE) em diferentes municípios no Brasil. (ALBUQUERQUE; COLUNA, 2018).

O Sistema de Estimativa de Emissões de Gases de Efeito Estufa (SEEG), através do Observatório do Clima estimou que em Santa Catarina, para o ano de 2017, a geração de metano por resíduos foi o segundo setor com mais emissão no Estado, com geração de 96.662 ton., ficando atrás apenas do setor de agropecuária, com 389.984 ton. (ALBUQUERQUE; COLUNA, 2018).

Os resíduos constituem um importante recurso de energia renovável que pode ser explorado através de processos térmicos (incineração e co-combustão industrial) e também utilização de gás do aterro (IPCC, 2001).

A disposição final ambientalmente adequada é definida na Política Nacional dos Resíduos Sólidos (PNRS) como a distribuição ordenada de rejeitos em aterros, observando normas operacionais específicas de modo a evitar danos ou riscos à saúde pública, à segurança e a minimizar os impactos ambientais adversos (BRASIL, 2010).

O Instituto do Meio Ambiente de Santa Catarina (IMA), licencia de forma exclusiva a atividade referente à disposição final de rejeitos urbanos em aterros sanitários no Estado. Todas as atividades licenciadas no órgão seguem Resolução Consema nº 98, de 5 de maio de 2017, que aprova a listagem das atividades sujeitas ao licenciamento ambiental e aponta o tipo de estudo ambiental necessário de acordo com o porte do empreendimento (SANTA CATARINA, 2017).

A definição da documentação necessária ao licenciamento e estabelecimento

de critérios para apresentação dos planos, programas e projetos ambientais é feita por instruções normativas (IN) do IMA. Para a atividade de disposição final de rejeitos urbanos em aterros sanitários, é disponibilizada a instrução normativa (IN) 02. Para aterros porte P e M, cujos estudos exigidos são RAP (Relatório Ambiental Prévio) e EAS (Estudo Ambiental Simplificado), existe o termo de referência em anexo na IN. Para aterros porte G, é necessário a elaboração de termo de referência específico para o Estudo de Impacto Ambiental (EIA) e seu respectivo Relatório de Impacto Ambiental (RIMA).

A definição do porte do aterro é feita de acordo com a capacidade de recebimento dos resíduos em toneladas por dia, conforme a Resolução CONSEMA 98. Os aterros porte G \geq 50 t/dia, porte M de 30 a 50 t/dia, e aterros são porte P \leq 30 t/dia. Os estudos são exigidos apenas na fase de Licença Ambiental Prévia (LAP).

No ano de 2018, foram estipuladas metas no Plano Estadual de Resíduos Sólidos (PERS) de Santa Catarina (SC) que visam recuperar os gases de aterro sanitário, sempre que viável técnica e economicamente. Este estudo pretende dar subsídio para cumprimento da segunda meta, em médio prazo (até 2023), que visa à normatização para que novos aterros ou ampliações dos aterros existentes sejam projetados para coleta e uso do metano (SANTA CATARINA, 2018).

Para elaboração de metas, primeiramente é necessário saber como estão hoje os controles ambientais referentes à emissão de gases de aterros sanitários, por isso foi necessário elaborar um diagnóstico dos controles ambientais referente às emissões de gases em aterros sanitários licenciados no Estado de Santa Catarina.

METODOLOGIA

O levantamento dos processos de licenciamento ambiental do IMA foi realizado através do Sinfat (Sistema de Informações Ambientais da IMA), em outubro de 2020, para todo o Estado de Santa Catarina. Foi realizada a busca com a atividade 34.41.10, definida como disposição final de rejeitos urbanos em aterros

sanitários.

Para uma melhor visualização da distribuição geográfica dos aterros sanitários do Estado de Santa Catarina, foi elaborado um mapeamento no software livre QGIS dos aterros sanitários licenciados. Foi criado um shapefile de pontos a partir das coordenadas cadastradas dos processos de licenciamento. Para isso foi criado um documento em Excel salvo em CVS de todas as coordenadas dos aterros e adicionado o arquivo ao QGIS.

A identificação e análise dos controles e programas ambientais referentes à mitigação dos impactos relacionados à emissão de gases do efeito estufa nas Licenças Ambientais de aterros sanitários emitidas pelo IMA foi realizada avaliando cada licença vigente no Estado para esta atividade. As licenças ambientais são compostas basicamente pelos tópicos de descrição do empreendimento, aspectos florestais, controles ambientais, programas ambientais, medidas compensatórias, quando necessário, e condições específicas e condicionantes. A licença ambiental tem como base um parecer técnico, que é elaborado por um ou mais técnicos do IMA no Sinfat (Sistema de Informações Ambientais da IMA). Com relação a emissão de GEE, foi necessário realizar a avaliação dos controles ambientais descritos nas licenças, se existem as estruturas necessárias para drenagem dos gases gerados e estratégias de redução das emissões fugitivas de biogás dos aterros. E também identificar e avaliar os programas ambientais, quando existentes, relacionados à emissão de gases.

Todas as informações relacionadas a emissão de GEE extraídas das licenças ambientais foram tabuladas em planilhas do Excel. Esta planilha foi composta pelo número do processo de licenciamento, nome do empreendimento e empreendedor, regional do IMA que se encontra o processo, fase de licenciamento e número da licença, data de concessão e validade da licença, atividade secundária, coordenadas e endereço, porte, capacidade (t/dia), tipo de estudo exigido na fase de LAP de acordo com o porte, descrição do aterro, controles ambientais relacionados ao sistema de drenagem e uso ou queima dos gases, controles ambientais referentes a cobertura do aterro, programas ambientais e condições específicas e condicionantes relacionados à emissão dos gases.

Com a análise das informações tabuladas no Excel foram elaborados gráficos

e tabelas para melhor visualização dos dados e do diagnóstico de emissão de gases emitidos em aterros sanitários no Estado de Santa Catarina.

Uma análise das normas e legislações que amparam os órgãos para licenciamento ambiental de aterros também se fez necessária para conhecimento quanto ao rigor do licenciamento nos itens relacionados à geração de biogás.

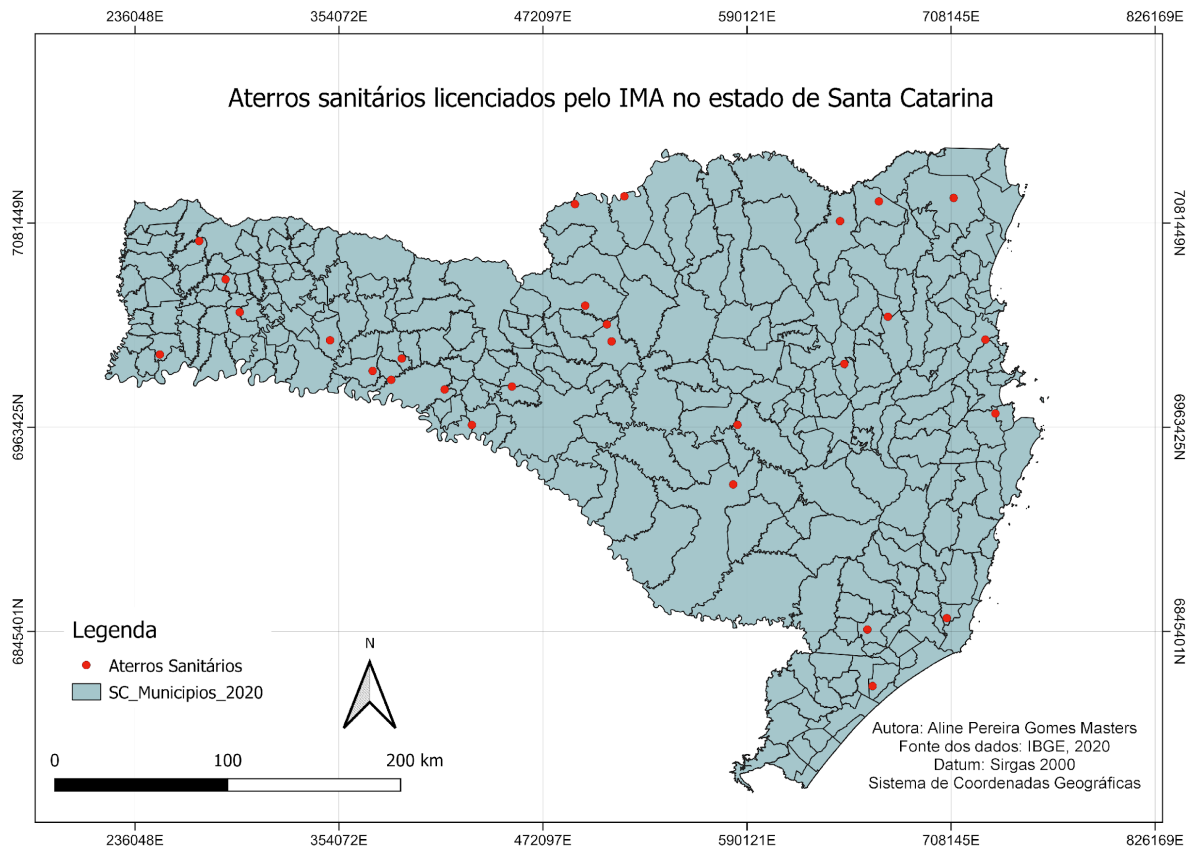
RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na pesquisa realizada no SINFAT com a atividade 34.41.10 – Disposição final de rejeitos urbanos em aterros sanitários, definida pela CONSEMA 98 de 5 de maio de 2017, foram encontrados 90 processos de licenciamento. Os dados necessitaram passar por um refinamento, pois alguns licenciamentos tinham mais de um número de processo para o mesmo aterro. Existiam alguns processos apenas com o cadastro, sem parecer técnico e nem licença no sistema, outros estavam com a licença vencida e também havia aqueles que foram cadastrados com o código de licenciamento errado. Após esse refinamento chegou-se ao total de 28 licenças ambientais válidas. Esse grande número de processos de licenciamentos inválidos, reflete na falta de objetividade do sistema Sinfat e necessidade de arquivamento desses processos cadastrados errados ou com múltiplos números de processo para o mesmo aterro sanitário. Esse tipo de situação dificulta a gestão e eventual pesquisa sobre atividades licenciadas no sistema.

Sabe-se que existe um passivo no Estado de lixões que nunca foram licenciados e acredita-se que a maioria não está mais em operação, esses não foram abrangidos por este artigo.

Todas as licenças ambientais possuem coordenadas e a partir delas foi gerado o mapa abaixo (Figura 01) com a localização dos aterros sanitários licenciados pelo IMA em Santa Catarina.

Figura 1: Localização dos aterros sanitários licenciados pelo IMA em Santa Catarina.

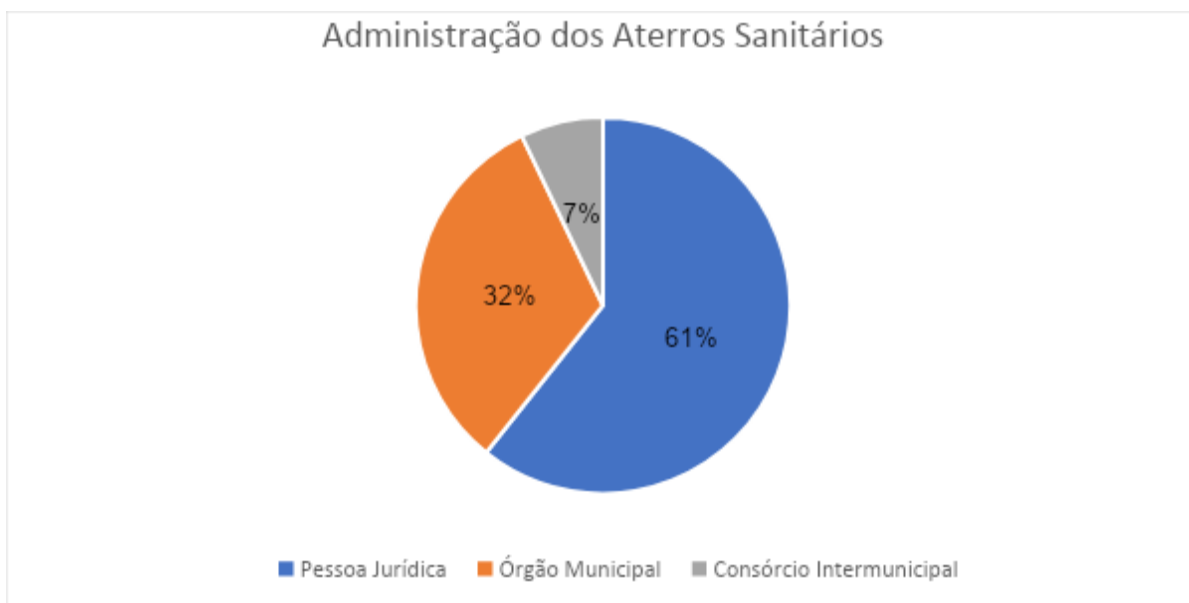


Fonte: Elaborado pela autora.

Existem muitos Municípios e grandes áreas do Estado sem aterros sanitários licenciados. É possível que existam aterros sem licenciamento nessas regiões, pois os Municípios precisam destinar os resíduos para algum lugar.

Dos 28 aterros licenciados, 17 deles são administrados por pessoa jurídica de direito privado (61%), 9 são administrados pelo órgão Municipal (32%) e apenas 2 pelo consórcio intermunicipal (7%), conforme Figura 2.

Figura 2: Informações sobre a administração dos aterros sanitários licenciados pelo IMA no Estado de Santa Catarina.



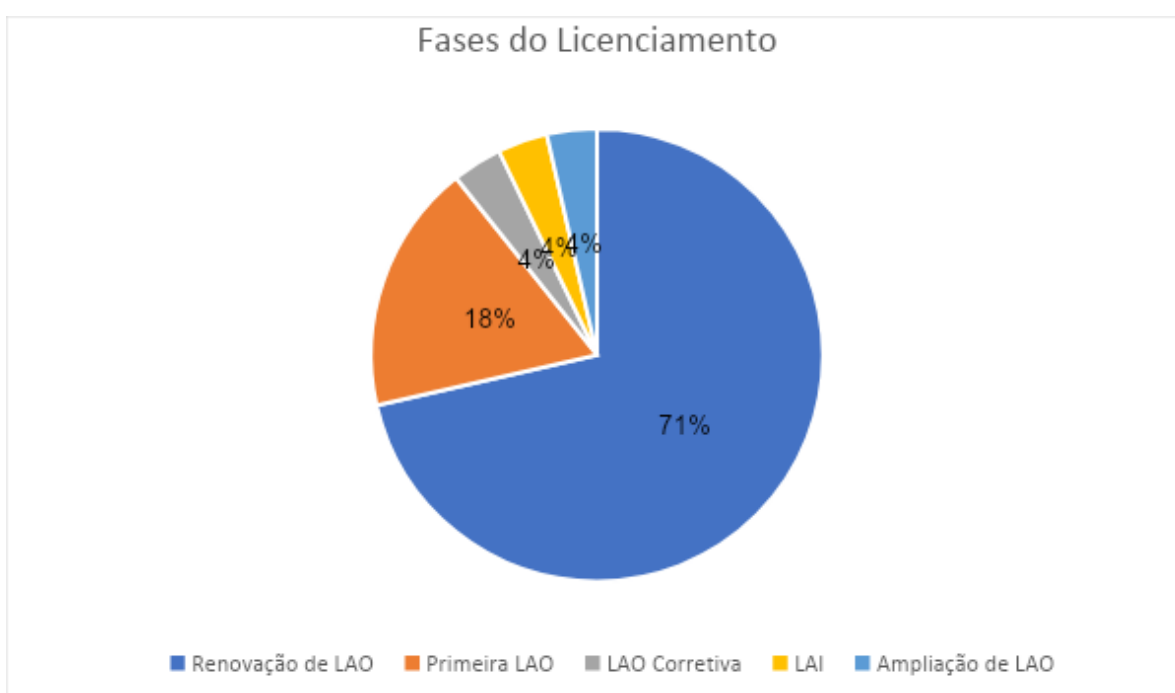
Fonte: Elaborado pela autora.

De acordo com o Plano Estadual de Resíduos Sólidos de Santa Catarina, é necessário promover a associação dos municípios em arranjos, regiões integradas, para a otimização da gestão dos resíduos sólidos (SANTA CATARINA, 2018). Também é citada no § 1º do art. 16 da Lei Federal 12305/2010, que serão priorizados no acesso aos recursos da União os Municípios que optarem por soluções consorciadas intermunicipais para a gestão dos resíduos sólidos (BRASIL, 2010). Existem apenas 2 consórcios intermunicipais no Estado de Santa Catarina, que é o modelo mais indicado de gestão para esta atividade. É necessário mais instrumentos para facilitar a criação e manutenção desses consórcios, baseados nos que estão tendo sucesso e mais incentivo para que os Municípios optem por esse modelo de gestão.

Dos 28 aterros licenciados, 20 deles estão na fase de Renovação de Licença Ambiental de Operação (Ren. LAO), 05 em fase de primeira Licença Ambiental de Operação (LAO), 01 em fase de LAO Corretiva, 01 ampliação de LAO e 01 na fase

de Licença Ambiental de Instalação (LAI).

Figura 3: Informações sobre as fases do licenciamento ambiental dos aterros sanitários no Estado de Santa Catarina.



Fonte: Elaborado pela autora.

Observa-se que não há neste momento licenciamento de aterro sanitário novo no Estado, ou seja, em fase de LAP (Licença Ambiental Prévia). Existe apenas um aterro em fase de LAI, o que reflete em poucos aterros novos solicitando licenciamento. A maioria dos aterros, cerca de 71% já possuíam uma licença anterior e estão apenas a renovando. Neste tipo de licenciamento, em geral, não existem grandes alterações no local, o maior objetivo é a análise do monitoramento dos programas ambientais e manutenção dos controles ambientais existentes.

A validade das Licenças Ambientais de Operação devem considerar os prazos presentes nos planos de controle ambiental e são de, no mínimo, 4 (quatro) anos e, no máximo, 10 (dez) anos (SANTA CATARINA, 2010). Todas as licenças de

operação avaliadas possuem validade de 4 anos.

Além da atividade principal, as licenças ambientais podem ter uma ou mais atividades secundárias no mesmo processo de licenciamento, onde os controles e programas ambientais destas outras atividades são monitorados no mesmo processo.

Das 28 licenças analisadas, 54% possuem a informação de que há no mesmo local o desenvolvimento de alguma atividade secundária. Algumas licenças contemplam várias atividades secundárias no mesmo licenciamento e outras apenas uma atividade secundária. A tabela 1 abaixo apresenta a frequência das atividades secundárias encontradas nas licenças ambientais.

Tabela 1: Listagem e quantidade de atividades secundárias citadas nas licenças ambientais de aterros sanitários no Estado de Santa Catarina.

Quantidade de licenças	Numeração do IMA da atividade secundária	Descrição das atividades secundárias
05	34.41.16	Central de triagem de resíduos sólidos urbanos ou equiparados, oriundos de coleta seletiva.
04	71.60.04	Disposição final de rejeitos Classe II A e Classe IIB, de qualquer origem, em aterros.
03	71.60.05	Disposição final de rejeitos da construção civil, em aterros.
02	34.41.11	Tratamento térmico de resíduos de serviços de saúde.
02	34.31.10	Sistema de coleta e tratamento de efluentes industriais.
02	34.31.11	Sistema de coleta e tratamento de esgotos sanitários
02	34.41.15	Unidade de compostagem de resíduos sólidos urbanos ou equiparados, segregados na fonte
01	34.31.13	Sistema de tratamento de efluentes sanitários proveniente de serviços de coleta e transporte rodoviário de efluentes sanitários.
01	71.60.06	Unidade de reciclagem de resíduos da construção civil.
01	42.32.20	Instalações aéreas de tancagem autônoma para consumo próprio de combustíveis líquidos e gasosos.

Fonte: Elaborado pela autora.

As atividades secundárias citadas dentro do licenciamento dos aterros

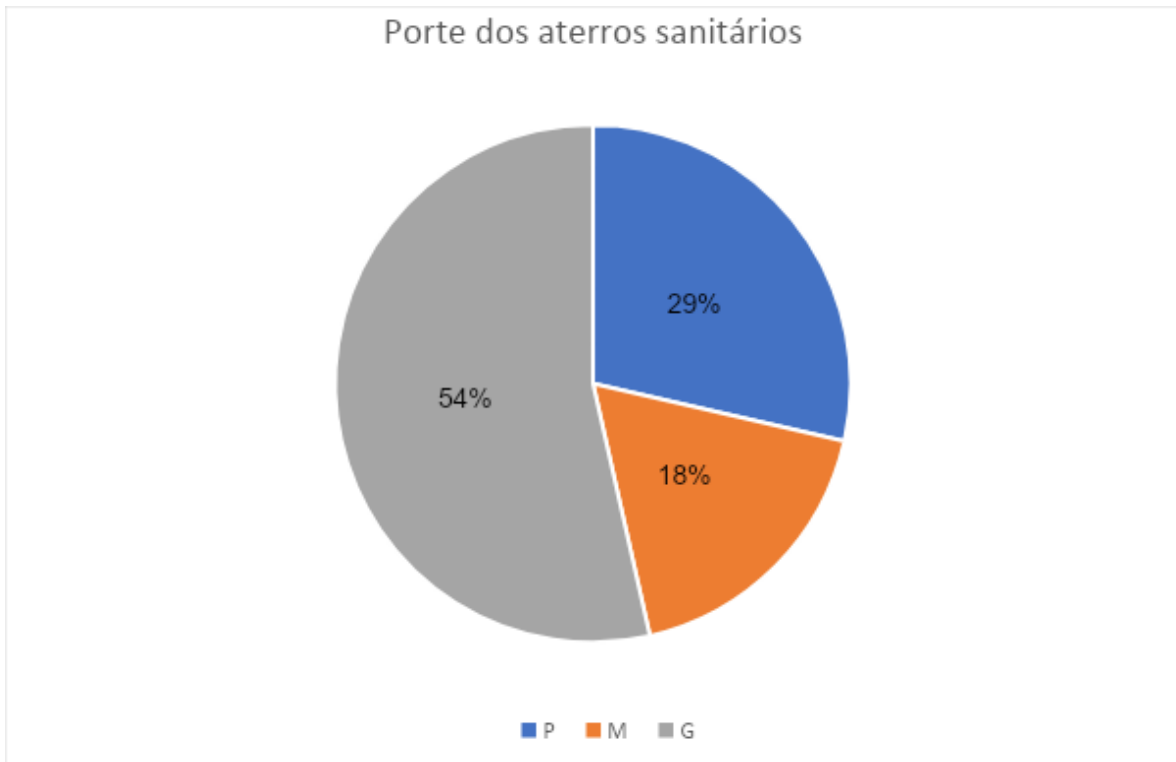
sanitários são de extrema importância, pois possibilitam a utilização da infraestrutura, logística e trabalho técnico do aterro para desenvolver um serviço relacionado. A atividade de central de triagem de resíduos sólidos urbanos oriundos da coleta seletiva, presente em 5 das 28 licenças analisadas, é essencial para a manutenção e possível prolongamento da vida útil do aterro, com a previsão de que apenas rejeitos sejam enterrados. Assim como a compostagem, com o aproveitamento da matéria orgânica, é de extrema importância para redução de material depositado nas células do aterro sanitário.

Em três licenciamentos de aterros sanitários, existe no mesmo local uma segunda licença para outra atividade, que apesar de estar relacionada com o aterro sanitário, possui um licenciamento paralelo. Uma delas é da atividade 34.41.15 de Unidade de compostagem de resíduos sólidos urbanos ou equiparados, segregados na fonte à parte.

As outras duas são da atividade 34.20.00, de unidade de produção de gás e biogás, com ou sem aproveitamento energético, que serão descritas nos tópicos seguintes.

Com relação ao porte do aterro, a definição é de acordo com a capacidade de recebimento dos resíduos em toneladas por dia, conforme a Resolução CONSEMA 98. Dos 28 aterros licenciados no Estado de Santa Catarina, 54% dos aterros são porte $G \geq 50$ t/dia, onde deve ser apresentado um Estudo de Impacto Ambiental (EIA), 18% dos aterros são porte M, de 30 a 50 t/dia, e 28% dos aterros são porte $P \leq 30$ t/dia, que são exigidos o Estudo Ambiental Simplificado (EAS). Os estudos são exigidos apenas na fase de Licença Ambiental Prévia (LAP).

Figura 4: Porte dos aterros sanitários licenciados pelo IMA no Estado de Santa Catarina.



Fonte: Elaborado pela autora.

A descrição do empreendimento é um item obrigatório em toda licença. Neste tópico devem ter informações mínimas sobre o local para que o fiscal ou qualquer leitor da licença consiga visualizar o aterro e compreenda suas dimensões, vida útil do aterro e das células, etapa atual de trabalho nas células, municípios abrangidos pelo aterro, descrição da atividade secundária, entre outros. Neste tópico foi encontrado uma grande variedade de informações descritas em cada licença, não possuindo um padrão. Algumas licenças até não possuíam nenhum texto em sua descrição. Das 28 licenças, somente 7 licenças informam o tamanho ou quantidade de células, 6 a vida útil do aterro e 4 apresentam ambas as informações.

Uma dificuldade encontrada no corpo das licenças ambientais é a falta de padronização e de informações básicas, como por exemplo os Municípios de abrangência de cada aterro. Em apenas duas licenças ambientais de aterros sanitários, localizadas nos Municípios de Otacílio Costa e Lages, consta a informação de abrangência dos Municípios atendidos, e ambas informam que atendem a região serrana.

Outra informação importante na descrição do empreendimento é sobre a área do terreno ou área útil do aterro. Das 28 licenças, 61% delas informam área do

terreno ou área útil e 39% não trouxeram esta informação.

Os controles ambientais referentes às emissões de gases do efeito estufa, devem ser descritos nas Licenças Ambientais de Instalação (LAI) pois é o momento de exigir os controles que serão instalados junto com a construção do aterro. A mesma descrição deve ser mantida na fase de LAO (Licença Ambiental de Operação), pois os controles exigem manutenção e acompanhamento para efetivamente mitigar o impacto de emissão dos gases.

Todas as 28 licenças ambientais analisadas citam em seus controles ambientais sobre a drenagem dos gases nos aterros sanitários, porém em sua maioria, 71% das licenças, é citado sucintamente apenas que existe um sistema de drenagem de gases. E em 35% dessas licenças, informam que existe também a queima desses gases antes da emissão à atmosfera.

Em apenas 28% das licenças existe uma descrição um pouco mais detalhada sobre o sistema de drenagem dos gases, conforme descrito na tabela 2 abaixo:

Tabela 2: Listagem dos controles ambientais sobre drenagem dos gases dos aterros sanitários licenciados pelo IMA no Estado de Santa Catarina, dos 28% das licenças que trazem essa descrição mais detalhada.

	Descrição dos controles ambientais - emissão de gases (sistema de drenagem)
1	Sistema de drenagem dos gases oriundos da degradação dos resíduos. Os drenos verticais foram feitos considerando-se um raio de influência de 30m a 50m. Os drenos verticais são conectados com os drenos de lixiviados colocados na base.
2	Sistema de drenagem de gases, através de drenos verticais, com distanciamento entre si de 12 metros, confecção da rede através da mesma tubulação de drenagem do lixiviado (drenos de gás interligados ao sistema de drenagem de chorume) formados com tubos de concreto com furos de 1,00 cm de diâmetro, envoltos com anel de brita nº 03 ou 04, tubos envoltos com tela de aço galvanizado com diâmetro de 50 cm, com espaçamento entre tubos de concreto e malha de 10,00 cm.
3	Drenagem e queima de gases: verticais espaçados a cerca de 30m entre si, sistema de camisas deslizantes através de tubos, preenchidos com pedra pulmão de 6";
4	Drenos de gás, verticais de 30 cm de diâmetro, perfurado e preenchido com brita nº4; Sistema de coleta e drenagem dos gases conectados aos queimadores.
5	Sistema de drenagem dos gases, composto por drenos verticais e horizontais: verticais - novo sistema de drenos e formado por telas do tipo Telcon, preenchidos por rachão, com tubo de Polietileno de Alta Densidade (PEAD) perfurado no centro com 0,20 m de diâmetro; Horizontais - drenos são executados com trincheiras de pedras e com tubo de PEAD perfurados com 0,16 m de diâmetro, envoltos por rachão; Planta de Combustão, composta por sistema de remoção de umidade/partículas, 03 (três) sopradores centrífugos e 02 (dois) queimadores enclausurados. A planta também conta com 01 (um) gerador a diesel (113 kw);
6	Tubos verticais de PEAD PN6 (200mm) ranhurados envolvidos em tela de arame galvanizado (3,4 mm) malha 2" e pedra rachão. Os gases serão direcionados à usina que gera energia elétrica pela combustão do biogás. Os drenos também estão equipados para

	drenar percolado e direcioná-los à ETE (Estação de Tratamento de Esgoto). O gás que sofrer condensação será direcionado à ETE nas centrais de condensamento da Usina, devidamente licenciada por esta Fundação (LAO N° 2546/2014);
7	Sistema de drenagem e tratamento de gases oriundos da decomposição da matéria constituído por drenos verticais compostos de malha de aço pop, tubos de concreto perfurado para dreno com 60 cm de diâmetro e pedra rachão. É realizada a queima em flare local, na ponta de cada dreno; O sistema de drenagem dos gases deverá ser ainda interligado ao sistema de drenagem do líquido percolado;
8	Sistema de captação e drenagem de gases gerados no interior do maciço de resíduos, constituído de tubulação de concreto, com diâmetro de 400 mm e preenchimento com pedra "rachão" de 4" a 8" - a saída dos drenos de gases deverão estar permanentemente com a presença de chamas.

Fonte: Elaborado pela autora.

Na falta de uma padronização com controles ambientais mínimos para os impactos gerados, cada técnico que analisa o processo a faz de uma forma. Atualmente, a licença ambiental tem como base um parecer técnico, que é elaborado por um ou mais técnicos do IMA no Sinfat (Sistema de Informações Ambientais da IMA). Para a elaboração do parecer é necessário uma análise do estudo ambiental e da documentação protocolada pelo empreendedor.

Sobre o aproveitamento da geração de biogás nos aterros sanitários licenciados em Santa Catarina, das 28 licenças ambientais, apenas 2 possuem a atividade paralela, em licenciamento exclusivo, de unidade de produção de gás e biogás com aproveitamento energético.

Uma das unidades de produção de biogás de aterro sanitário fica localizada no município de Içara. A vazão de bombeamento captada por parte do gás do maciço de resíduos é estimada em 1.000 m³/h através de sucção por compressor em drenos de gás, com encaminhamento até os filtros de purificação, podendo o biogás ser utilizado em motores de combustão interna para produção de energia elétrica ou para venda direta ao consumidor. Esta licença não deixa claro o uso do biogás após a purificação.

A segunda unidade de produção de biogás de aterro sanitário no Estado de Santa Catarina fica localizada no município de Itajaí. É descrito que a mesma capta uma vazão máxima de 1.200 m³/h em até 55 (cinquenta e cinco) poços situados na 1^a, 3^a e 4^a etapas do aterro. O sistema de captação e queima consiste nas seguintes fases: captação nos poços de extração, estações de regulação com separadores e

poços de acúmulo de condensado, regulação da aspiração e sistema de queima do biogás. A mesma ainda não está realizando o aproveitamento energético da queima do biogás pois necessita de LAO (Licença Ambiental de Operação) para as unidades geradoras de energia.

O Brasil explora somente de 7 a 20% do biogás produzido nos aterros de resíduos para fins energéticos. Entre 2004 e 2015, foram implantadas nos aterros de resíduos do País somente 9 usinas termelétricas, que juntas geram 86,3 MW de energia elétrica, e duas usinas que produzem biometano (NASCIMENTO *et al.*, 2019).

Os sistemas de drenagem dos gases é essencial para captação de parte da geração do biogás, porém pode existir ainda a emissão de gás fugitiva. Este tipo de emissão pode ocorrer durante a operação e encerramento do aterro devido a diversos fatores, drenagem de gases ineficiente, recobrimento diário do aterro e cobertura final após encerramento do uso da célula.

No estudo realizado sobre cálculo de emissões fugitivas de metano no aterro sanitário de Caieiras, município do Estado de São Paulo, foi identificado que a emissão fugitiva representou 31,4% do total emitido de gás metano no aterro sanitário, apresentando uma eficiência de captação de apenas 68,6%. Nesse estudo também foi observado a interferência da sazonalidade, ocorrendo maiores valores em março-abril, em comparação com setembro-outubro. O valor mínimo de escape de fugitivo de metano no aterro sanitário foi de 18,66 g/m²/dia e máximo de 149,86 g/m²/dia (CANDIANI; VIANA, 2017).

Das 28 licenças, apenas 57% possuem descrição sobre o controle ambiental do recobrimento diário do aterro e bem sucinta. E destas 57%, metade apresenta uma descrição um pouco mais detalhada com definição da espessura de solo para cobertura, como apresentado na Tabela 3.

Tabela 3: Listagem dos controles ambientais sobre recobrimento diário e final dos aterros sanitários licenciados pelo IMA no Estado de Santa Catarina.

Descrição dos controles ambientais - Emissão de gases (cobertura)	
1	Cobertura final com camada de 60 cm de argila compactada e adição de solo com melhor característica agrônômica, com fins de dar sustentação à cobertura vegetal, em especial por gramíneas.
2	Cobertura diária, intermediária e final com camada de 0,20 cm de solo;
3	Compactação e cobertura diária do lixo, com terra na espessura de 30 cm;

4	Cobertura diária do resíduo, com camada de 20 cm de argila compactada. A célula diária é de 16 m ² ; Cobertura final do aterro constituída de uma camada impermeável com no mínimo 50 cm de espessura de argila compactada com coeficiente (K) menor que 10.E-07cm/s;
5	Cobertura intermediária: 20 cm de argila compactada; • Cobertura final do aterro com 30 cm de argila compactada, seguido de 50 cm de solo e plantio de gramíneas; • Cobertura vegetal, incluindo-se hidrossemeadura, plantio de gramas em leiva e o paisagismo das áreas do entorno das células de resíduos.
6	A frente de trabalho deve se limitar a 25 metros na largura da rampa e 5 metros de altura, e deve receber proteção diária com tela (em dias de chuva), e camada, de solo ou argila, de 15 a 20 cm de espessura, em dias sem precipitação;
7	Cobertura superior intermediária de 20 cm de argila e final de 60 cm de argila compactada.
8	À medida que o lixo é disposto, imediatamente deverá sofrer compactação e recobrimento com argila minimizando a fuga de odores e permanência de vetores transmissores de doença. Em períodos chuvosos, na dificuldade da disposição de argila, o lixo compactado deverá ser recoberto provisoriamente com lona plástica ou tela.

Fonte: Elaborado pela autora.

A cobertura de argila informada nas licenças ambientais dos aterros sanitários de Santa Catarina varia de 15 cm a 30 cm durante a operação do aterro e de 50 cm a 60 cm para camada de cobertura final (*liner*) após término da vida útil do aterro.

Em um estudo realizado por Moreira, Guedes, Monteiro e Melo (2020) para avaliar as emissões fugitivas em camada de cobertura final do aterro sanitário de Campina Grande, Paraíba, Brasil, o percentual de retenção do CH₄ e do CO₂ pela *liner* foi elevado, acima de 95%, sendo influenciado principalmente pelo elevado grau de compactação (GC) médio obtido para a célula (91,84%) e pela eficiência do sistema de drenagem de gases. Nesse estudo, com relação à espessura da *liner*, houve variação de 0,7 a 1,5 m, com média de 1,1 m, mostrando que não houve controle da espessura na execução da camada de cobertura final. Usualmente são adotadas *liners* com material argiloso e espessura variando entre 0,5 e 1,0 m.

Nesse estudo, verificou-se a possibilidade de reduzir a espessura da *liner* sem que haja perda de eficiência na retenção de gases na célula de resíduos. Essa medida exige um rigoroso controle topográfico e de compactação do solo e proporciona ganhos econômicos e ambientais ao empreendimento (MOREIRA; GUEDES; MONTEIRO; MELO, 2020).

No Brasil não existe nenhuma normatização legal que determine o tipo de material e a espessura da camada de cobertura final em aterros sanitários. Na NBR

13.896 (ABNT, 1997), é estabelecida no plano de encerramento a necessidade do projeto e construção da cobertura final do aterro, e da manutenção da cobertura de modo a corrigir rachaduras ou erosões.

De acordo com Candiani e Viana (2017), para a redução do escape fugitivo de gás metano em aterro sanitário é fundamental estabelecer algumas ações, como: melhorar a compactação da camada de cobertura, ampliar o número de drenos verticais, evitar a ocorrência de trincas e fissuras na camada de cobertura e instalar geomembrana na camada de cobertura final. A ineficiência do sistema de captação através da drenagem, amplia o escape fugitivo de gás metano no aterro sanitário, ou seja, emite-se fugitivamente parte daquilo que o sistema construído não é capaz de captar.

Os controles ambientais devem seguir os critérios mínimos estabelecidos nas principais normas que abordam a questão da disposição final de resíduos em aterros e que se encontram em vigor. A norma ABNT (1997) fixa as condições mínimas exigíveis para projeto, implantação e operação de aterros de resíduos não perigosos. Com relação às emissões gasosas, cita o monitoramento dos gases, que deve ser feito através da medição da concentração e vazão dos gases gerados no aterro e também que o aterro deve ser projetado de maneira a minimizar as emissões gasosas e promover a captação e tratamento adequado. Após o encerramento do aterro deve ser feita manutenção do sistema de coleta de gases (se existente) até que seja comprovado o término de sua geração. Nos procedimentos para registro de operação e relatório anual citado na Norma, informa que deve conter os dados referentes ao monitoramento das águas superficiais e subterrâneas e, se for o caso, de efluentes gasosos gerados.

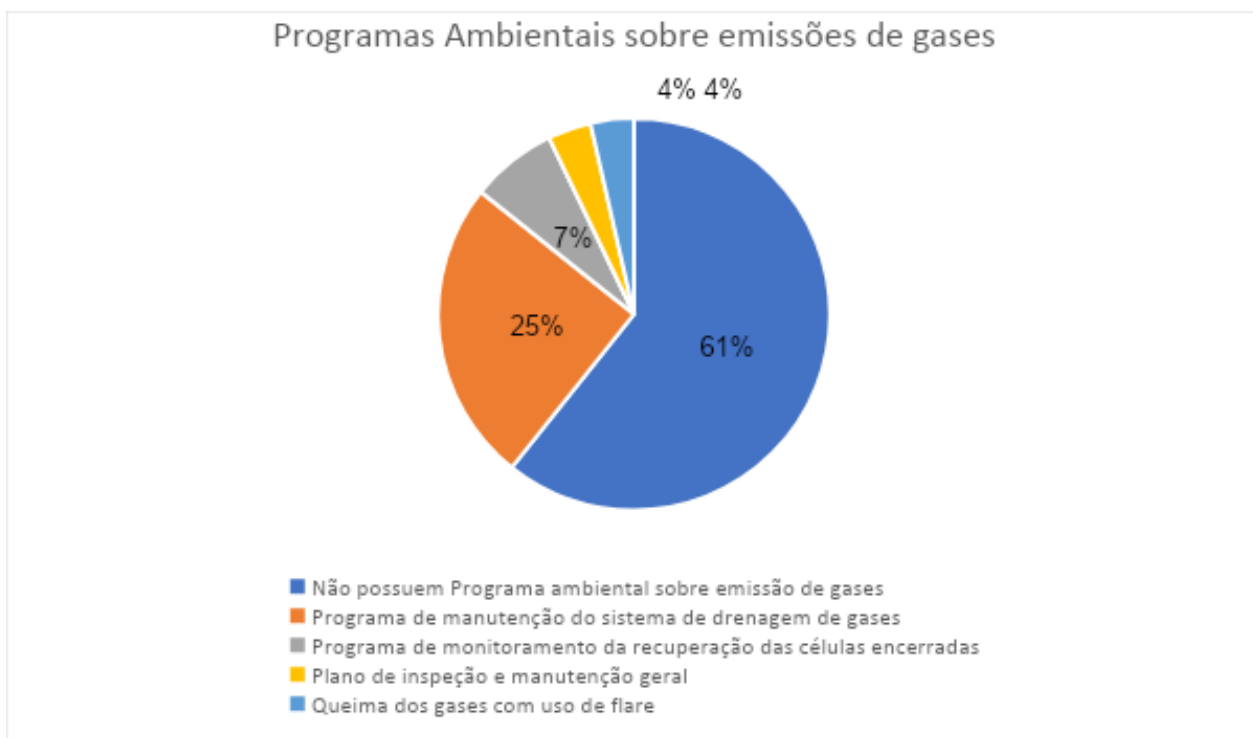
A ABNT (1992) fixa as condições mínimas exigíveis para a apresentação de projetos de aterros sanitários de resíduos sólidos urbanos. Esta norma traz a definição de Gás bioquímico (GBQ), gás de aterro ou biogás, sendo a mistura de gases produzidos pela ação biológica na matéria orgânica em condições anaeróbias, composta principalmente de dióxido de carbono e metano em composições variáveis. Informa que deve ser apresentado o desenho do sistema de drenagem de gases e um levantamento planialtimétrico da área do aterro sanitário, em escala não inferior a 1:1000, com curvas de nível, onde estejam representados todos os

elementos componentes do sistema de drenagem de gases.

E para os aterros sanitários de pequeno porte, a ABNT (2010) traz diretrizes para localização, projeto, implantação, operação e encerramento do aterro.

Os programas ambientais relacionados à mitigação do impacto de emissão de biogás servem para verificar a eficiência dos controles ambientais relacionados ao sistema de drenagem de gases e recobrimento diário e final existentes no aterro, uma vez que a maioria dos aterros não possui o uso do biogás, resulta no alto percentual de aterros, 61%, que não possuem programa ambiental para esse impacto. Apenas 25% das licenças citam um programa de manutenção do sistema de drenagem de gases. E apenas 7% das licenças trazem um programa de monitoramento de recuperação ambiental das células já encerradas. Ainda existe um plano de inspeção e manutenção geral de 01 licença e uma última descreve que a queima dos gases oriundos da biodegradação da massa do aterro deverá ser operacionalizada com uso de flare.

Figura 5: Programas ambientais sobre emissão de gases nos aterros sanitários licenciados pelo IMA no Estado de Santa Catarina.



Fonte: Elaborado pela autora.

Na Licença ambiental de operação da unidade de produção de biogás localizada em Itajaí, além do programa de manutenção do sistema de drenagem de gases, é citado um programa ambiental específico sobre as emissões atmosféricas do flare, onde exige a apresentação semestral ao IMA de um Relatório Técnico sobre a queima de biogás no flare, contendo: a) Data de início; b) Data fim; c) Vazão média mensal de Biogás que passou pela combustão; d) Concentração de Oxigênio na queima no flare; e) Concentração média de Metano; f) Vazão de gases gerados na chaminé; g) Vazão média mensal destinada à geração de energia elétrica (após emissão da LAO para as novas unidades geradoras).

Em muitos aterros, a fuga de gases pela *liner* pode ser mais significativa que o fluxo de gás pelos drenos verticais (MOREIRA et al. 2020), por isso é importante um programa de monitoramento ambiental para analisar se o aterro está tendo emissão de gás fugitivo.

Existem vários métodos para a medição do fluxo de metano pela camada de cobertura em aterro sanitário, de acordo com Lucernoni et al. (2016), na comunidade científica, é possível encontrar um certo acordo sobre o tipo de dispositivo que deve ser usado para medidas de concentração de metano em superfícies de aterros, o instrumento deve ser uma caixa de acumulação estática de algum tipo.

Existem diversas alternativas para aproveitamento energético do biogás, pode ser usado para geração de energia elétrica, geração de energia térmica, uso veicular e iluminação a gás (MACEDO et al. 2010).

CONCLUSÕES

De acordo com o diagnóstico realizado, conclui-se que:

- O Estado de Santa Catarina precisa padronizar melhor seus procedimentos e exigir maiores controles ambientais dos gases emitidos em aterros sanitários.

- É necessário mais instrumentos para facilitar a criação e manutenção de consórcios intermunicipais, também incentivo aos aterros para desenvolvimento de atividades secundárias.

- Hoje no Estado, dos 28 aterros licenciados, em apenas 2, existe unidade de

produção de gás e biogás com aproveitamento energético do biogás gerado. Isso demonstra falhas nas políticas que incentivam a utilização de aterros sanitários como fonte de energia renovável e número de iniciativas financeiras econômicas para geração de energia.

- É percebido a necessidade de padronização de conteúdos mínimos que devem ser descritos em cada tópico da licença ambiental, e essa alteração deve ser em todas as INs (instruções normativas) para todas as atividades licenciadas pelo IMA (Instituto do Meio Ambiente de Santa Catarina). Isso traria segurança para que a licença de um empreendimento, como é o caso de disposição final de rejeitos urbanos em aterros sanitários, com grande potencial de impacto ao meio ambiente, tenha um conteúdo mínimo que possibilita um real controle da atividade e mitigação dos possíveis impactos ambientais. Outro ponto importante é que a licença ambiental possibilita a instauração de processo infracional administrativo pelo IMA ou Polícia Militar Ambiental, quando necessário, considerando o cenário do empreendimento estar em desacordo com a licença obtida ou contrariando as normas legais e regulamentos pertinentes.

- É reconhecido que existe uma dificuldade em ter uma descrição mais detalhada dos controles e programas ambientais no corpo da licença, devido a extensão do documento. A licença ambiental deve abranger todo o empreendimento e por isso, deve ter os controles e programas ambientais descritos de forma resumida. Ainda assim, é necessário uma descrição mínima que informe todos os equipamentos instalados e em operação no aterro que mitiguem os impactos da emissão de gases. Os programas ambientais, conforme apresentados no estudo ambiental, devem estar sempre anexados à licença de forma integral.

- É fundamental que seja exigido na IN 02 do IMA para aterros porte G, o uso do biogás e monitoramento das emissões fugitivas, para aterros novos e ampliações dos aterros existentes.

- Necessidade de atualização de itens da IN 02 do IMA, incluindo a solicitação de um estudo de viabilidade técnica e econômica para uso do metano para aterros porte P e M novos e ampliações dos aterros existentes.

- O IMA está passando por uma fase de atualização e modernização das

instruções normativas. Este relatório foi enviado à Gerência de Gestão de Processos Ambientais (GEPAM) do IMA, responsável pela elaboração e atualização das instruções normativas. E essas alterações propostas foram incluídas pela autora no documento conjunto de atualização da IN 02.

- O diagnóstico foi essencial para determinar ações necessárias, que se implementadas, auxiliarão no atingimento das metas propostas no Plano Estadual de Resíduos Sólidos (PERS) de Santa Catarina (SC) que visam recuperar os gases de aterro sanitário, sempre que viável técnica e economicamente. Este estudo pretendeu dar subsídio para cumprimento da segunda meta do PERS, em médio prazo (até 2023), que propõe a normatização para que novos aterros ou ampliações dos aterros existentes sejam projetados para coleta e uso do metano.

REFERÊNCIAS

ALBUQUERQUE, I. R.; COLUNA, I. M. E. (ICLEI). **Emissões do setor de resíduos:** Período 1990-2016. São Paulo, 2018. 75 p. Disponível em: <<http://seeg.eco.br/wp-content/uploads/2018/06/Relatorios-SEEG-2018-Residuos-FINAL-v2.pdf>>. Acesso em: 11 mar. 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13896:** Aterros de resíduos não perigosos - Critérios para projeto, implantação e operação. Rio de Janeiro, 1997. 12 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15849.** Resíduos sólidos urbanos – Aterros sanitários de pequeno porte – Diretrizes para localização, projeto, implantação, operação e encerramento. Rio de Janeiro. 2010. 24 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8419.** Apresentação de projetos de aterros sanitários de resíduos sólidos urbanos. Rio de Janeiro. 1992. 7 p.

BRASIL. Lei nº 12305, de 02 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.** Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2010/Lei/L12305.htm>. Acesso em: 22 fev. 2019.

CANDIANI, G.; VIANA, E. Emissões fugitivas de metano em aterros sanitários. **Geosp – Espaço e Tempo** (Online), v. 21, n. 3, p. 845-857, dez. 2017. ISSN 2179-0892.

INSTITUTO DO MEIO AMBIENTE DE SANTA CATARINA. **INSTRUÇÃO NORMATIVA Nº 02:** Disposição final de rejeitos em aterros. Florianópolis, 2020. 17 p. Disponível em: <<http://www.ima.sc.gov.br/index.php/licenciamento/instrucoes-normativas>>. Acesso em: 13 mar. 2021.

IPCC (2001). **Summary for Policymakers and Technical Summary of Climate Change 2001: Mitigation.** Disponível em: < <https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/> >. Acesso em: 12 mar. 2019.

LUCERNONI, Federico; RIZZOTTO, Matteo; TAPPARO, Federica; CAPELLI, Laura; SIRONI, Selena; BUSINI, Valentina. Use of CFD for static sampling hood design: an example for methane flux assessment on landfill surfaces. **Chemosphere**, [S.L.], v. 163, p. 259-269, nov. 2016. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.chemosphere.2016.07.092>.

MACEDO, Laura Valente de, *et al.* Iclei - Governos Locais Pela Sustentabilidade (org.). **Manual para aproveitamento de biogás:** volume 2 - efluentes urbanos. São Paulo, 2010. Disponível em: https://e-lib.iclei.org/wp-content/uploads/2018/10/Manual_para_aproveitamento_de_biog%C3%A1s.pdf. Acesso em: 14 abr. 2021.

MOREIRA, Francisco Gleson dos Santos; GUEDES, Maria Josicleide Felipe; MONTEIRO, Veruschka Escarião Dessoles; MELO, Márcio Camargo de. Emissões fugitivas de biogás em camada de cobertura de solo compactado em aterro sanitário. **Engenharia Sanitaria e Ambiental**, [S.L.], v. 25, n. 2, p. 247-258, mar. 2020. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s1413-41522020189648>.

NASCIMENTO, Maria Cândida Barbosa; FREIRE, Elcires Pimenta; DANTAS, Francisco de Assis Souza; GIANSANTE, Miguel Bortoletto. Estado da arte dos aterros de resíduos sólidos urbanos que aproveitam o biogás para geração de energia elétrica e biometano no Brasil. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, [S.L.], v. 24, n. 1, p. 143-155, fev. 2019. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s1413-41522019171125>.

SANTA CATARINA. Decreto nº 2.955, de 20 de janeiro de 2010. **Estabelece os procedimentos para o licenciamento ambiental a ser seguido pela Fundação do Meio Ambiente - FATMA, inclusive suas Coordenadorias Regionais - CODAMs, e estabelece outras providências**. Florianópolis, 2010.

SANTA CATARINA. Estado de Santa Catarina. Secretaria de Estado do Desenvolvimento Econômico Sustentável. **Plano Estadual de Resíduos Sólidos de Santa Catarina**. Florianópolis, 2018. 398 p.

SANTA CATARINA. Resolução Consema nº 98, de 5 de maio de 2017. **Aprova, nos termos do inciso XIII, do art. 12, da Lei nº 14.675, de 13 de abril de 2009, a listagem das atividades sujeitas ao licenciamento ambiental, define os estudos ambientais necessários e estabelece outras providências**. Publicado no DOE de 06.07.2017.

3 PRODUTO(S) DESENVOLVIDO(S)

3.1 Relatório técnico de assessoria

- Este relatório foi enviado à Gerência de Gestão de Processos Ambientais (GEPAM) do IMA, responsável pela elaboração e atualização das instruções normativas. O documento propõe alterações que visam a melhoria na IN 02 do IMA, que normatiza o licenciamento da atividade de disposição final de resíduos sólidos e/ou rejeitos. É esperado que as alterações tragam um maior rigor no controle e monitoramento dos GEE gerados pelos resíduos depositados em aterros sanitários no Estado de Santa Catarina. E sirva de subsídio para o cumprimento da meta (até 2023) do Plano Estadual de Resíduos Sólidos (PERS) de Santa Catarina que propõe à normatização para que novos aterros ou ampliações dos aterros existentes sejam projetados para coleta e uso do metano.
- Considerando que o Brasil estabeleceu um compromisso nacional voluntário para a redução do nível de emissões de gases de efeito estufa entre 36,1% e 38,9% na Política Nacional sobre a Mudança do Clima (PNMC) até o ano de 2020 (BRASIL, 2009).
- Considerando que o Brasil participa da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudanças do Clima (UNFCCC), do Protocolo de Quioto e do Acordo de Paris, além de outros instrumentos de âmbito internacional (BRASIL, 2020).
- Considerando que o Sistema de Estimativa de Emissões de Gases de Efeito Estufa (SEEG), através do Observatório do Clima estimou que em Santa Catarina, para o ano de 2017, o setor de resíduos foi o segundo com mais emissão de metano no Estado, com geração de 96.662 ton., ficando atrás apenas do setor de agropecuária, com 389.984 ton. (ALBUQUERQUE; COLUNA, 2018).
- Considerando que no capítulo que trata do licenciamento ambiental na Política Estadual sobre Mudanças Climáticas de Santa Catarina, é determinada a apreciação, pela Fundação do Meio Ambiente – FATMA (atual IMA), de forma prioritária, das licenças ambientais referentes a projetos no âmbito do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL) ou de outros mecanismos que visem à mitigação das emissões de gases de efeito estufa. Ainda determina que serão definidos pela

FATMA (atual IMA) os critérios de reconhecimento de outros mecanismos de mitigação das emissões de gases de efeito estufa não enquadrados no Protocolo de Quioto e da apresentação de uma declaração comprovando e ratificando o enquadramento do empreendimento no Protocolo de Quioto ou em outros mecanismos de estabilização da concentração de gases de efeito estufa (SANTA CATARINA, 2009).

- Considerando que o Instituto do Meio Ambiente de Santa Catarina (IMA) é um órgão ambiental da esfera estadual do Governo de Santa Catarina e faz parte do Sistema Nacional de Meio Ambiente (Sisnama) que é a estrutura adotada para a gestão ambiental no Brasil (IMA, 2019).

- Considerando que a atividade 34.41.10 refere-se à disposição final de rejeitos urbanos em aterros sanitários e é licenciada exclusivamente pelo órgão estadual, não podendo ser licenciado pelo município (SANTA CATARINA, 2017).

- Considerando que a definição da documentação necessária ao licenciamento e estabelecimento de critérios para apresentação dos planos, programas e projetos ambientais é feita por instruções normativas (IN) no IMA. Para a atividade de disposição final de resíduos sólidos e/ou rejeitos de pequeno, médio e grande porte é utilizada a IN 2, que teve sua última atualização em fevereiro de 2020 (IMA, 2020).

- Considerando as metas propostas no Plano Estadual de Resíduos Sólidos (PERS) de Santa Catarina (SC) que visam recuperar os gases de aterro sanitário, sempre que viável técnica e economicamente. É pretendido com a atualização da IN 02 e termo de referência de EIA (Estudo de Impacto Ambiental) dar subsídio para cumprimento da segunda meta do PERS, em médio prazo (até 2023), que propõe à normatização para que novos aterros ou ampliações dos aterros existentes sejam projetados para coleta e uso do metano (SANTA CATARINA, 2018).

Ficam propostas a seguintes recomendações:

1. Proposta de alteração da IN 2 - Disposição final de rejeitos em aterros:

(texto antigo) 4.48 Nos casos de encerramento das atividades, os

empreendimentos sujeitos ao licenciamento ambiental deverão comunicar ao órgão ambiental licenciador, com antecedência de 90 (noventa) dias (Resolução CONSEMA nº 98/2017, art. 35°), apresentando Plano de Encerramento conforme Enunciado IMA 02.

(proposta de alteração) 4.48 Nos casos de encerramento das atividades, os empreendimentos sujeitos ao licenciamento ambiental deverão comunicar ao órgão ambiental licenciador, com antecedência de 90 (noventa) dias (Resolução CONSEMA nº 98/2017, art. 35°), apresentando Plano de Encerramento conforme Enunciado IMA 02. Também deve ser observado a NBR 13.896 (ABNT, 1997), onde fica estabelecido que no plano de encerramento existe a necessidade do projeto e construção da cobertura final do aterro sanitário, e da manutenção da cobertura de modo a corrigir rachaduras ou erosão. Após o encerramento do aterro deve ser feita manutenção do sistema de coleta de gases (se existente) até que seja comprovado o término de sua geração.

Justificativa: Complementação com itens da NBR 13.896 (ABNT, 1997).

(texto antigo) 5.7. Os empreendimentos, sempre que possível, devem implantar sistema de aproveitamento de biogás para geração de energia elétrica.

(proposta de alteração) 5.7. Para aterros porte G, exigir a instalação de sistema de drenagem de gases, uso do biogás e monitoramento das emissões fugitivas, para aterros novos e ampliações dos aterros existentes. Para aterros porte P e M requerer projeto de viabilidade técnica e econômica de sistema de coleta e uso do biogás para aterros novos e ampliações dos aterros sanitários existentes.

Justificativa: Cerca de 54% dos aterros licenciados no Estado de Santa Catarina são porte G \geq 50 t/dia. Em estudo realizado por Barros, Tiago Filho e Silva (2014), foi constatado a viabilidade financeira para aproveitamento energético de biogás de aterro apenas para populações com mais de 200.000 habitantes. Demonstrando que existem menos políticas que incentivam a utilização de aterros sanitários como fonte de energia renovável e número de iniciativas financeiras econômicas para geração de energia para populações inferiores a 200.000 habitantes. Sendo assim,

considerando que aterros maiores tendem a ter viabilidade financeira comprovada no uso do biogás, é necessário que para aterros sanitários de maior porte seja exigido o uso do biogás.

Com o requerimento de projeto de viabilidade técnica e econômica de sistema de coleta e uso do biogás, se dá o primeiro passo para, se viável, instalar o sistema. Essas alterações pretendem dar subsídio para o cumprimento da meta do Plano Estadual de Resíduos Sólidos (PERS) de Santa Catarina (SC) que visa recuperar os gases de aterro sanitário, sempre que viável técnica e economicamente. Essa meta apresenta os períodos de planejamento em 30% para os aterros em curto prazo, 50% médio prazo e 70% longo prazo (SANTA CATARINA, 2018).

(texto antigo) 5.15. Os planos e programas ambientais a nível executivos, a serem entregues na fase de LAI, deverão conter os objetivos, os parâmetros de análise, as metodologias empregadas, a periodicidade de análises e a forma de apresentação dos resultados. Os planos não podem ser genéricos, devendo ser ater à realidade do empreendimento.

(proposta de alteração) 5.15. Os planos e programas ambientais a nível executivos, a serem entregues na fase de LAI, deverão conter os objetivos, os parâmetros de análise, as metodologias empregadas, a periodicidade de análises e a forma de apresentação dos resultados. Os planos não podem ser genéricos, devendo se ater à realidade do empreendimento. Os planos e programas ambientais com descrição detalhada devem ser anexados à licença ambiental e no manual de operação do aterro.

Justificativa: Devido à impossibilidade de ter a descrição detalhada dos programas ambientais no corpo da licença, considerando a extensão do documento.

Proposta de inclusão de item 5.16. O aterro deve ser projetado de maneira a minimizar as emissões gasosas e promover a captação e tratamento adequado (ABNT, 1997).

Justificativa: Complementação com itens da NBR 13.896 (ABNT, 1997).

Proposta de inclusão do item k. Programa de monitoramento da emissão de gases no Anexo 1 do Termo de Referência para Elaboração do Estudo Ambiental Simplificado (EAS), item 7 - Planos e Programas Ambientais.

Justificativa: Programa ambiental necessário para verificar a eficiência dos controles ambientais relacionados ao sistema de drenagem de gases quando existe a captação e uso do biogás e também do recobrimento diário e final existentes no aterro, mesmo quando não possui uso do biogás.

3.2 Artigo de divulgação técnico-científica

Este produto é um conjunto de informações a respeito da condição das licenças ambientais dos aterros sanitários de Santa Catarina com relação à emissão dos gases do efeito estufa. Essa base de dados contempla os principais resultados do artigo e será publicado no site do IMA, após publicação do artigo em revista. Essas informações ficarão disponíveis para a consulta dos servidores e público em geral com intuito de dar um retorno da pesquisa ao órgão, através do compartilhamento das informações em formato mais acessível. Este produto encontra-se no Apêndice A.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com a realização dessa pesquisa foi possível a elaboração do produto que compreende um relatório técnico de assessoria, onde foram propostas alterações que visam a melhoria na IN 02, a fim de se ter um maior rigor no controle e monitoramento dos GEE gerados pelos resíduos depositados em aterros sanitários no Estado de Santa Catarina.

O IMA está passando por uma fase de atualização e modernização das instruções normativas. Este relatório foi enviado à Gerência de Gestão de Processos Ambientais (GEPAM) do IMA, responsável pela elaboração e atualização das instruções normativas. E essas alterações propostas foram incluídas pela autora no documento conjunto de atualização da IN. E também um artigo de divulgação técnico-científica, que engloba um conjunto de informações a respeito das condições das licenças ambientais dos aterros sanitários com relação a emissão dos GEE, que será publicado no site do IMA e disponibilizado para a consulta dos servidores.

Esses documentos visaram dar subsídio ao cumprimento da meta (até 2023) do Plano Estadual de Resíduos Sólidos (PERS) de Santa Catarina que propõe a normatização para que novos aterros ou ampliações dos aterros existentes sejam projetados para coleta e uso do metano.

É recomendado para trabalhos futuros realizar a estimativa de geração de gases do efeito estufa nos 28 aterros existentes, e quanto poderia ser retirado da atmosfera implantando sistemas de biogás similares aos dois que o possuem, incluindo também o retorno financeiro.

REFERÊNCIAS

ALBUQUERQUE, I. R.; COLUNA, I. M. E. (ICLEI). **Emissões do setor de resíduos: Período 1990-2016.** São Paulo, 2018. 75 p. Disponível em: <<http://seeg.eco.br/wp-content/uploads/2018/06/Relatorios-SEEG-2018-Residuos-FINAL-v2.pdf>>. Acesso em: 11 mar. 2019.

ALBUQUERQUE, I. R. (Brasil). Seeg. **Análise das emissões brasileiras de gases de efeito estufa e suas implicações para as metas de clima do Brasil 1970-2019.** São Paulo, 2020. 41 p. Disponível em: https://seeg-br.s3.amazonaws.com/Documentos%20Analiticos/SEEG_8/SEEG8_DO C_ANALITICO_SINTESE_1990-2019.pdf. Acesso em: 13 abr. 2021.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13896:** Aterros de resíduos não perigosos - Critérios para projeto, implantação e operação. Rio de Janeiro, 1997. 12 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15849.** Resíduos sólidos urbanos – Aterros sanitários de pequeno porte – Diretrizes para localização, projeto, implantação, operação e encerramento. Rio de Janeiro. 2010. 24 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8419.** Apresentação de projetos de aterros sanitários de resíduos sólidos urbanos. Rio de Janeiro. 1992. 7 p.

BARROS, Regina Mambeli; TIAGO FILHO, Geraldo Lúcio; SILVA, Tiago Rodrigo da. The electric energy potential of landfill biogas in Brazil. **Energy Policy**, [S.L.], v. 65, p. 150-164, fev. 2014. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.enpol.2013.10.028>.

BRASIL. Lei nº 11445, de 05 de janeiro de 2007. **Estabelece as diretrizes nacionais para o saneamento básico, cria o Comitê Interministerial de**

Saneamento Básico, altera a Lei nº 6.766, de 19 de dezembro de 1979, a Lei nº 8.036, de 11 de maio de 1990, a Lei nº 8.666, de 21 de junho de 1993, e a Lei nº 8.987, de 13 de fevereiro de 1995, e revoga a Lei nº 6.528, de 11 de maio de 1978.

Disponível em:
<http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2007/Lei/L11445.htm>. Acesso em: 22 fev. 2019.

BRASIL. Lei nº 12.187, de 29 de dezembro de 2009. **Institui A Política Nacional Sobre Mudança do Clima - PNMC e Dá Outras Providências.** Brasília, DF, Disponível em:

<http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2009/lei/l12187.htm>. Acesso em: 11 mar. 2019.

BRASIL. Lei nº 12305, de 02 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.** Disponível em:

<http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2010/Lei/L12305.htm>. Acesso em: 22 fev. 2019.

BRASIL. Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações - MCTIC. Secretaria de Políticas e Programas de Pesquisa e Desenvolvimento – Seped (Org.). **Estimativas anuais de emissões de gases de efeito estufa no Brasil.** 4. ed. Brasília, 2017. 91 p. Disponível em:

<http://sirene.mctic.gov.br/portal/export/sites/sirene/backend/galeria/arquivos/2018/10/11/Estimativas_4ed.pdf>. Acesso em: 26 fev. 2019.

BRASIL. MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Clima.** 2020. Disponível em: <https://www.gov.br/mma/pt-br/assuntos/clima/ozoniodesertificacao/mudancasclimaticas>. Acesso em: 13 abr. 2021.

BRASIL. Resolução CONAMA nº 001 e 23 de janeiro de 1986. **Dispõe sobre critérios básicos e diretrizes gerais para a avaliação de impacto ambiental.**

Publicação DOU, de 17 de fevereiro de 1986, Seção 1, páginas 2548-2549.

BRASIL. Resolução CONAMA nº 404 de 11 de novembro de 2008. **Estabelece critérios e diretrizes para o licenciamento ambiental de aterro sanitário de pequeno porte de resíduos sólidos urbanos.** Publicação DOU nº 220, de 12/11/2008, pág. 93.

CETESB. **1º Inventário de Emissões Antrópicas de Gases de Efeito Estufa Diretos e Indiretos do Estado de São Paulo: Comunicação Estadual.** São Paulo: CETESB, 2011.

COSTA, Vanessa Cristina Bispo. **Análise da viabilidade econômica na implantação e operação de sistemas de aproveitamento energético em aterros sanitários da Região Metropolitana de Recife – PE.** 2020. 77 f. TCC (Graduação) - Curso de Curso em Tecnologia de Gestão Ambiental, Departamento Acadêmico de Ambiente, Saúde e Segurança, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco, Recife, 2020. Disponível em: <https://repositorio.ifpe.edu.br/xmlui/handle/123456789/354>. Acesso em: 15 mar. 2021.

COSTA, Marcel Madeira da; POSSAMAI, Fernando; VIANA, Ednilson. **Levantamento dos lixões inativos dos municípios da região sul do Estado de Santa Catarina.** Anais da 58ª Reunião Anual da SBPC, 2006, Florianópolis, SC, 2006. Disponível em: http://www.sbpnet.org.br/livro/58ra/SENIOR/RESUMOS/resumo_71.html. Acesso em: 17 mar. 2021.

INSTITUTO DO MEIO AMBIENTE DE SANTA CATARINA (IMA). **Organização.** 2019. Disponível em: <http://www.ima.sc.gov.br/index.php/o-instituto/organizacao/o-que-e>. Acesso em: 12 mar. 2019.

INSTITUTO DO MEIO AMBIENTE DE SANTA CATARINA. **INSTRUÇÃO NORMATIVA N° 02**: Disposição final de rejeitos em aterros. Florianópolis, 2020. 17 p. Disponível em: <<http://www.ima.sc.gov.br/index.php/licenciamento/instrucoes-normativas>>. Acesso em: 13 mar. 2021.

IPCC (2001). **Summary for Policymakers and Technical Summary of Climate Change 2001: Mitigation**. Disponível em: < <https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/> >. Acesso em: 12 mar. 2019.

IPCC (2006). Eggleston H.S., Buendia L., Miwa K., Ngara T. and Tanabe K. (eds). **2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories**. Publicado: IGES, Japan. Disponível em: <<https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/vol5.html>>. Acesso em: 12 mar. 2019.

MARTINS, Luís Oscar Silva; SILVA, Leandro Teixeira e; CARNEIRO, Roberto Antônio Fortuna. ANÁLISE DA VIABILIDADE ECONÔMICA E FINANCEIRA DA IMPLANTAÇÃO DE USINA DE GERAÇÃO DE ENERGIA A PARTIR DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS NO MUNICÍPIO DE SANTO ANTÔNIO DE JESUS – BA. **Revista Livre de Sustentabilidade e Empreendedorismo**, v. 2, n. 25, p. 142-166, abr. 2017. Trimestral. Disponível em: <file:///C:/Users/alinegomes/Downloads/76-255-1-PB.pdf>. Acesso em: 18 mar. 2021.

MCTIC. (2016). **Status atual das atividades de projeto no âmbito do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL) no Brasil e no Mundo**: Última compilação do site da UNFCCC1 e da CIMGC: 31 de janeiro de 2016. Disponível em: < https://www.mctic.gov.br/mctic/opencms/ciencia/SEPED/clima/mecanismo_de_desenvolvimento_limpo/Mecanismo_de_Desenvolvimento_Limpo.html >. Acesso em: 20 maio 2019.

SANTA CATARINA. Estado de Santa Catarina. Secretaria de Estado do

Desenvolvimento Econômico Sustentável. **Plano Estadual de Resíduos Sólidos de Santa Catarina**. Florianópolis, 2018. 398 p.

SANTA CATARINA. Lei nº 14.829, de 11 de agosto de 2009. **Institui a Política Estadual sobre Mudanças Climáticas e desenvolvimento sustentável de Santa Catarina, e adota outras providências**. Florianópolis, SC, Disponível em: <http://leis.alesc.sc.gov.br/html/2009/14829_2009_lei.html>. Acesso em: 11 mar. 2019.

SANTA CATARINA. Pablo Rodrigues Cunha. **Projeto de cooperação técnico-científico entre o ministério público de Santa Catarina e Associação Brasileira De Engenharia Sanitária E Ambiental – seção Santa Catarina**: Relatório final contendo os resultados do plano de pesquisa. Florianópolis, 2012. 138 p.

SANTA CATARINA. Resolução Consema nº 98, de 5 de maio de 2017. **Aprova, nos termos do inciso XIII, do art. 12, da Lei nº 14.675, de 13 de abril de 2009, a listagem das atividades sujeitas ao licenciamento ambiental, define os estudos ambientais necessários e estabelece outras providências**. Publicado no DOE de 06.07.2017.

SOUZA, Alessandra Ribeiro de; SILVA, Alex Takeo Yasumura Lima; TRINDADE, Aline Bhering; FREITAS, Flávio Ferreira; ANSELMO, Jaíne Alves. Análise do potencial de aproveitamento energético de biogás de aterro e simulação de emissões de gases do efeito estufa em diferentes cenários de gestão de resíduos sólidos urbanos em Varginha (MG). **Engenharia Sanitaria e Ambiental**, [S.L.], v. 24, n. 5, p. 887-896, out. 2019. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s1413-41522019187066>.

APÊNDICE A – 3.2 Artigo de divulgação técnico-científica

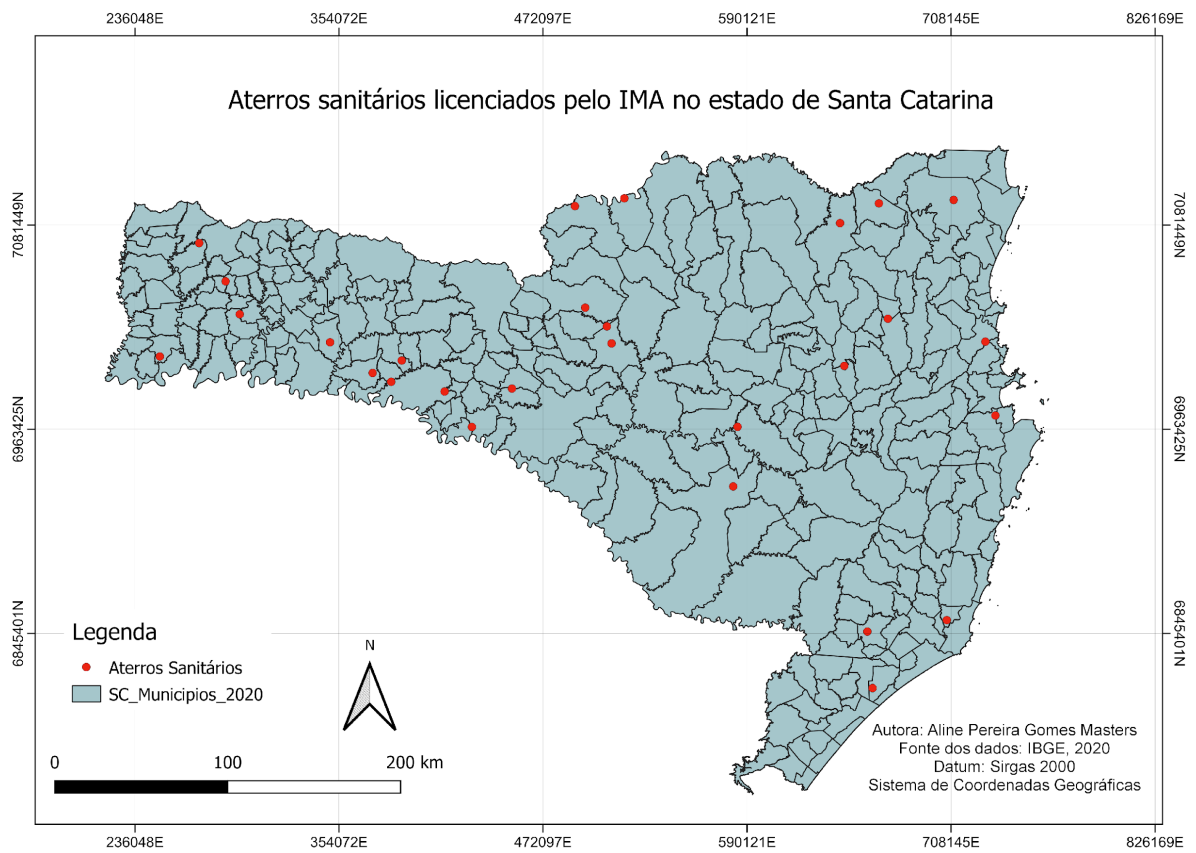
Este produto é um conjunto de informações a respeito da condição das licenças ambientais dos aterros sanitários de Santa Catarina com relação à emissão dos gases do efeito estufa. Essa base de dados contempla os principais resultados do artigo e será publicado no site do IMA, após publicação do artigo em revista. Essas informações ficarão disponíveis para a consulta dos servidores e público em geral com intuito de dar um retorno da pesquisa ao órgão, através do compartilhamento das informações em formato mais acessível.

A servidora do IMA, Aline Pereira Gomes Masters, desenvolveu sua dissertação com o tema diagnóstico dos controles ambientais referente às emissões de gases em aterros sanitários licenciados no Estado de Santa Catarina do Programa de Mestrado Profissional em Clima e Ambiente do Campus Florianópolis do Instituto Federal de Santa Catarina (IFSC).

Foram avaliadas 28 licenças ambientais vigentes da atividade 34.41.10 – Disposição final de rejeitos urbanos em aterros sanitários, definida pela CONSEMA 98 de 5 de maio de 2017.

Os documentos abaixo trazem um resumo das principais conclusões do estudo:

Figura 1: Localização dos aterros sanitários licenciados pelo IMA em Santa Catarina.



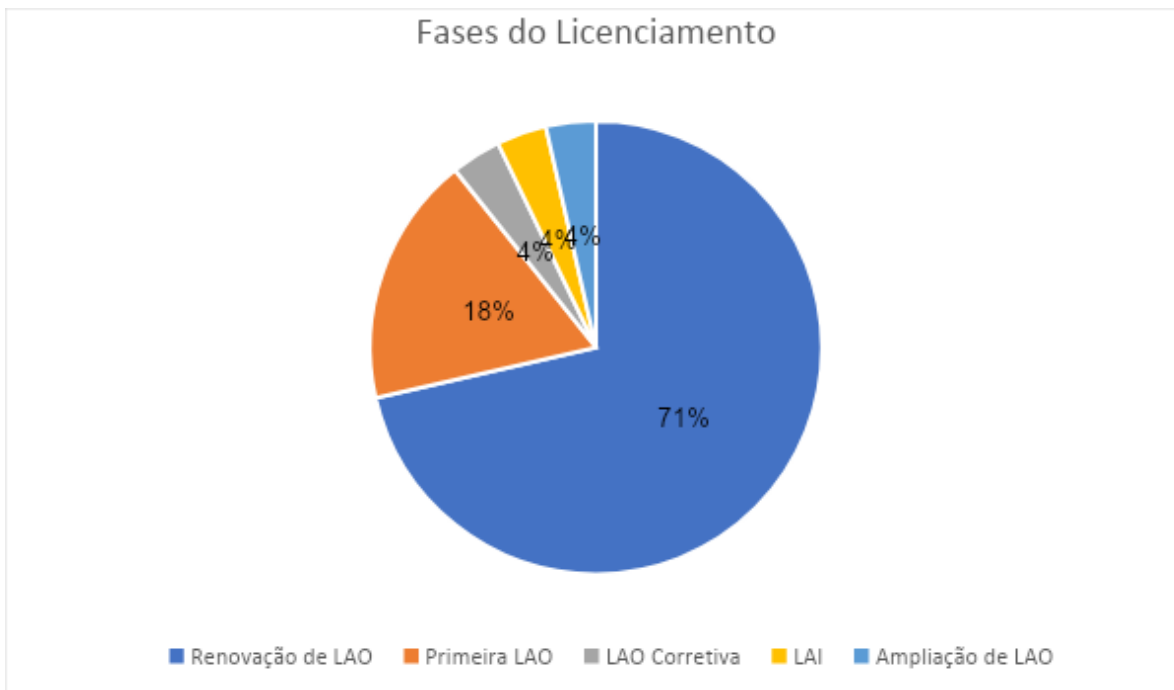
Fonte: Elaborado pela autora.

Figura 2: Informações sobre a administração dos aterros sanitários licenciados pelo IMA no Estado de Santa Catarina.



Fonte: Elaborado pela autora.

Figura 3: Informações sobre as fases do licenciamento ambiental dos aterros sanitários no Estado de Santa Catarina.



Fonte: Elaborado pela autora.

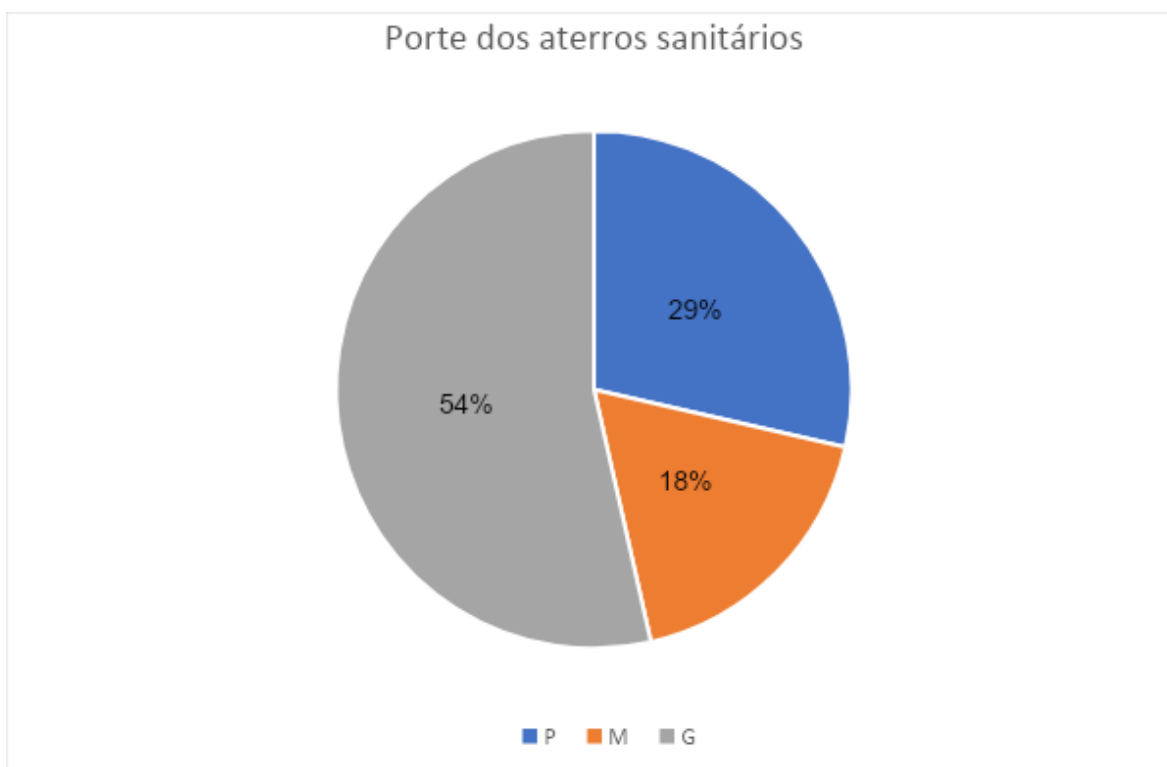
Tabela 1: Listagem e quantidade de atividades secundárias citadas nas licenças ambientais de aterros sanitários no Estado de Santa Catarina.

Quantidade de licenças	Numeração do IMA da atividade secundária	Descrição da atividade secundária
05	34.41.16	Central de triagem de resíduos sólidos urbanos ou equiparados, oriundos de coleta seletiva.
04	71.60.04	Disposição final de rejeitos Classe II A e Classe IIB, de qualquer origem, em aterros.
03	71.60.05	Disposição final de rejeitos da construção civil, em aterros.
02	34.41.11	Tratamento térmico de resíduos de serviços de saúde.
02	34.31.10	Sistema de coleta e tratamento de efluentes industriais.
02	34.31.11	Sistema de coleta e tratamento de esgotos sanitários
02	34.41.15	Unidade de compostagem de resíduos sólidos urbanos ou equiparados, segregados na fonte

01	34.31.13	Sistema de tratamento de efluentes sanitários proveniente de serviços de coleta e transporte rodoviário de efluentes sanitários.
01	71.60.06	Unidade de reciclagem de resíduos da construção civil.
01	42.32.20	Instalações aéreas de tancagem autônoma para consumo próprio de combustíveis líquidos e gasosos.

Fonte: Elaborado pela autora.

Figura 4: Porte dos aterros sanitários licenciados pelo IMA no Estado de Santa Catarina.



Fonte: Elaborado pela autora.

Tabela 2: Descrição dos controles ambientais sobre drenagem dos gases dos aterros sanitários licenciados pelo IMA no Estado de Santa Catarina de apenas 28% das licenças que apresentam essa descrição mais detalhada.

	Descrição dos Controles Ambientais - Emissão de gases (sistema de drenagem)
1	Sistema de drenagem dos gases oriundos da degradação dos resíduos. Os drenos verticais foram feitos considerando-se um raio de influência de 30m a 50m. Os drenos verticais são conectados com os drenos de lixiviados colocados na base.
2	Sistema de drenagem de gases, através de drenos verticais, com distanciamento entre si de 12 metros, confecção da rede através da mesma tubulação de drenagem do lixiviado (drenos de gás interligados ao sistema de drenagem de chorume) formados com tubos de concreto com furos de 1,00 cm de diâmetro, envoltos com anel de brita nº 03 ou 04,

	tubos envoltos com tela de aço galvanizado com diâmetro de 50 cm, com espaçamento entre tubos de concreto e malha de 10,00 cm.
3	Drenagem e queima de gases: verticais espaçados a cerca de 30m entre si, sistema de camisas deslizantes através de tubos, preenchidos com pedra pulmão de 6";
4	Drenos de gás, verticais de 30 cm de diâmetro, perfurado e preenchido com brita nº4; Sistema de coleta e drenagem dos gases conectados aos queimadores.
5	Sistema de drenagem dos gases, composto por drenos verticais e horizontais: verticais - novo sistema de drenos e formado por telas do tipo Telcon, preenchidos por rachão, com tubo de PEAD perfurado no centro com 0,20 m de diâmetro; Horizontais - drenos são executados com trincheiras de pedras e com tubo de PEAD perfurados com 0,16 m de diâmetro, envoltos por rachão; Planta de Combustão, composta por sistema de remoção de umidade/partículas, 03 (três) sopradores centrífugos e 02 (dois) queimadores enclausurados. A planta também conta com 01 (um) gerador a diesel (113 kw);
6	Tubos verticais de PEAD PN6 (200mm) ranhurados envolvidos em tela de arame galvanizado (3,4 mm) malha 2" e pedra rachão. Os gases serão direcionados à usina que gera energia elétrica pela combustão do biogás. Os drenos também estão equipados para drenar percolado e direcioná-los à ETE. O gás que sofrer condensação será direcionado à ETE nas centrais de condensamento da Usina, devidamente licenciada por esta Fundação (LAO Nº 2546/2014);
7	Sistema de drenagem e tratamento de gases oriundos da decomposição da matéria constituído por drenos verticais compostos de malha de aço pop, tubos de concreto perfurado para dreno com 60 cm de diâmetro e pedra rachão. É realizada a queima em flare local, na ponta de cada dreno; O sistema de drenagem dos gases deverá ser ainda interligado ao sistema de drenagem do líquido percolado;
8	Sistema de captação e drenagem de gases gerados no interior do maciço de resíduos, constituído de tubulação de concreto, com diâmetro de 400 mm e preenchimento com pedra "rachão" de 4" a 8" - a saída dos drenos de gases deverão estar permanentemente com a presença de chamas.

Fonte: Elaborado pela autora.

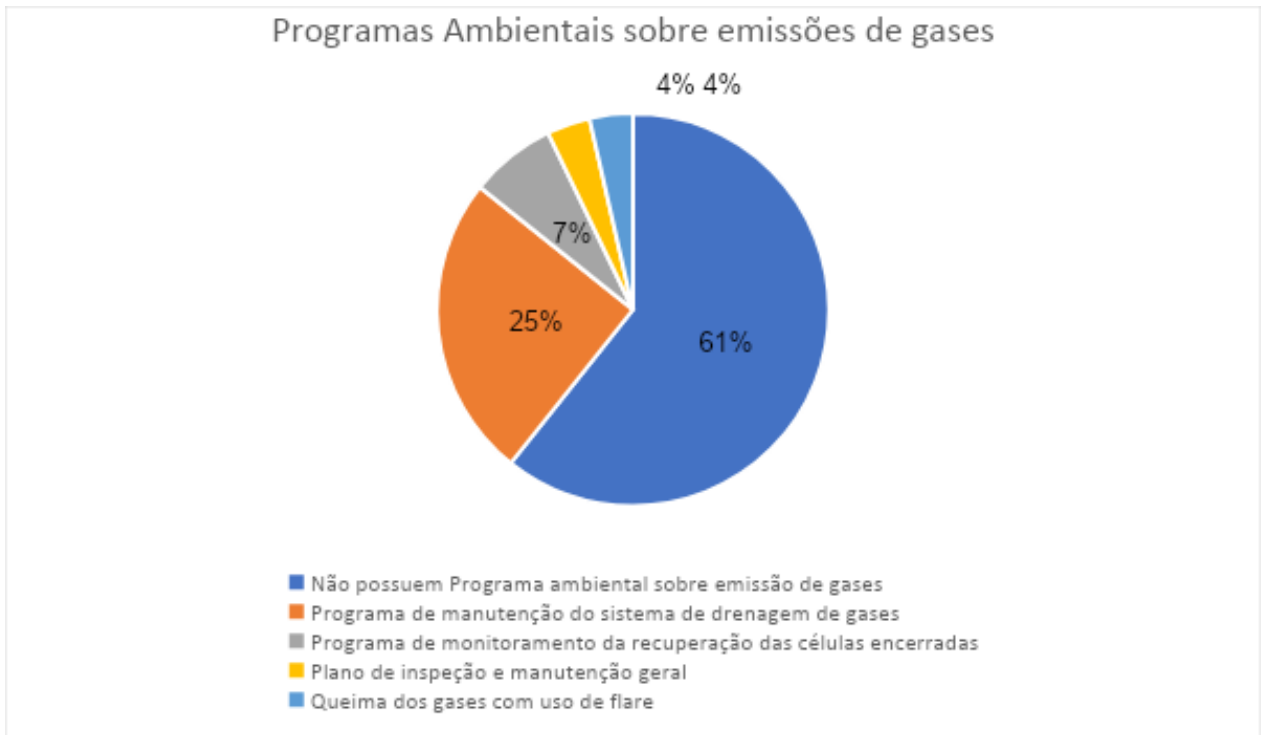
Tabela 3: Listagem dos controles ambientais sobre recobrimento diário e final dos aterros sanitários licenciados pelo IMA no Estado de Santa Catarina de apenas 28% das licenças que apresentam essa descrição mais detalhada.

	Descrição dos Controles Ambientais - Emissão de gases (cobertura)
1	Cobertura final com camada de 60 cm de argila compactada e adição de solo com melhor característica agrônômica, com fins de dar sustentação à cobertura vegetal, em especial por gramíneas.
2	Cobertura diária, intermediária e final com camada de 0,20 cm de solo;

3	Compactação e cobertura diária do lixo, com terra na espessura de 30 cm;
4	Cobertura diária do resíduo, com camada de 20 cm de argila compactada. A célula diária é de 16 m ² ; Cobertura final do aterro constituída de uma camada impermeável com no mínimo 50 cm de espessura de argila compactada com coeficiente (K) menor que 10.E-07cm/s;
5	Cobertura intermediária: 20 cm de argila compactada; • Cobertura final do aterro com 30 cm de argila compactada, seguido de 50 cm de solo e plantio de gramíneas; • Cobertura vegetal, incluindo-se hidrossemeadura, plantio de gramas em leiva e o paisagismo das áreas do entorno das células de resíduos.
6	A frente de trabalho deve se limitar a 25 metros na largura da rampa e 5 metros de altura, e deve receber proteção diária com tela (em dias de chuva), e camada, de solo ou argila, de 15 a 20 cm de espessura, em dias sem precipitação;
7	Cobertura superior intermediária de 20 cm de argila e final de 60 cm de argila compactada.
8	A medida que o lixo é disposto, imediatamente deverá sofrer compactação e recobrimento com argila minimizando a fuga de odores e permanência de vetores transmissores de doença. Em períodos chuvosos, na dificuldade da disposição de argila, o lixo compactado deverá ser recoberto provisoriamente com lona plástica ou tela.

Fonte: Elaborado pela autora.

Figura 5: Programas ambientais sobre emissão de gases nos aterros sanitários licenciados pelo IMA no Estado de Santa Catarina.



Fonte: Elaborado pela autora.

De acordo com o diagnóstico realizado, conclui-se que:

- O Estado de Santa Catarina precisa padronizar melhor seus procedimentos e exigir maiores controles ambientais dos gases emitidos em aterros sanitários.

- É necessário mais instrumentos para facilitar a criação e manutenção de consórcios intermunicipais, também incentivo aos aterros para desenvolvimento de atividades secundárias.

- Hoje no Estado, dos 28 aterros licenciados, em apenas 2, existe unidade de produção de gás e biogás com aproveitamento energético do biogás gerado. Isso demonstra falhas nas políticas que incentivam a utilização de aterros sanitários como fonte de energia renovável e número de iniciativas financeiras econômicas para geração de energia.

- É percebido a necessidade de padronização de conteúdos mínimos que devem ser descritos em cada tópico da licença ambiental, e essa alteração deve ser em todas as INs (instruções normativas) para todas as atividades licenciadas pelo IMA (Instituto do Meio Ambiente de Santa Catarina). Isso traria segurança para que a licença de um empreendimento, como é o caso de disposição final de rejeitos

urbanos em aterros sanitários, com grande potencial de impacto ao meio ambiente, tenha um conteúdo mínimo que possibilita um real controle da atividade e mitigação dos possíveis impactos ambientais. Outro ponto importante é que a licença ambiental possibilita a instauração de processo infracional administrativo pelo IMA ou Polícia Militar Ambiental, quando necessário, considerando o cenário do empreendimento estar em desacordo com a licença obtida ou contrariando as normas legais e regulamentos pertinentes.

- É reconhecido que existe uma dificuldade em ter uma descrição mais detalhada dos controles e programas ambientais no corpo da licença, devido a extensão do documento. A licença ambiental deve abranger todo o empreendimento e por isso, deve ter os controles e programas ambientais descritos de forma resumida. Ainda assim, é necessário uma descrição mínima que informe todos os equipamentos instalados e em operação no aterro que mitiguem os impactos da emissão de gases. Os programas ambientais, conforme apresentados no estudo ambiental, devem estar sempre anexados à licença de forma integral.

- É fundamental que seja exigido na IN 02 do IMA para aterros porte G, o uso do biogás e monitoramento das emissões fugitivas, para aterros novos e ampliações dos aterros existentes.

- Necessidade de atualização de itens da IN 02 do IMA, incluindo a solicitação de um estudo de viabilidade técnica e econômica para uso do metano para aterros porte P e M novos e ampliações dos aterros existentes.

- O IMA está passando por uma fase de atualização e modernização das instruções normativas. Este relatório foi enviado à Gerência de Gestão de Processos Ambientais (GEPAM) do IMA, responsável pela elaboração e atualização das instruções normativas. E essas alterações propostas foram incluídas pela autora no documento conjunto de atualização da IN 02.

- O diagnóstico foi essencial para determinar ações necessárias, que se implementadas, auxiliarão no atingimento das metas propostas no Plano Estadual de Resíduos Sólidos (PERS) de Santa Catarina (SC) que visam recuperar os gases de aterro sanitário, sempre que viável técnica e economicamente. Este estudo pretendeu dar subsídio para cumprimento da segunda meta do PERS, em médio

prazo (até 2023), que propõe a normatização para que novos aterros ou ampliações dos aterros existentes sejam projetados para coleta e uso do metano.