



**Universidade do Estado do Rio de Janeiro**

Centro de Tecnologia e Ciências

Faculdade de Engenharia

Patrick Moraes Souza d'Oliveira

**Potencial poluidor da disposição final de resíduos sólidos nas  
águas da bacia hidrográfica da Baía de Guanabara-RJ.**

Rio de Janeiro

2020

Patrick Moraes Souza d'Oliveira

**Potencial poluidor da disposição final de resíduos sólidos nas águas da bacia hidrográfica da Baía de Guanabara-RJ.**

Dissertação apresentada como requisito parcial para obtenção do título de Mestre, ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental e Sanitária - PEAMB, na Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Área de concentração: Saneamento Ambiental – Controle da Poluição Urbana e Industrial

Orientadores: Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup>. Ana Ghislane Henriques Pereira van Elk

Coorientador: Prof. Dr. Gandhi Giordano

Rio de Janeiro

2020

CATALOGAÇÃO NA FONTE  
UERJ / REDE SIRIUS / BIBLIOTECA CTC/C

D'Oliveira, Patrick Moraes Souza

Potencial poluidor da disposição final de resíduos sólidos nas águas da  
bacia hidrográfica da Baía de Guanabara-RJ/ Patrick Moraes Souza  
D'Oliveira. – 2020.

99f.

Orientadora: Profª Drª. Ana Ghislane Henriques Pereira van Elk

Coorientador: Prof. Dr. Gandhi Giordano

Dissertação (Mestrado) – Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Centro  
de Tecnologia e Ciências

1. Engenharia Ambiental – Teses. 2.

Bibliotecária Responsável:

Autorizo apenas para fins acadêmicos e científicos a reprodução total ou parcial  
desta dissertação, desde que citada a fonte.

---

Assinatura

---

Data

Patrick Moraes Souza d'Oliveira

**Potencial Poluidor da disposição final de resíduos sólidos nas águas da bacia hidrográfica da Baía de Guanabara-RJ.**

Dissertação apresentada como requisito parcial para obtenção do título de Mestre, ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental e Sanitária - PEAMB, na Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Área de concentração: Saneamento Ambiental – Controle da Poluição Urbana e Industrial.

Aprovada em 04 de setembro de 2020.

Banca Examinadora:

---

Prof.<sup>a</sup> Dra. Ana Ghislane Henriques Pereira van Elk  
Faculdade de Engenharia/UERJ (Orientadora)

---

Prof. Dr. Gandhi Giordano  
Faculdade de Engenharia /UERJ (Coorientador)

---

Prof.<sup>a</sup> Dra. Juacyara Carbonelli Campos  
Escola de Química/UFRJ

---

Prof.<sup>a</sup> Dra.<sup>a</sup> Rosane Cristina de Andrade  
Faculdade de Engenharia/UERJ

Rio de Janeiro

2020

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente e sempre à minha namorada e meu Amor Mariana, por todo o apoio durante estes anos, e por sempre me incentivar a buscar meu melhor e vencer qualquer desafio pelo meu caminho, até mesmo aqueles que foram impostos internamente por mim mesmo. Por todo o tempo que dedica a mim mesmo quando não estamos juntos, pois acredito que aqueles esforços e intenções que muitas vezes não vemos podem ser os mais importantes e efetivos.

Agradeço à minha grande amiga Caroline por indiretamente, ao longo do imprevisível curso da minha vida, ter me ajudado de formas que talvez nem ela mesma entenda a magnitude e relevância, mas tudo está tendo seu resultado e minha vida recentemente só teve melhoras pela sua presença.

Agradeço aos meus amigos e companheiros de trabalho do escritório de projetos, Lohana, Padu, João, Gabriel e Laura por me apoiarem para continuar na reta final. Também agradeço ao Luiz, pelo auxílio na revisão deste trabalho.

Agradeço também imensamente aos meus professores orientadores Ana e Ghandi, e também aos demais professores do PEAMB pelo conhecimento adquirido e a todos os profissionais do DESMA e faculdade de engenharia que atuaram no meu processo, por toda a paciência que tiveram diante das minhas condições de saúde, o respeito, o entendimento e muitas vezes o espaço necessário. Pessoas que não tive tanto contato pessoal, mas sei e senti que atuaram para que essa dissertação fosse por fim completa e colocaram acima de tudo o ser humano que está por trás destes parágrafos. Nunca terei a capacidade de retribuir o carinho que me foi dado por essas pessoas, mas que esta dissertação seja uma parte de uma grande "Obrigado por tudo".

## RESUMO

D'OLIVEIRA, Patrick Moraes Souza. *Potencial poluidor da disposição final de resíduos sólidos nas águas da bacia hidrográfica da Baía de Guanabara-RJ*. 2020. 99f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental e Sanitária). Departamento de Engenharia Sanitária e Meio Ambiente, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2020.

A Baía de Guanabara e seu entorno é definida por uma dinâmica de atividades industriais, desenvolvimento urbano intenso e desordenado, atividades turísticas e comerciais portuárias em um ambiente que possui alta relevância ambiental, dotado de ecossistemas que necessitam de preservação como os mangues, lar de espécies animais biologicamente relevantes, integrantes inclusive da atividade pesqueira, que é o sustento de muitas famílias que vivem no local. A destinação inadequada de resíduos está ligada à poluição das águas da região hidrográfica V através de uma de suas vertentes poluidoras que é a geração de lixiviado, líquido altamente tóxico. O presente trabalho tem por objetivo identificar as áreas de disposição final que impactam a Região Hidrográfica V da Baía de Guanabara, através de levantamento das licenças ambientais, de dados de visitas técnicas do GT Chorume, análise de dados do ICMS Ecológico no RJ e da utilização do software de informações geográficas Quantum Gis (QGis). Assim foi possível identificar 8 vazadouros desativados sem remediação como Guapimirim, Tanguá, lixão de Areia Branca, Ferma, Itambi, Caxito, Itapeba e Babi. Um total de 4 aterros controlados também em processo de remediação, Bongaba, Itaoca, Gericinó e Gramacho, bem como potenciais vazadouros clandestinos no entorno do aterro de Jardim Gramacho.

Palavras-Chave: Região Hidrográfica V. Baía de Guanabara. Resíduos Sólidos. Aterros Sanitários. Vazadouros. Aterros controlados. Lixiviados.

## ABSTRACT

D'OLIVEIRA, Patrick Moraes Souza. *Polluting potential of solid waste disposal in the waters of the Hydrographic Basin of Guanabara Bay-RJ*. 2020. 99f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental e Sanitária) – Departamento de Engenharia Sanitária e Meio Ambiente, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2020.

The Guanabara Bay and its surroundings are defined by a dynamic of industrial activities, intense and disordered urban development, tourist and commercial port activities in an environment that has high environmental relevance, endowed with ecosystems that need preservation such as mangroves and home of biologically relevant species, also important for the fishing activity, which is the livelihood of many families living in the area. The inadequate destination of solid waste is linked to the pollution of the waters of the hydrographic region V, through one of its polluting aspects, which is the generation of leachate, a highly toxic liquid. This work aims to investigate the current scenario of solid waste and leachate management that impacts directly the Hydrographic Region V of Guanabara Bay. Through the survey of the legal environmental documentation, data from technical visits made by the GT Chorume to waste treatment centers, analysis of ICMS Ecológico data in RJ and mapping the data collected using the Geographic information system software Quantum Gis (QGis). It was possible to identify the potentially polluting points of water bodies in 8 dumps deactivated without remediation like Guapimirim, Tanguá, lixão de Areia Branca, Ferma, Itambi, Caxito, Itapeba e Babi. A total of 4 controlled landfills licensed for recovery as well as Bongaba, Itaoca, Gericinó e Gramacho and the existence of potential clandestine dumps around the Jardim Gramacho landfill.

Keywords: Hydrographic Region V. Guanabara Bay. Solid Waste. Sanitary landfill. Dump. Controlled landfill. Leachate.

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Fatores influenciadores na geração do lixiviado .....	35
Tabela 2 - Divisão territorial de regiões hidrográficas do estado do Rio de Janeiro...	45
Tabela 3 - Sub índices temáticos do ICMS Ecológico, segundo o Decreto Estadual 46.884/19. ....	75
Tabela 4 - Comparativo dos critérios de avaliação do ICMS Ecológico para vazadouros e aterros .....	76
Tabela 5. Corpos hídricos receptores e principais das sub bacias dos aterros sanitários e vazadouros da RH.....	77
Tabela 6 - Comparativo dos dados de vazadouros e aterros levantados pelo ICMS ecológico e Operadores de CTRs .....	84

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Principais Corpos Hídricos da RH V .....	17
Figura 2 - Bacias drenantes que integram a RH V .....	46
Figura 3 - Região Metropolitana do Rio de Janeiro e RH V .....	47
Figura 4 - Localização geográfica da CTR Belford Roxo .....	57
Figura 5 - Localização geográfica da CTR Santa Rosa .....	58
Figura 6 - Localização geográfica do Aterro controlado Jardim Gramacho.....	60
Figura 7 - Localização geográfica do aterro controlado Morro do Céu.....	61
Figura 8 - Localização geográfica do aterro controlado de Gericinó .....	61
Figura 9 - Localização geográfica do aterro controlado de Bongaba .....	62
Figura 10 - Localização geográfica do vazadouro do Babi.....	63
Figura 11 - Localização geográfica da CTR Nova Iguaçu .....	64
Figura 12 - Localização geográfica da CTR São Gonçalo. ....	66
Figura 13 - Localização geográfica do aterro controlado de Itaoca .....	67
Figura 14 - Localização geográfica da CTR Itaboraí .....	68
Figura 15 - Mapa de vazadouros não remediados na RMRJ e RH V.....	70
Figura 16 - Mapa Índice de Remediação de Vazadouros de acordo com dados do ICMS Ecológico.....	71
Figura 17 - Mapa Índice de Destinação adequada de resíduos sólidos urbanos de acordo com os dados do ICMS Ecológico.....	72
Figura 18 - Lixões clandestinos em operação de fiscalização do INEA e SEAS.....	79
Figura 19 - Lixões clandestinos nos arredores de Gramacho .....	79
Figura 20 – Identificação dos corpos hídricos potencialmente receptores do lixiviado proveniente da destinação inadequada de resíduos sólidos urbanos na RH V e situação de vazadouros e aterros. ....	81
Figura 21 - Destinação de resíduos e situação dos vazadouros e aterros sanitários na RMRJ e RH V.....	83

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AGEVAP	Associação Pró-Gestão das Águas da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul.
ABRELPE	Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais
ANA	Agência Nacional de Águas
CBH-BG	Comitê da Baía de Guanabara e dos sistemas lagunares de Maricá e Jacarepaguá
CONDIR	Conselho Diretor
CERHI	Conselho Estadual de Recursos Hídricos
INEA	Instituto Estadual do Meio Ambiente
ICMS	Imposto sobre Operações relativas à Circulação de Mercadorias e Prestação de Serviços
PERS/RJ	Plano Estadual de Resíduos Sólidos do Rio de Janeiro
PSAM	Plano de Saneamento dos Municípios do entorno da Baía de Guanabara
PDBG	Plano de Despoluição da Baía de Guanabara
PNRS	Plano Nacional de Resíduos Sólidos
PAC	Programa de Aceleração do Crescimento
PDUI	Plano de Desenvolvimento Urbano Integrado
PERHI	Plano Estadual de Recursos Hídricos
RH V	Região hidrográfica V
RMRJ	Região Metropolitana do Rio de Janeiro
RMRJ	Região Metropolitana do Rio de Janeiro

## SUMÁRIO

<b>Introdução</b> .....	<b>13</b>
<b>Objetivo Geral</b> .....	<b>15</b>
<b>Objetivos Específicos</b> .....	<b>15</b>
<b>Estrutura da dissertação</b> .....	<b>16</b>
<b>1.REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	<b>17</b>
<b>1.1.Poluição da Bacia Hidrográfica da Baía de Guanabara</b> .....	<b>17</b>
<b>1.2. Governança das águas na RH V</b> .....	<b>21</b>
<b>1.3.Arcabouço legal</b> .....	<b>22</b>
1.3.1.A Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS, LEI 12.305/2010) .	22
1.3.2.Lei Federal nº 9.605/1998 – Lei de crimes ambientais .....	24
1.3.3.Resolução Federal CONAMA nº430 de 2011 .....	25
1.3.4.Norma Técnica NT-202.R-10 do INEA.....	26
1.3.5.Lei Estadual nº 8298/2019 - altera a Política Estadual de Resíduos Sólidos do Estado do Rio de Janeiro .....	27
<b>1.4.Programa Estadual Pacto pelo Saneamento</b> .....	<b>29</b>
<b>1.5.O Plano de Resíduos Sólidos do Estado do Rio de Janeiro: Ações e programas no gerenciamento de resíduos sólidos</b> .....	<b>30</b>
<b>1.6.Cenário da disposição final de resíduos sólidos urbanos no Estado do Rio de Janeiro</b> .....	<b>33</b>
<b>1.7.Lixiviado – Conceito, caracterização e contaminação</b> .....	<b>35</b>
1.7.1.Alternativas de tratamento de lixiviado no cenário brasileiro .....	40
<b>2.METODOLOGIA</b> .....	<b>44</b>
<b>2.1.A Região Hidrográfica V</b> .....	<b>44</b>

<b>2.2. Coleta de Dados</b> .....	<b>48</b>
2.2.1 Licenças Ambientais e TACs .....	48
2.2.2 ICMS Ecológico .....	50
2.2.3 Dados de Visitas técnicas do GT Chorume .....	51
2.2.4 Compilação dos Dados.....	54
<b>3.RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	<b>56</b>
<b>3.1. Licenças ambientais das centrais de tratamento de resíduos, aterros controlados e vazadouros</b> .....	<b>56</b>
<b>3.2. Cenário da situação de Centrais de tratamento de resíduos, aterros controlados e vazadouros com base nos dados do ICMS Ecológico..</b>	<b>69</b>
<b>3.3. Corpos hídricos receptores dos lixiviados na RH V.....</b>	<b>76</b>
<b>3.4. Cenário da situação das áreas de disposição final investigadas com base nos dados dos relatórios de visitas técnicas do GT Chorume....</b>	<b>82</b>
<b>3.5. Identificação de inconsistências dos dados investigados .....</b>	<b>84</b>
<b>4. CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	<b>87</b>
<b>4.1. Sugestões para trabalhos futuros.....</b>	<b>90</b>
<b>5. REFERÊNCIAS</b> .....	<b>91</b>

## Introdução

As condições ambientais dos corpos hídricos presentes na região hidrográfica V (RH V) sofrem com os efeitos da poluição por resíduos sólidos urbanos nos ambientes aquáticos e com o lixiviado proveniente principalmente da sua disposição inadequada. As legislações federais e estaduais definem a competência de gestão de resíduos no espaço público urbano como sendo municipal. Além disso, os corpos hídricos são negligenciados em relação ao espaço habitual de coleta de resíduos sólidos, o que leva a uma disposição inadequada do lixo diretamente nos corpos hídricos da RH V (FERREIRA; SILVA; RESENDE, 2011).

A Baía de Guanabara possui um cenário de poluição composto principalmente pela falta de saneamento básico e pela alta carga orgânica de efluentes domésticos, como também pela gestão inadequada de resíduos e alta densidade demográfica. Além disso, pode-se citar também a presença de indústrias do setor de transformação petroquímico e químico I (ALENCAR, 2016).

Sabe-se que a região já passou por diversas intervenções para recuperação de sua qualidade ambiental como o Programa de Despoluição da Baía de Guanabara (PDBG) realizado na década de 90 e o Programa de Saneamento Ambiental dos Municípios do entorno da Baía de Guanabara (PSAM), iniciado em 2012. Porém, segundo o estudo de diagnóstico ambiental da Baía realizado em cooperação com o estado de Maryland (SEA, 2015), ainda hoje, a baía sofre com poluição, onde toneladas de lixo acabam sendo direcionadas para o espelho d'água e despejados no seu entorno.

Inseridos na governança das águas da RH V estão o órgão ambiental estadual - INEA, a Agência delegatária de águas – AGEVAP e o comitê de bacia da Baía de Guanabara (CBH-BG), que foi criado em 2005, junto com o plano diretor da Bacia, que está em processo de atualização. O CBH-BG é o responsável pelos projetos e diretrizes na bacia e pelo o dinheiro arrecadado pela cobrança de água dos usuários na região. Já a Agência de Águas executa estes planos e projetos na Bacia (ANA, 2018).

O GT Chorume, grupo de trabalho que acompanha a problemática da poluição por lixiviado, foi formado dentro do CBH-BG e é responsável por direcionar ações e projetos com o objetivo de melhorar a gestão do percolado de aterros e, por consequência, diminuir a poluição das águas da RH V. No plano de trabalho do grupo constam atividades como o acompanhamento da poluição por vazadouros clandestinos e sem remediação, o monitoramento da poluição gerada pelos aterros sanitários, o tratamento combinado de lixiviado em estações de tratamento de efluentes e o tratamento de lixiviado nos aterros sanitários e controlados.

A Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), projeto de Lei nº 12.305/2010, estabeleceu diretriz para o fechamento de lixões em 2014, porém esta meta foi prorrogada até agosto de 2021 para capitais e regiões metropolitanas. Portanto, o problema em torno da destinação final dos resíduos de forma adequada continua premente, agravando ainda mais o cenário da poluição por lixiviados, (ABRELPE, 2019).

O tratamento do percolado exige técnicas diferentes de acordo com a idade do aterro (FERREIRA, 2000). Por consequência disso, foi formulada uma variedade de estratégias para tais tratamentos. Entre os mais importantes, destacam-se os processos biológicos que englobam sistemas de lagoas, lodo ativado, reatores biológicos aeróbios e anaeróbios, os processos físico-químicos, como oxidação química, adsorção, flotação, coagulação, floculação e precipitação química, e os processos finais no tratamento, realizados por meio de nanofiltração, ultrafiltração com membranas e osmose reversa (RENOU *et al.*, 2008).

Como os problemas relacionados a destinação inadequada de resíduos no entorno da Baía de Guanabara permanecem, se faz necessário o mapeamento constante de áreas contaminadas e com alto potencial poluidor para as águas da RH V.

O presente trabalho pretende contribuir para o planejamento de ações mitigadoras e de controle na gestão do lixiviado na Baía de Guanabara, fornecendo subsídios para os entes responsáveis pela governança das águas da Bacia Hidrográfica V e, prioritariamente para o GT Chorume através do mapeamento e identificação da situação atual de disposição de resíduos e gestão do lixiviado na RH V e Região Metropolitana do Rio de Janeiro (RMRJ).

## **Objetivo Geral**

O objetivo geral do presente trabalho é construir o cenário atual das áreas de disposição final de resíduos sólidos com potencial poluidor na RH V.

## **Objetivos Específicos**

- Avaliar as condicionantes de licenças ambientais relativas à gestão do lixiviado e os Termos de Ajustamento de Conduta (TAC) dos locais de disposição final de resíduos sólidos no entorno da região hidrográfica V da Bacia da Baía de Guanabara;
- Identificar quais corpos hídricos recebem o lixiviado efluente dos aterros e vazadouros na RH V e quais lançamentos estão atendendo à legislação ambiental vigente;
- Compilar os dados do ICMS Ecológico referentes à destinação adequada dos resíduos e remediação de vazadouros nos municípios inseridos na região hidrográfica V;
- Compilar os dados das visitas técnicas realizadas pelo GT Chorume, nos aterros sanitários e vazadouros localizados na região hidrográfica V;
- Realizar uma análise comparativa das informações obtidas através das Licenças ambientais e TACs, visitas técnicas e dados do ICMS Ecológico com o objetivo de destacar as inconsistências das três bases de dados.

## **Estrutura da dissertação**

A presente dissertação está estruturada em 4 capítulos compostos por revisão bibliográfica, metodologia, resultados e discussão e considerações finais.

O primeiro capítulo apresenta a revisão bibliográfica abordando os temas: Poluição na Baía de Guanabara, governança das águas, arcabouço legal relacionado a resíduos sólidos e lixiviado, o cenário da Política Nacional de Resíduos Sólidos, o Plano de Resíduos Sólidos do Estado do Rio de Janeiro e traz a conceituação sobre o lixiviado, sua caracterização e alternativas de tratamento.

O segundo capítulo apresenta a metodologia utilizada na coleta de dados, abordando aspectos da região hidrográfica V e seus corpos hídricos

O terceiro capítulo apresenta os resultados e discussão, avaliando separadamente as conclusões obtidas através do levantamento das licenças ambientais, dados do ICMS Ecológico e visitas do GT Chorume. Cada fonte de dados permite construir um cenário da situação atual dos aterros e vazadouros, bem como da disposição final de resíduos na RH V. Nesse item também são construídos a relação dos corpos hídricos potencialmente receptores de lixiviado e um quadro de inconsistências entre as fontes de dados

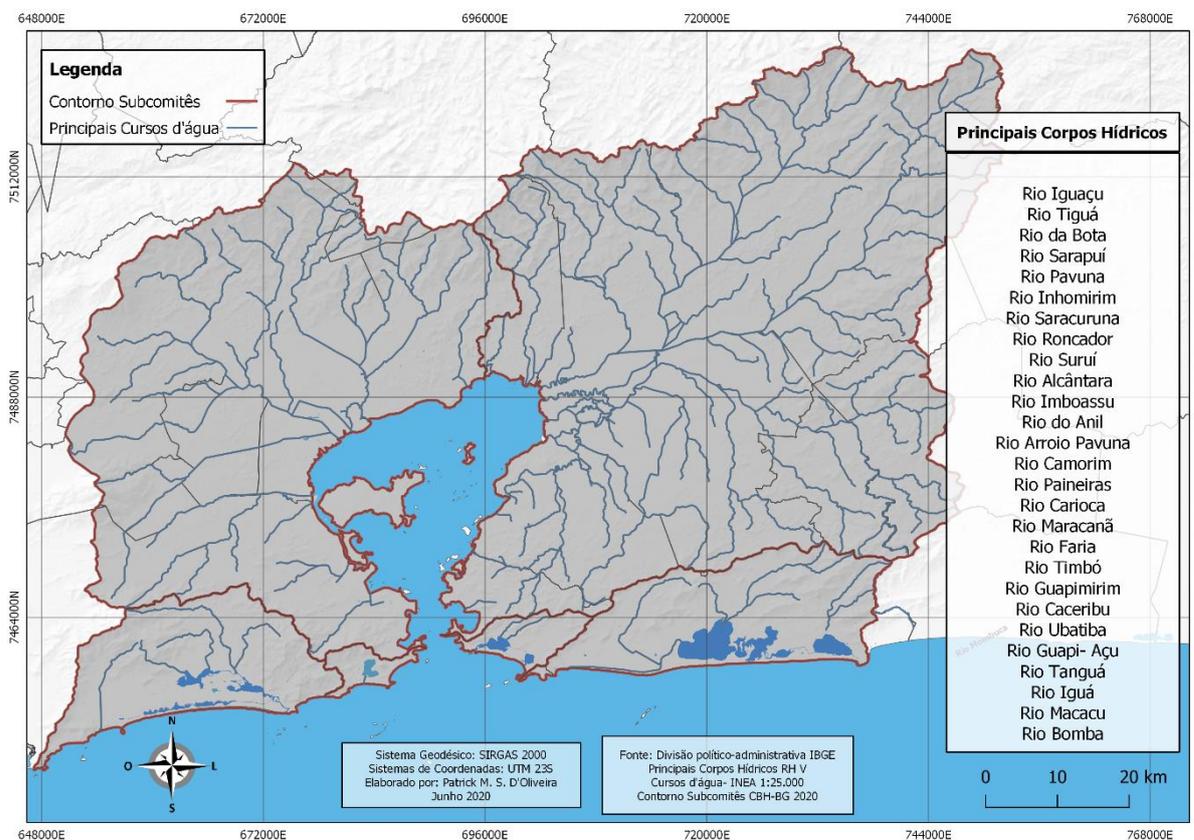
O quarto capítulo apresenta as considerações finais obtidas através das análises de resultados.

## 1. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 1.1. Poluição da Bacia Hidrográfica da Baía de Guanabara

A Bacia da Baía de Guanabara é marcada pelo processo de urbanização e metropolização desde os anos 1950. Suas águas são afetadas pela disposição inadequada de resíduos sólidos urbanos, pelas condições precárias de saneamento básico e pela atividade industrial instalada no seu entorno. A qualidade das águas é prejudicada pelas mudanças nos seus parâmetros físicos, químicos e biológicos, através do aumento de turbidez, da diminuição do oxigênio dissolvido e pela presença de substâncias tóxicas (ALENCAR, 2016). Na Figura 1 apresenta-se os principais corpos hídricos inseridos na RH V.

Figura 1 - Principais Corpos Hídricos da RH V



Fonte: Elaborado pelo Autor (2020), dados INEA e IBGE

É importante ressaltar que a Baía de Guanabara é um ambiente estuarino e, por consequência disso, tem sofrido influência de diversas atividades comerciais, industriais, de infraestrutura e de processos urbanos ao longo dos anos. Portanto, para se analisar a condição das suas águas, deve-se primeiro investigar a qualidade dos corpos hídricos inseridos na sua bacia hidrográfica, que está compreendida na região hidrográfica V do Estado do Rio de Janeiro (SEAS, 2015).

Por ser um habitat de fauna diversa seu espelho d'água se torna palco de disputas territoriais entre a atividade industrial e pesqueira, além de sofrer com a logística da entrada e saída tanto de navios comerciais como industriais. Entre os 55 rios principais que são afluentes à Baía de Guanabara, os que contribuem com a maior vazão de água doce são o Rio Iguaçu, Rio Caceribú, Rio Macacu, Rio Guapimirim, Rio Estrela, Rio Sarapuí e o Rio São João de Meriti, em uma vazão aproximadamente de 200m<sup>3</sup>/s (COELHO, 2007; SAMPAIO, 2003).

Um dos principais fatores relacionados à poluição da Baía de Guanabara é o saneamento básico precário de muitas regiões e municípios do seu entorno. Para Coelho (2007), as intervenções na drenagem e canalização dos cursos naturais de muitos rios, causadas pela urbanização, os tornaram parte integrante do sistema de esgotamento sanitário de municípios, aportando grande carga de efluentes sanitários domésticos na Baía de Guanabara sem qualquer tratamento, como por exemplo os rios Banana Podre e parte do Rio Carioca. A falta da coleta de Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) nos municípios do entorno da Baía de Guanabara também é um fator que influencia a disposição de resíduos nos seus rios afluentes e no seu espelho d'água, contribuindo não só para o assoreamento das suas margens e fundo, como também para a poluição das ilhas e praias (FERREIRA; SILVA; RESENDE, 2011).

A ocupação industrial marca a Baía com a presença do 2º maior parque industrial do país, o complexo petroquímico do Estado do Rio de Janeiro (COMPERJ), que compromete as águas da região com o despejo de óleos e compostos químicos como os hidrocarbonetos em geral. Construindo, dessa forma, um cenário de assoreamento e de contaminação da vida aquática (PEDRETE, 2010).

O histórico de ações para a despoluição da Baía de Guanabara é iniciado com o Plano de Despoluição da Baía de Guanabara (PDBG) no ano de 1994. Com um desempenho insatisfatório ocasionado por problemas de gestão e dimensionamento das obras iniciais. Na sua segunda fase passou a responsabilidade das melhorias de

infraestrutura de saneamento para a CEDAE, em um novo arranjo institucional e com aporte de recursos dentro do Programa de Aceleração do Crescimento (PAC) (VEIRA, 2009).

Após 26 anos da sua criação, o PDBG concluiu diversas obras em estações de efluentes sanitários, redes coletoras e na infraestrutura de esgotamento sanitário, porém ainda conta com diversas obras paralisadas no entorno da Baía de Guanabara, são elas: Tronco Coletor Faria-Timbó; Tronco Coletor Manguinhos; sistema Paranapuã na Ilha do Governador; Obras de Complementação do Tratamento Secundário da ETE Alegria; Galeria de Cintura da Maré e Ilha do Fundão; Sistema Penha – Mercado São Sebastião e Adjacências; Sistema Paquetá; Esgotamento Vale do Ipê – Jd. Veneza – Belford Roxo. Outras obras também ainda se encontram em andamento, como as obras complementares do sistema de esgotos Pavuna e as obras complementares do sistema de coleta de esgotos Sarapuú (CEDAE, 2020).

Outra iniciativa a favor da despoluição da Baía é o Programa de Saneamento Ambiental dos Municípios do entorno da Baía de Guanabara (PSAM), que tem como objetivo a implantação de sistemas de saneamento e apoio à elaboração dos planos municipais de saneamento dos municípios alvo. O programa conta com investimentos do Banco Interamericano de Desenvolvimento (BID), com montante de US\$ 451,980 milhões e também do Governo do Estado do Rio de Janeiro no valor de US\$ 187,570 milhões. A ação conta com obras em andamento no leste e oeste de Caxias, em Irajá, a obra do tronco coletor da cidade nova, tronco coletor Faria Timbó e do sistema de esgotamento sanitário de Alcântara (PSAM, 2020).

Segundo o relatório da comissão especial da Baía de Guanabara elaborado pela Assembleia Legislativa do Estado do Rio de Janeiro (ALERJ, 2015) nunca existiu conexão e continuidade entre as diversas iniciativas para a melhoria ambiental da Baía de Guanabara, a falta de planejamento urbano, a instalação de indústrias, criação de novos lixões e a periferização da população foram os fatores de base que construíram o cenário de degradação atual. Também segundo o relatório, a ação poluidora e sinérgica de indústrias no entorno da Baía não foi pensada. A permissividade dos órgãos públicos e licenciadores deixou o caminho livre para que algumas indústrias, como integrantes da Refinaria Duque de Caxias (REDUC), operassem sem licença, apenas por meio de TACs. O espaço ambiental e social do espelho d'água da Baía de Guanabara se tornou saturado. O relatório concluiu que é

necessária a avaliação ambiental integrada e a regularização dos empreendimentos já instalados, com um plano de curto, médio e longo prazo para enfrentar os problemas de diferentes perspectivas.

Dentro das ações realizadas a favor da recuperação da Baía de Guanabara, o Rio de Janeiro, por meio da antiga Secretaria de Estado do Ambiente (SEA), hoje com o nome de Secretaria de Estado do Ambiente e Sustentabilidade (SEAS), estabeleceu uma parceria com o Centro para Ciências Ambientais da Universidade de Maryland (UMCES) e com a empresa KCI Technologies para realização do diagnóstico da Baía de Guanabara, com o objetivo de melhorar o planejamento da despoluição para os jogos Olímpicos de 2016. O Diagnóstico apontou que o lixo flutuante nas águas ocasiona o maior impacto visual, além de outras formas de poluição geradas pela sua disposição incorreta e em consequência da decomposição dos resíduos, a geração de lixiviado e a liberação do gás metano.

O plano de Recuperação Ambiental da Baía de Guanabara (PRA-BAÍA) também foi proposto pela parceria do Rio de Janeiro com a empresa KCI Technologies e a UMCES, tendo inclusive contribuições de membros do Comitê da região hidrográfica da Baía de Guanabara e sistemas lagunares de Maricá e Jacarepaguá (CBH-BG).

Os principais objetivos estabelecidos pelo PRA-Baía foram: Estabelecer uma governança forte para a recuperação; recuperar a qualidade das águas da Baía; recuperar a Bacia Hidrográfica da Baía de Guanabara. Todas essas metas estruturaram o plano de recuperação baseando-se em ações e experiências antecedentes, nos seus erros e sucessos.

Para Costa (2015), os corpos hídricos do entorno da Baía de Guanabara continuam sendo alvo de políticas e estratégias que visam a produção capitalista do espaço, apoiadas por políticas de Estado que fomentam a exploração territorial. Aponta ainda que pouco se debate de forma integrada sobre os investimentos relevantes para a região, apesar de diversas iniciativas terem sido tomadas a respeito da formação de arranjos políticos participativos de planejamento, desde as décadas de 1990 e 2000 no Estado. Segundo a autora, o curso do desenvolvimento e industrialização da Metrópole se interpõe às condições de vida e trabalho de classes sociais que fazem um uso mais simples das águas, como os pescadores artesanais por exemplo. O sistema de gestão de águas enfrenta desafios desde a sua

implementação com a Política Nacional de Recursos Hídricos onde se pretende democratizar e descentralizar as ações na área, o que dificulta as soluções a curto prazo e o seu dimensionamento para escalas menores que possam ser aplicadas à região hidrográfica, em outras palavras, as gerências descentralizadas dos recursos hídricos frequentemente são direcionadas por motivações políticas e sofrem interferência dos setores de estrutura do Estado que estão fora da esfera decisória participativa.

## **1.2. Governança das águas na RH V**

O comitê da Bacia Hidrográfica da Baía de Guanabara (CBH – BG) foi criado em 2005 pelo Decreto Nº 38.260, junto da elaboração do Plano Diretor de Bacia para Baía de Guanabara, que possui prognósticos para um horizonte de 15 anos.

O funcionamento do CBH-BG é integrado por instituições do poder público, usuários da água e membros representantes da sociedade civil. Dessa forma, as discussões e decisões são tomadas à luz da gestão participativa, descentralizada e respeitando a equidade de atuação e contribuição das três esferas dentro do Comitê (PNRH, 1997).

O comitê possui ferramentas de gestão para estruturar seus projetos em escala da RH V e dos subcomitês, com a criação dos grupos de trabalho (GT) e câmaras técnicas (CT). O GT Chorume é uma das instâncias do CBH-BG e atua diretamente nos assuntos relacionados à poluição das águas da RH V por meio de lixiviado e é uma das fontes de dados para este trabalho.

As condições ambientais dos recursos hídricos da Bacia da Região Hidrográfica V (RH V), portanto, estão sob a competência do órgão gestor estadual INEA, do Comitê de Bacia Hidrográfica e Agência Pró-Gestão das águas do Paraíba do Sul (AGEVAP), conforme definido pela Lei 9.433/97.

O comitê da Bacia Hidrográfica da Baía de Guanabara (CBH-BG) se subdivide em 6 subcomitês, dada a complexidade das interações com os corpos hídricos da Bacia e as particularidades para cada uma das regiões.

A maior densidade populacional da RH V está inserida no subcomitê Oeste, parcela do território que sofre com a carência de esgotamento sanitário e onde se localizam o aterro controlado de Jardim Gramacho em Duque de Caxias, vazadouro desativado do Babi em Belford Roxo e aterro controlado de Gericinó em Bangu.

A agência de águas delegatária funciona como secretaria executiva do CBH-BG e suas obrigações são descritas segundo o artigo 44 da Lei 9.433. Dentre essas funções é previsto que a delegatária elabore e promova os estudos necessários para a gestão dos recursos hídricos em sua área de atuação.

### **1.3. Arcabouço legal**

#### **1.3.1. A Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS, Lei nº 12.305/2010)**

A Lei Federal nº 12.305/10 que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), foi criada com o objetivo de permitir que o Brasil avance e enfrente os seus principais problemas ambientais, sociais e econômico que são fruto do manejo inadequado de resíduos sólidos (BRASIL, 2020). Determinando um novo marco do gerenciamento de resíduos sólidos no país a PNRS estabelece princípios importantes como exemplo do conceito de poluidor-pagador, incentivos à indústria de reciclagem e uma visão sistêmica, na gestão dos resíduos sólidos, que considere as variáveis ambiental, social, cultural, econômica, tecnológica e de saúde pública (REIS; FRIEDE; LOPES, 2017). O principal objetivo determinado foi da não geração, redução, reutilização, reciclagem e tratamento dos resíduos sólidos, bem como disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos. Estes princípios e objetivos, como outros criados, conduziram diretamente o enfrentamento a respeito da problemática da gestão de resíduos sólidos (NETO; MOREIRA, 2010), e conseqüentemente nos principais fatores que influenciam na geração de lixiviado.

A PNRS enfrentou problemas relacionados à sua implementação, como a insuficiente capacidade orçamentária dos municípios e fraquezas institucionais e organizacionais. Onde os pequenos municípios não possuem ainda potencial de gerenciamento para atingir os objetivos propostos (HEBER; SILVA, 2014). Embora

esteja previsto o incentivo a criação de ferramentas como a gestão compartilhada e formação de consórcios, em seu texto (BRASIL, 2010).

Portanto, outro fator importante para o gerenciamento de resíduos e determinante para que as ferramentas da PNRS consigam ser aplicadas no território brasileiro é a análise institucional dos atores, que são encarregados do cumprimento das diretrizes criadas (MAIELLO; BRITT; VALLE, 2018).

A PNRS traz a definição de gestão integrada de resíduos sólidos e preconiza que as ações voltadas para solução dos problemas relacionados a resíduos devem se dar de forma integrada, contemplando as esferas ambiental, social, política, econômica e cultural (BRASIL, 2010). Dessa forma, o gerenciamento e manejo de resíduos deve ser enfrentado como política que ultrapassa os limites do setor de saúde pública, onde são necessárias políticas intersetoriais que serão afetadas pelo saneamento básico (BAPTISTA, 2014; MAIELLO; BRITTO; VALLE, 2018).

Outro aspecto importante previsto pela PNRS em suas diretrizes de gestão integrada é a participação dos catadores de materiais recicláveis e integrantes da rede de coleta seletiva. A lei identifica e reconhece a relevância desta classe trabalhadora na cadeia do gerenciamento de resíduos e que sua atuação deve ser ampliada, porém ainda são escassas as definições e clareza na relação trabalhista de segurança e saúde destes trabalhadores (BRASIL 2010; MAIELLO; BRITTO; VALLE, 2018). O modelo cooperativo apresenta diversas vantagens como maior controle no gerenciamento e ampliação do potencial de triagem e reuso dos materiais a partir da organização das cooperativas de catadores (MORAES, 2012).

Para Britto (2014), a gestão intermunicipal e formação de consórcios desempenha um papel importante para se conseguir alcançar os objetivos propostos pela PNRS. A solução regionalizada em forma de consórcios busca uma melhor sustentabilidade dos investimentos e foi definida pela Lei Federal nº 11.107/2005, que dispõe sobre a contratação de consórcios públicos. O número de consórcios vem aumentando ao longo dos anos e suas formações já eram realizadas antes mesmo deste marco legal, a PNRS dessa forma, fortalece ainda mais institucionalmente a cooperação intermunicipal.

Porém, ainda segundo Britto (2014), os consórcios são muito heterogêneos em sua maioria, com casos de compartilhamento de aterros sanitários, e outros com

finalidades mais amplas como desenvolvimento de ações nos setores de saneamento básico e gerenciamento de resíduos. O setor Sudeste é o que possui o maior número de consórcios institucionalizados e de maneira geral no Brasil ainda existem vários obstáculos relacionados a execução de consórcios, como falta de corpo técnico capacitado, falta de apoio administrativo dos municípios e durante os ciclos de mandatos nos governos municipais (MILANEZ *et al.*, 2012; BRITTO, 2014).

A PNRS ainda possui efeito incipiente a nível municipal, com baixo comprometimento das prefeituras e pouco fomento a programas de reutilização, reciclagem, coleta seletiva, integração de catadores e reaproveitamento energético (MAIELLO; BRITTO; VALLE, 2018).

A gestão de resíduos no Brasil ainda enfrenta outro grande obstáculo, a necessidade de implementação da educação ambiental e que sejam alcançados seus objetivos e metas (LAVNITCKI; BAUM; BECEGATO, 2018). Para Reis, Friede e Lopes (2017), a completa aplicação e enraizamento da PNRS não se dará somente pela criação da lei, mas também através também das ferramentas de educação ambiental e mobilização de agentes públicos, privados, acadêmicos, científicos e sociedade civil. Transformar as políticas públicas fundamentais na implementação estratégica do desenvolvimento sustentável e a relação da sociedade com os recursos do seu entorno deve ser o caminho para a mudança dos hábitos brasileiros em relação aos seus resíduos e engajando a população na solução da problemática em paralelo com as políticas públicas.

### **1.3.2. Lei Federal nº 9.605/1998 – Lei de crimes ambientais**

Lei que dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades que possam causar impactos ambientais e dá outras providências. A existência é um marco brasileiro já que a partir do momento de sua criação a tipificação de crimes ambientais passa a existir, e considerando a vastidão do nosso território e riquezas naturais pode ser discutido até mesmo que sua concepção foi tardia.

Em seu artigo 54 estabelece pena para o lançamento de resíduos sólidos, líquidos ou gasosos em desacordo com exigências nas leis e regulamentos,

também penaliza a inexistência de medidas de precaução em caso de risco de dano ambiental grave ou irreparável. A disposição de resíduos em lixões, fica dessa forma, definida como crime desde 1998, reforçando a necessidade de recuperação ambiental, o mais breve isolamento da área quando constatadas as condições precárias e de dano direto ao meio ambiente. O artigo 56 também penaliza quem abandona substâncias tóxicas, perigosas ou nocivas à saúde pública e ao meio ambiente em desacordo com as normas ambientais e de segurança. Como se pode observar, segundo a lei, a disposição *in natura* ou contaminação de corpos hídricos com lixiviado pode ser enquadrado como crime ambiental, visto que o lixiviado possui componentes altamente tóxicos para a vida marinha principalmente.

O artigo 68, alterado pelo art. 51 da PNRS penaliza a não disponibilidade de informações atualizadas e completas sobre a implementação e operacionalização de plano de resíduos sólidos ao órgão competente, podendo o responsável responder pelo crime citado o qual, em sua forma dolosa, tem pena de detenção de um a três anos, e multa, e, em sua forma culposa, detenção de três meses a um ano, e multa. Não operar com resíduos perigosos sem manter registro atualizado e acessível dos procedimentos referentes à implementação e operacionalização de seu plano de gerenciamento para tais materiais; não informar anualmente aos órgãos competentes acerca da quantidade, natureza e destinação dada aos resíduos sob sua responsabilidade; não aperfeiçoar o gerenciamento e deixar de adotar as medidas destinadas a redução de volume e periculosidade de tais resíduos; não informar imediatamente aos órgãos competentes quando da ocorrência de acidente ou sinistro relacionado a resíduos perigosos. A Lei de Crimes Ambientais dessa forma preconiza as penalidades e obrigatoriedades para o gerenciamento dos resíduos perigosos.

### **1.3.3. Resolução Federal CONAMA nº430 de 2011**

A resolução CONAMA nº 430 de 2011, que complementa e altera a resolução nº 357 (2005), estabelece no Brasil padrões de lançamento de efluentes em corpos hídricos, contemplando também lixiviado provenientes de aterros sanitários e determina as condições de lançamento de efluentes nos corpos hídricos.

Como são abordadas rotas tecnológicas de tratamento combinado ao efluente de esgoto sanitário e essas práticas são utilizadas no país, a resolução também

determina para essas circunstâncias, na sua seção 3, no inciso II, que não é exigível o atendimento aos padrões de lançamento de nitrogênio amoniacal nos corpos hídricos receptores. Como esta é uma alternativa de baixo custo e muitas vezes praticada no Estado do Rio de Janeiro, como exemplo da ETE de Icarai (CAMPOS *et al.*, 2013), que realiza o cotratamento até o presente ano de 2020, é importante que órgão estadual aplique as medidas de monitoramento necessárias.

Uma ressalva ao texto da resolução, segundo Paixão Filho (2017), seria a exigência de observação dos padrões de Nitrogênio Amoniacal, pois quando processos de oxidação avançada são utilizados no tratamento os valores de DBO podem aumentar com a diminuição da fração recalcitrante do efluente então seria importante adicionar análises de DQO para aumentar a acurácia da avaliação de qualidade do efluente. Salienta também que em alguns países como Itália, Eslovênia e no estado de Minas Gerais no Brasil essa adição de análise para DQO do efluente já vem sendo aplicada.

#### **1.3.4. Norma Técnica NT-202.R-10 do INEA**

A Norma Técnica NT-202.R-10, aprovada pela Deliberação CECA nº 1007, de 04 de dezembro de 1986 estabelece critérios e padrões para lançamento de efluentes líquidos no Estado do Rio de Janeiro e se aplica para lançamentos diretos ou indiretos de efluentes líquidos de atividades poluidoras, em águas interiores ou costeiras, superficiais ou subterrâneas do Estado do Rio de Janeiro, através de quaisquer meios de lançamento, inclusive da rede pública de esgotos. Portanto esta norma também se aplicará para a problemática da gestão de lixo, quando a solução de tratamento combinado em estações de esgotos (ETE).

Estabelece em seu subitem 3.1 na seção de critérios para lançamentos de efluentes líquidos:

Os efluentes líquidos, além de obedecerem aos padrões gerais, não deverão conferir ao corpo receptor, características em desacordo com os critérios e padrões de qualidade de água adequados aos diversos usos benéficos previstos para o corpo d'água. No caso de existência ou previsão de

tais características, o INEA estabelecerá limites mais restritivos do que aqueles vigentes na lista de concentrações máximas desta Norma Técnica.

Atualmente sendo o INEA o órgão responsável, caberá a ele impor níveis mais restritivos caso justificadas e identificadas as condições de poluição dos corpos hídricos e alterações nas suas condições naturais.

Em seu subitem 3.2.1 é definido que:

No caso de lançamento em cursos d'água considera-se condições mais desfavoráveis, para os cálculos de diluição ou de outros possíveis efeitos, aquelas de vazão máxima dos efluentes e vazão mínima dos cursos d'água.

Em seu subitem 3.6 é definido que:

O INEA poderá estabelecer exigências quanto à redução de toxicidade dos efluentes líquidos, ainda que os mesmos estejam dentro dos padrões preconizados por esta Norma Técnica.

Portanto apesar da norma técnica ter sido criada no ano de 1986, a mesma ainda da liberdade ao órgão ambiental responsável que avalie e defina critérios mais restritivos às condições de lançamento de efluentes caso considere o caso excepcional.

### **1.3.5. Lei Estadual nº 8298/2019 - altera a Política Estadual de Resíduos Sólidos do Estado do Rio de Janeiro**

O mais novo marco para o Estado do Rio de Janeiro no que concerne a situação dos antigos e novos aterros sanitários é a alteração feita na Política Estadual de Resíduos sólidos em 21 de Janeiro de 2019, onde os aterros só serão licenciados para operação se houver sistema de tratamento de lixiviado *in loco* e se este estiver dimensionado adequadamente levando em consideração o volume máximo de chuvas ocorrido na região, considerando a série histórica a partir de 1980. Dessa forma foram acrescentados os seguintes parágrafos:

Acrescido ao artigo 16 da Lei Estadual nº 4.191, de 30 de setembro de 2003, o parágrafo § 3º, que define:

**§ 3º.** Os novos aterros sanitários só poderão receber resíduos sólidos com a licença de operação definitiva emitida pelo órgão estadual ambiental, estando o sistema de tratamento de chorume em adequadas condições de operação.

Acrescido o artigo 16-A e seus parágrafos da Lei Estadual nº 4.191, de 30 de setembro de 2003, que definem:

**§ 2º** O armazenamento de chorume em lagoas, diques ou outras formas deverá ser dimensionado considerando o volume de chorume produzido e o volume de chuva considerado no dimensionamento da Estação e deverá estar sobre solo impermeabilizado nos limites do empreendimento.

**§ 3º** O órgão estadual competente fará o levantamento da situação dos aterros existentes e, se não tiverem sistemas de tratamento de chorume, estabelecerá ou aprovará as condições para sua execução.

**§ 4º** Deverão ser instalados, no mínimo dois geradores, com sobressalentes em número suficiente para impedir a paralisação e garantir o tratamento ininterrupto do chorume quando ocorrer a interrupção do fornecimento de energia elétrica simultânea a pane no (s) gerado (s).

Pode-se observar que são acrescentadas restrições à Política Estadual, principalmente pelo prévio extravasamento de lixiviado no aterro sanitário de Seropédica ou CTR-RIO segundo justificado pelo autor da norma, Comte Bittencourt (PPS), alegando que a nova versão da lei deverá impor cuidados que o órgão ambiental deverá adotar para se evitar danos ambientais (ALERJ, 2019).

Os novos parágrafos focam na precaução, onde o dimensionamento dos sistemas de gestão e tratamento de lixiviado devem considerar as condições mais extremas de pluviosidade na sua região direcionando as ações para o funcionamento ininterruptos dos sistemas de armazenamento de tratamento.

O então Governador do Estado do Rio de Janeiro, Wilson Witzel, vetou o trecho da atualização que previa um prazo de 2 anos para o ajuste dos aterros às novas condições, alegando que é uma responsabilidade do órgão licenciador e fiscalizador definir tais prazos, de acordo com avaliações ambientais prévias realizadas pelo seu corpo técnico (ALERJ, 2019).

#### **1.4. Programa Estadual Pacto pelo Saneamento**

O Decreto Estadual nº 42.930/2011, criou o programa estadual Pacto pelo Saneamento e foi implementado por meio da ação integrada entre o Governo Estadual e os Municípios, sob a coordenação da Secretaria de Estado do Ambiente – SEA, com a participação da Companhia Estadual de Águas e Esgotos – CEDAE e dos Comitês de Bacias Hidrográficas. O papel do INEA foi estabelecido para desempenhar a função de órgão normativo de licenciamento ambiental e fiscalizador dos sistemas de saneamento básico. O programa oficializou também os seus subprogramas LIXÃO ZERO e RIO + LIMPO que operacionalizaram as diretrizes e objetivos estabelecidos.

O Subprograma RIO + LIMPO teve a meta de levar o esgotamento sanitário a 80% (oitenta por cento) da população do Estado até 2018, e foi por meio da elaboração de estudos, planos e projetos, e da construção de sistemas de coleta e tratamento de esgotos, incluindo eventual reforço nos sistemas de adução de água para viabilização do referido esgotamento sanitário, além da valorização dos resíduos gerados nos processos de tratamento de água e de esgoto.

O Subprograma LIXÃO ZERO teve metas a erradicação do uso dos lixões no território estadual até 2014 e a remediação destes até 2016, o subprograma buscou também fortalecer os arranjos regionais e consórcios entre os municípios para uma solução sustentável, cuja ação introduziu incentivos como a Compra do Lixo Tratado e o ICMS Verde.

### **1.5. O Plano de Resíduos Sólidos do Estado do Rio de Janeiro: Ações e programas no gerenciamento de resíduos sólidos**

O Plano Estadual de Resíduos Sólidos do Estado do Rio de Janeiro (PERS/RJ) deu continuidade às diretrizes da Política Estadual de Resíduos Sólidos do Rio de Janeiro criada em 2003 pela Lei Estadual nº 4.191 de 30 de setembro e ao Programa Pacto pelo Saneamento. O plano é datado de 2013 e em seu escopo prevê uma abrangência para os 92 municípios do estado e uma validade temporal até o ano de 2033, com revisões previstas a cada 4 anos, sendo a mais recente prevista para o ano de 2020 (RIO DE JANEIRO, 2019).

Reconhecendo a necessidade de institucionalização na formação de consórcios intermunicipais para a destinação final e gerenciamento de resíduos sólidos o PERS estabeleceu a base formal em escala regional a formação de parcerias entre os municípios do Estado do Rio de Janeiro e determinando as configurações mais estratégicas entre os municípios. Como meta prioritária foi realizado o estudo de regionalização para subsidiar a escolha dos consórcios (MAIELLO; BRITTO; VALLE, 2018).

Os consórcios previstos formalmente pelo PERS/RJ (2013) e que abrangem os municípios integrantes da RH-V (escopo deste trabalho) são: Consórcio Serrana II (Petrópolis), Consórcio Baixada Fluminense (incluiria os municípios de Nova Iguaçu, Belford Roxo, Duque de Caxias, Mesquita, Nilópolis e São João de Meriti); Arranjo Metropolitana Leste (incluiria os municípios na porção leste da Baía de Guanabara, sendo eles Cachoeiras de Macacu, Maricá, Rio Bonito, Tanguá, Itaboraí, Niterói, Guapimirim e São Gonçalo); Arranjo Baía de Sepetiba (Rio de Janeiro).

Segundo a SEAS (2019), mesmo após 6 anos da elaboração do Plano em 2013 nenhum consórcio está efetivamente em operação, mas pode-se destacar que o Consórcio Serrana II e o Consórcio Baixada Fluminense estão formalizados, enquanto que o Arranjo Baía de Sepetiba e Arranjo Metropolitana Leste estão em fase de definição. No PERS/RJ, o município de Magé já sinalizava adotar solução individual, tendo sido categorizado na lista dos municípios que já vinham operando sistemas de tratamento e destinação final de resíduos, e, devido à sua independência nesse

questo, optaram por não ingressar em nenhum consórcio ou arranjo (PERS, 2013; SEAS 2019).

Em consonância com a Lei Estadual 6.392/2012, que estabelece normas sobre o gerenciamento para disposição final ambientalmente adequada de resíduos no Rio de Janeiro, o PERS/RJ configurou estratégias possíveis consorciadas possíveis destinando os resíduos para quatro tipos de modalidades de aterros sanitários, como:

- a) Público municipal: operado pelo próprio município ou ente integrante da sua administração indireta;
- b) Público concedido: cuja operação tenha sido outorgada em regime de concessão ou permissão;
- c) Regional: constituído no âmbito das regiões metropolitanas, aglomerações urbanas e microrregiões;
- d) Autorizado: empreendimento privado que não possui outorga em regime de permissão ou concessão do poder público, mas sim licenciamento ambiental e alvará de funcionamento para disposição final de resíduos sólidos.

Com o foco na destinação final, o PERS/RJ não se alinha integralmente com os objetivos e diretrizes estabelecidos previamente pela PNRS, pois a gestão integrada de resíduos e as prioridades estabelecidas pela política preconizam estratégias como redução da geração, reciclagem e ações inseridas no ciclo de produção dos resíduos, incluindo aspectos de planejamento, assim como fiscalização e regulação (MAIELLO; BRITTO; VALLE, 2018).

A respeito do encerramento total dos lixões no Estado do Rio de Janeiro, o PERS apresenta a necessidade de se avançar na regulação dos serviços prestados pelo município na destinação adequada de resíduos sólidos, realizada pela AGENERSA. Pode ser identificada também a necessidade de se alcançar transparência e controle das informações municipais e do setor privado, na geração e destinação final de RSU, através de um sistema integrado (RIO DE JANEIRO, 2013).

O PERS/RJ estimou que no Estado do Rio de Janeiro seriam geradas 17.000 toneladas por dia de resíduos, e dentro desse montante 83% desses resíduos são gerados pela região metropolitana, onde 53% dos resíduos gerados pelo Estado são resíduos úmidos e o mesmo valor é encontrado para a parcela de matéria

orgânica gerada. Ressaltando que, uma maior atenção deve ser dada de fato para a gestão de lixo na região, sendo a matéria orgânica a fração de alta influência na formação de lixo nos aterros sanitários e vazadouros (RIO DE JANEIRO, 2013).

No ano de 2014 o relatório da SEAS informou que 56,52 % dos municípios do Estado do Rio de Janeiro dispunham seus resíduos em seu próprio território, 38,04 % destinavam seus resíduos para territórios vizinhos e 5,44% para seu próprio território e parte para vizinhos. No Estado catorze municípios ainda recebiam resíduos de regiões vizinhas. Também baseado em relatório da Secretaria a região do Estado do Rio de Janeiro que possuía maior percentual de destinação para aterros sanitários como destinação prioritária era a Região Serrana, seguida das regiões Norte Fluminense, baixadas Litorâneas e Região Metropolitana. Para a região Noroeste todos os municípios depositavam seus resíduos em vazadouros enquanto os municípios da Região Metropolitana especificamente apresentavam um quadro onde 20% destinavam seus resíduos ainda para vazadouros, 10% para Aterros Controlados e 70% para Aterros Sanitários (RIO DE JANEIRO, 2014).

Em relação à organização municipal e regional frente ao que foi proposto pela PNRS, atualmente nem todos os municípios do Rio de Janeiro possuem seus planos municipais de Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos (PMGIRS), como foi previsto também segundo a PNRS em seu artigo 8º, quando definidos os instrumentos necessários para que se fossem alcançados os objetivos estabelecidos. Portanto, os PMGIRS são instrumentos de planejamento público na gestão de resíduos, e não somente contemplando os resíduos sólidos urbanos, como também os do setor de saúde , construção civil, comerciais, industriais dentre outros, e são conseqüentemente ferramentas importantes para que seja estruturada a rede de gerenciamento de resíduos sólidos de forma planejada no estado (BRASIL, 2020).

É importante ressaltar também que, segundo a Lei Federal nº 11.445/2007, que estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico, os Planos Municipais de Saneamento Básico podem contemplar o conteúdo proposto pela PNRS, em seu eixo referente aos resíduos sólidos. Sendo assim, os PMSB podem alinhar as ações e planejamento para água, esgoto, drenagem e resíduos sólidos de forma ainda mais focada e estruturada em apenas um documento (BRASIL, 2020).

De acordo com o PERS/RJ (2013) o aumento da densidade populacional se torna um problema para a coleta e tratamento de resíduos sólidos, e unida a falta de

planejamento origina problema como o retorno da destinação incorreta de resíduos sólidos urbanos em vazadouros, como exemplo, o surgimento de lixões clandestinos próximos aos aterros de Belford Roxo e Jardim Gramacho, como foi identificado neste trabalho. Ainda segundo dados da SEAS (2019) a região metropolitana e a RH V apresentam cerca de 11 vazadouros desativados, porém sem informações sobre remediação e apenas uma solução consorciada de destinação de resíduos em operação em todo o Estado. Com a mais recente revisão do PERS/RJ prevista para este ano de 2020, o cenário ainda se encontra longe de atender as metas propostas pela PNRS.

### **1.6. Cenário da disposição final de resíduos sólidos urbanos no Estado do Rio de Janeiro**

De acordo com os dados do mais recente Panorama ABRELPE (2019), 59,5% dos resíduos foram dispostos de forma adequada, enquanto 40,5% foram descartados em locais inadequados, abrangendo um total de 3.001 municípios. Totalizando dessa forma 29,5 milhões de toneladas de resíduos que foram recebidos em aterros controlados ou em lixões que não possuem as devidas medidas de proteção ambientais. A região Sudeste, por sua vez, conta com 820 aterros sanitários, 641 aterros controlados e 207 lixões, totalizando 10,1 % da sua destinação final para lixões, 17,2% para aterros controlados e 72,2% para aterros sanitários.

O aterro sanitário é um método de disposição que utiliza princípios de engenharia para promover segurança de operação e evitar o impacto ambiental no local escolhido para o projeto, tendo como fator limitante a disponibilidade de áreas próximas aos centros urbanos (LIMA, 1995, VAN ELK, 2007). Além disso, os aterros sanitários são a forma de destinação final de resíduos mais utilizada no Brasil e no mundo (ALCANTARA, 2007; SCHIRMER *et al.*, 2013; YANG *et al.*, 2014; JUCA, 2014).

Segundo Cunha, Ritter e Ferreira (2020), o cenário de destinação de resíduos sólidos no Estado do Rio de Janeiro apresentou melhorias desde a criação do PERS/RJ (2013). Além disso, os autores apontam que em 2010 apenas 11% dos resíduos gerados no estado eram destinados a aterros sanitários, diferentemente de 2015, onde esse percentual foi elevado a 95%. Entretanto, apesar da evolução na

taxa de destinação adequada, os aterros ainda permanecem em disposição pulverizada, o que pode dificultar a fiscalização da qualidade operacional destes aterros pelo órgão ambiental responsável.

Foi possível identificar baixo aporte de recursos para a boa operação dos aterros no Estado do Rio de Janeiro, que tem, como consequência, sistemas de drenagem insuficientes, problemas no recobrimento diário das células, baixa oferta de equipamentos operacionais e muitas vezes deficiência ou inexistência de tratamento de lixiviado. A universalização e acesso dos municípios à destinação final para aterros sanitários deve ser a prioridade para as políticas públicas, permitindo a erradicação dos lixões. Essa estratégia apresenta complexidade principalmente considerando o equilíbrio financeiro da transição. Porém, é uma ação essencial para qualquer sistema municipal de gestão de resíduos sólidos (CUNHA; RITTER; FERREIRA, 2020).

A região Metropolitana do Rio de Janeiro integra os maiores geradores de resíduos do estado e os aterros sanitários que recebem a maior quantidade de resíduos (VAN ELK

, SANTOS, FERREIRA, 2019). Os aterros de Seropédica, Itaboraí, São Gonçalo e Nova Iguaçu são os maiores receptores de resíduos dentro da RMRJ. O CTR Itaboraí recebe resíduos dos municípios de Cachoeiras de Macacu, Guapimirim, Tanguá, Rio Bonito e Maricá. O CTR São Gonçalo (Alcântara), por sua vez, recebe resíduos do município Niterói e locais, o CTR Seropédica recebe resíduos do Rio de Janeiro, Itaguaí e São João de Meriti, enquanto que o CTR Nova Iguaçu recebe resíduos de Duque de Caxias, Belford Roxo, Nilópolis, Mesquita e locais (CEPERJ; SEAS; INEA, 2020).

O aterro sanitário se comporta como um reator permitindo que as frações biodegradáveis se decomponham por meio das reações biogeoquímicas, também com presença da fauna microbiana, além de outras alterações físicas que geram produtos como lixiviados e o biogás (SPOKAS *et al.*, 2006).

O gás metano proveniente de aterros sanitários também é identificado como uma das fontes de efeito estufa nos centros metropolitanos, portanto ressalta-se a importância também do seu monitoramento (BORBA; MARTINS; RITTER, 2018).

## 1.7. Lixiviado – Conceito, caracterização e contaminação

Segundo Kjledsen *et al.*, (2002), o lixiviado gerado nos aterros é caracterizado por elevada toxicidade e sua composição pode variar de acordo com a idade dos resíduos, com o clima com o modo de operação. Além disso, pode-se dizer que a ecotoxicidade do lixiviado é relacionada aos poluentes encontrados na matéria orgânica e as quantidades de Nitrogênio Amoniacal (PABLOS *et al.*, 2011; CAMPOS *et al.*, 2019).

Segundo Moravia (2010), o lixiviado é caracterizado pela alta concentração de matéria orgânica refratária, amônia e compostos tóxicos orgânicos e inorgânicos. Portanto, quando descartado de maneira inadequada, pode causar diversos problemas ambientais como: toxicidade para a biota no solo e comunidades aquáticas, diminuição do oxigênio dissolvido e a eutrofização de corpos hídricos.

Os fatores influenciadores na geração de lixiviado em aterros sanitários podem ser vistos segundo a Tabela 1.

Tabela 1 - Fatores influenciadores na geração do lixiviado.

Fatores climáticos	Hidrogeológicos	Camada de Cobertura	Método de Impermeabilização	Micro-organismos
Precipitação	Escoamento Superficial	Umidade		
		Vegetação		
Evapotranspiração	Infiltração	Declividade		
	Topografia	Resíduos	Definido pelo projeto de Aterro Sanitário	Reações de degradação biológica
Temperatura	Geologia	Composição Gravimétrica Compactação		
	Recirculação do lixiviado	Permeabilidade		
		Granulometria		
		Peso específico		

Fonte: Adaptado de Gomes *et al.*, (2009), adaptado pelo autor.

O líquido deve ser monitorado e propriamente coletado nos aterros através dos sistemas de drenagem. Para um entendimento mais profundo pode-se dizer que a geração de lixiviado é ocasionada quando a capacidade de campo do resíduo é excedida, ou seja, a umidade que pode ser retida nos seus poros já se apresenta muito elevada e isso resulta na percolação (EL-FADEL *et al.*, 2002).

A contaminação das águas por meio do lixiviado, seja pelo despejo clandestino e inadequado em lixões ou por falhas nos aterros sanitários, representa alto impacto ambiental nos sistemas aquáticos principalmente por causa das elevadas concentrações de Nitrogênio nas formas orgânica e amônia.

Além da disponibilidade excessiva do nutriente, provocando fenômenos como eutrofização, o lixiviado causa danos como: toxicidade aos peixes, caso haja presença do nitrogênio amoniacal na forma de íon livre; consumo de oxigênio dissolvido através de processos de transformação do íon amônio em nitritos e nitratos e doenças veiculadas pelo corpo hídrico, causadas pela presença de nitrato nas águas de abastecimento (DINIZ, 2010; XIE *et al.*, 2014). É tóxico à vegetação, tendo isto sido observado no Aterro Metropolitano de Gramacho, pois quando havia vazamentos a vegetação sempre secava em dois a três dias e apresentava o aspecto de ter sido “queimada” (GIORDANO, BARBOSA e CARVALHO, 2011).

O percolado possui altas concentrações de contaminantes orgânicos, amônia, metais pesados (não em todos os casos), sais inorgânicos (AHMED; LAN, 2012) e nitrogênio amoniacal (N-NH<sub>3</sub>), o que pode causar depleção de oxigênio e eutrofização quando ocorrido o seu lançamento em corpos hídricos. Esse também é um componente que dificulta a atuação de bactérias decompositoras nos processos de tratamento biológicos (GOMES *et al.*, 2009; SALEM *et al.* 2008).

Por apresentar essa grande variabilidade em sua composição, não há uma simples e universal solução para o seu tratamento. Este deve ainda levar em conta a variação na composição do lixiviado com a idade do aterro. Sobre isso, a literatura relata que essa variação interfere fortemente na eficiência dos processos de tratamento dos lixiviados (ZIYANG e YOUCAI, 2007).

Além disso, a destinação correta e a separação dos resíduos para o tipo de aterro definido em projeto também são aspectos importantes a serem levados em consideração. Quando os aterros de resíduos urbanos recebem material industrial

perigoso por erros na disposição, o líquido percolado também pode adquirir características tóxicas provenientes de metais pesados (GOMES *et al.*, 2009).

As estratégias de tratamento podem variar de acordo com as condições específicas do local em que se encontra o aterro sanitário. Levando isso em consideração, diversas soluções já foram encontradas ao longo dos anos como os processos biológicos e processos de pré-tratamento, a exemplo do tratamento físico-químico (WISZNIOWSKI *et al.*, 2006).

A caracterização dos aterros brasileiros indica altas taxas de recalcitrância no lixiviado, que podem ser identificadas através da demanda química de oxigênio e das baixas concentrações de material orgânico biodegradável. Os aterros têm a sua maior fração composta por materiais orgânicos e compostos recalcitrantes como ácidos fúlvicos e húmicos. De maneira geral, os aterros brasileiros se apresentam na fase metanogênica com pH alcalino e baixa concentração de metais tóxicos, pois esses possuem baixa solubilidade em meio alcalino (COSTA; ALFAIA; CAMPOS, 2019). Segundo as autoras, o tratamento biológico é utilizado em larga escala no Brasil, com complementos de tratamento físico-químico e polimento final do efluente como a nanofiltração e ultrafiltração.

Entretanto segundo Giordano (2020), em seus estudos de casos para tratamento de lixiviado, as altas concentrações do íon amônio no lixiviado seriam o bastante para complexação de metais como Co, Cu, Ni e Ag, permitindo assim que fossem encontrados também em altas concentrações no efluente. Existe também grande probabilidade que o íon sulfeto precipite os metais nos processos de tratamento para o cenário brasileiro, mantendo esses componentes no fundo das células do sistema (TECMA, 2020).

É importante ressaltar que o pH do percolado está diretamente ligado à idade do aterro sanitário, isto é, aterros sanitários mais novos apresentam um pH mais ácido, enquanto os mais velhos, um pH menos ácido, este fato influencia as medidas e estratégias de tratamento a serem empregadas (GIORDANO; BARBOSA; CARVALHO, 2011).

Segundo Kjeldsen *et al.*, (2002), a característica final do lixiviado está relacionada com a fase de biodegradação dos resíduos no aterro, podendo assim ser um lixiviado novo ou estabilizado.

Em relação à cor do lixiviado nos aterros, esta pode ser conferida devido a presença de substâncias húmicas, refletindo a recalcitrância do efluente (CAMPOS, 2014). A legislação ambiental ainda não prevê exigências para existência dessas substâncias nos percolados, porém o entendimento da sua presença auxilia nas avaliações de cor, que são etapas importantes para o monitoramento dos efluentes das estações de tratamento de esgoto que realizam cotratamento de lixiviado (ÇEÇEN; AKTAS, 2004). De qualquer forma a cor é devida aos compostos húmicos, que é medida indiretamente pela DQO, que é um parâmetro controlado em alguns estados brasileiros (RJ e MG) especificamente para lixiviado.

O processo de infiltração do lixiviado no solo abaixo da célula de resíduos resulta na sua dispersão e dissolução de sais conforme avança na infiltração, com consequente aumento da resistividade (CHRISTENSEN, 2011). A evolução deste processo pode resultar no aporte de lixiviado no aquífero ou em águas subsuperficiais, este evento é consequência de falhas nas geomembranas de impermeabilização. Uma vez seguindo o fluxo das águas subsuperficiais o lixiviado pode contribuir também para a contaminação de cursos d'água superficiais (HELENE; MOREIRA, 2018).

Segundo Helene e Moreira (2018), uma vez que o lixiviado é diluído nas águas subterrâneas, ambos passam a ter o mesmo fluxo. Portanto, a contaminação por substâncias tóxicas tem custo oneroso para remediação e recuperação dessas águas. Ao chegar na zona saturada os contaminantes formam uma pluma, se deslocando através de correntes advectivas.

Na identificação de contaminação por lixiviado, Gallas *et al.*, (2005) encontraram uma correlação entre concentrações de percolado e a resistividade mapeada em um aterro localizado em Londrina, PR. Levando isso em consideração, foi possível relacionar as zonas de resistividade mais baixas à presença de percolado, uma vez que o efluente é rico em íons cloreto, bicarbonato, sulfato, sódio, potássio, cálcio e magnésio e a condução de corrente elétrica encontrada naturalmente é feita na forma iônica. Os autores ainda ressaltam que esta é uma ferramenta geofísica de prospecção indireta, podendo otimizar e auxiliar no mapeamento de áreas contaminadas por lixiviado em regiões que merecem o monitoramento hidrogeológico de aquíferos e águas subsuperficiais.

Rocha e Azevedo (2015) identificaram efeitos da contaminação das águas superficiais da Bacia Hidrográfica do Córrego São Mateus, através da presença de metais pesados, em virtude do não tratamento do lixiviado presente no aterro desativado de Salvaterra, que recebia resíduos de forma irregular e não planejada. O impacto prejudicou integralmente a população local que faz uso das águas da bacia para consumo e dessedentação de animais. Os autores avaliaram que medidas preventivas para os casos de extravasamento de lixiviado são mais eficientes do que aquelas necessárias para a recuperação ambiental das áreas degradadas.

No aterro controlado de Jardim Gramacho, Fayer, Arteaga e Vasconcelos (2016) identificaram a contaminação das águas da Baía de Guanabara e solo por meio do extravasamento de lixiviado no local, consequência da existência de vazadouros clandestinos e problemas no sistema de drenagem no aterro controlado. Tal contaminação prejudica profundamente o potencial paisagístico ambiental, visto que a Baía está conectada com o ecossistema do manguezal de Gramacho. Os autores destacam que processos de remediação alternativos com plantas filtrantes e *wetland* podem auxiliar a situação local.

Ainda acerca do aterro de Jardim Gramacho, Giordano, Barbosa Filho e Carvalho (2011) encontraram concentrações elevadas de sais dissolvidos, amônia e matéria orgânica, indicativos de um lixiviado “velho”, sendo esses resultados semelhantes às pesquisas realizadas em aterros estrangeiros. A amônia é um componente do líquido percolado que apresenta alta toxicidade aos peixes.

Outras estratégias complementares para caracterização do lixiviado podem ser utilizadas para se alcançar uma análise mais robusta e aprimorar o planejamento e a tomada de decisão nas estações de tratamento. Em seu estudo, Baettker *et al* (2020) utilizou a demanda química de oxigênio e técnicas espectroscópicas de fluorescência através de absorvância em lixiviado para encontrar detalhes específicos dos processos de decomposição e do tipo de matéria orgânica do percolado de um aterro sanitário de Curitiba.

### 1.7.1. Alternativas de tratamento de lixiviado no cenário brasileiro

Existem diversos métodos que podem estimar a produção de lixiviado com base nas características do aterro e considerando o volume de precipitação que ocorre na região. Segundo Bagchi (2004 apud TOZETTO, 2008), é uma escolha a favor da praticidade a não consideração da parcela de lixiviado que é resultante da biodegradação de resíduos.

As alternativas de tratamento são muito investigadas por pesquisadores, combinando estratégias com processos físico-químicos, biológicos, e também em estações de efluentes sanitários. Porém, frequentemente os limites de lançamento nos corpos receptores não são atingidos (SILVA; DEZOTTI; SANT'ANNA, 2004; RODRIGUES et al., 2009).

Diversos pesquisadores brasileiros têm como grande foco a sofisticação dos sistemas de tratamento, em termos de custo e eficiência, para melhorar a remoção do Nitrogênio amoniacal do lixiviado produzido no país. Nesse sentido são desenvolvidas estratégias biológicas em conjunto com os processos físico-químicos. Esse padrão de sistema de tratamento vem sendo o mais utilizado para o lixiviado brasileiro sempre com algumas pesquisas voltadas para alterações pontuais de técnicas devido às variações na caracterização de cada lixiviado estudado (GOMES *et al.*, 2009).

Para os autores Wiszniowski *et al.* (2006) e Renou *et al.*, (2008) os processos mais utilizados no tratamento de lixiviado são: tratamento biológico aeróbio ou anaeróbio (lodos ativados, lagoas, filtros), tratamentos realizados em processos físico-químicos (diluição, filtração, coagulação, floculação, precipitação química, sedimentação, adsorção, troca iônica, oxidação química tratamento eletroquímico, ajuste de pH) e outros processos de filtração por membranas como microfiltração, ultrafiltração, nanofiltração e a osmose reversa, muitas vezes utilizados para um tratamento mais refinado para melhoria da qualidade do efluente. Também podem ser considerados os processos oxidativos avançados como processo Fenton e ozonização (GIORDANO, BARBOSA E CARVALHO, 2011).

Os processos com membranas, segundo Lima (2017), quando utilizados de forma complementar com outros pré-tratamentos, podem alcançar eficiência muito alta de remoção de poluentes, principalmente quando se tratando de poluentes

orgânicos similares aos ácidos húmicos e fúlvicos. Esse tipo de estratégia, entretanto, configura um cenário que necessita de operadores qualificados e com custo elevado.

Em um experimento no qual o lixiviado é tratado com lodo de fossa utilizando dispositivos de depuração como geotecido, Souza *et al.*, (2019) verificaram efetividade na redução do potencial poluidor do percolado. Foi possível identificar a redução dos valores de oxigênio químico dissolvido (COD), nitrogênio amoniacal e sólidos em suspensão. O geotecido em especial apresentou ótimos resultados na retenção de sólidos em suspensão, porém a toxicidade somente sofreu redução ao fim das etapas complementares do tratamento. Os autores ainda ressaltam que a presença de componentes recalcitrantes e de nitrogênio amoniacal no lixiviado retarda a degradação biológica.

Segundo Amor (2015), o processo de tratamento físico-químico de coagulação aliado ao processo foto-Fenton alcançou eficiência de 75% na redução de demanda química de oxigênio no lixiviado produzido em aterro sanitário no norte de Portugal, que está funcionando desde 2000. O reagente escolhido para os processos de coagulação e floculação foi o cloreto férrico em um pH de 5 e em uma dose de 2,0 g L<sup>-1</sup>. Entretanto, as condições de qualidade do efluente alcançadas não permitiam o lançamento em corpos hídricos, mas sim no sistema de esgotamento sanitário.

No tratamento de lixiviado de um aterro jovem, Tatsi *et al.*, (2003) estudaram a aplicação dos tratamentos com coagulação e floculação em um cenário de pH baixo e alta concentração de poluentes. Nesse caso foi verificado que a dosagem ótima de reagentes férricos ou a base de alumínio se estabeleceu em 3,0 g, considerando que o importante é a concentração do reagente. Uma eficiência maior de remoção foi obtida no lixiviado parcialmente estabilizado e com mais idade. A remoção de cor como tratamento intermediário do lixiviado jovem apresentou eficiência total. Ainda segundo os autores, a mistura de coagulantes não resultou em melhorias na remoção de poluentes.

Embora os processos biológicos sejam o mais utilizado e mais viável economicamente no Brasil, nem sempre são os mais recomendados como única estratégia de tratamento, como, por exemplo, no caso do percolado velho com baixa biodegradabilidade e que necessita de tratamento combinando as etapas físico-química e biológica quando existem altas concentrações de nitrogênio amoniacal (MORAIS *et al.*, 2006).

É importante considerar que no ano de 2020, foi concedida à empresa (TECMA) Tecnologia em Meio Ambiente, a patente BR 10 2013 018093 9 Processo de Tratamento de Chorumes de Aterros Sanitários e ou industriais (Instituto Nacional de Propriedade Industrial). O processo patenteado combina etapas físico-químicas (precipitação química com cal, *stripping* de amônia e lavagens de gases), biológicas (nitrificação, desnitrificação e biodegradação da matéria orgânica) e físicas (Nanofiltração), sendo o único no mundo que não retorna líquidos para o próprio aterro (concentrado) ou exporta para outras estações de tratamento.

Outras práticas, como a utilização de *wetlands*, também são viáveis no cenário brasileiro em locais com disponibilidade de grandes áreas e que desejam aplicar técnicas de baixo custo. O clima tropical brasileiro também auxilia, nesse caso, nos processos de evapotranspiração que ocorrem nas lagoas (MANNARINO *et al.*, 2006).

Segundo Campos *et al.*, (2013), outra alternativa encontrada para tratamento de baixo custo do lixiviado é o cotratamento em estações de efluentes sanitários (ETEs), que recebem o lixiviado junto dos efluentes domésticos. Nesse cenário alguns aspectos podem ser danosos ao meio ambiente, a resolução CONAMA nº 430 de 2011 não pede que os padrões de lançamento de nitrogênio amoniacal sejam atendidos para os efluentes de ETEs. Porém, segundo os autores, em estudos realizados na ETE Icaraí que trata lixiviado provindo do aterro controlado Morro do Céu indicam que, até uma proporção de 5,0% de volume de percolado em relação ao efluente doméstico tratado, é possível realizar o tratamento sem consequências à qualidade ambiental do corpo hídrico de lançamento. Deve-se ressaltar que esta ETE consiste em um tratamento primário, utilizando coagulação e floculação, que descarta os efluentes em um emissário submarino dentro da Baía de Guanabara.

Dentro da alternativa de cotratamento, muitas variantes podem ser estudadas para se atingir a sustentabilidade do sistema de tratamento de efluentes sanitários. No estudo de BOU *et al.*, (2018) foi utilizado o processo *Powered Activated Carbon Treatment* - PACT (lodos ativados com adição de carvão ativado em pó) para o cotratamento de lixiviado e esgoto doméstico, com o objetivo de avaliar a efetividade da remoção de cor. Os autores verificaram resultados satisfatórios na remoção desejada de cor com maior adição de carvão ativado em pó, porém somente até uma proporção de 5% de lixiviado em relação ao volume total dos efluentes tratados.

A capacidade de tratamento adequado de lixiviado e a manutenção dos seus custos é prejudicada principalmente pela tendência de aumento de geração de resíduos, que dificulta a administração do aterro sanitário e também o atendimento das condições de qualidade ambiental, como aquelas estabelecidas pela PNRS, normas e leis ambientais (MANNARINO *et al.*, 2013). As regiões metropolitanas e municípios de grande porte enfrentam desafios no atendimento da legislação ambiental referente aos efluentes líquidos nos aterros. Portanto, o cotratamento muitas vezes é visto como alternativa de baixo custo mesmo diante da alta variedade das características do lixiviado, que possui custos elevados para o seu tratamento (GOMES *et al.*, 2009).

## **2. METODOLOGIA**

O presente trabalho utilizou como metodologia o levantamento de informações de três principais fontes de dados, as licenças ambientais de aterros e vazadouros, as informações coletadas pelas visitas técnicas do GT Chorume e os dados obtidos nas planilhas do ICMS Ecológico. Com isso foi possível a análise do cenário atual e identificação dos pontos potenciais de destinação inadequada de resíduos sólidos que podem gerar lixiviado e prejudicar a qualidade das águas da RH V.

Dados complementares obtidos com a SEAS também foram considerados por apresentarem tanto o cenário da destinação de resíduos quanto da situação de operação de vazadouros e aterros do ano de 2019.

Além disso, foi feita uma caracterização da área de estudo deste trabalho, apresentando seus aspectos geográficos, de geração e disposição final de resíduos sólidos. Também são abordados os aspectos de criação do Comitê de Bacia da Baía de Guanabara, bem como seu papel na bacia e sua divisão político-administrativa.

Além do mapeamento dos aterros sanitários e vazadouros integrantes da RH V, o aterro de Seropédica foi incluído por receber resíduos do Rio de Janeiro, além de ser um dos maiores geradores dentro da região de estudo e também por realizar cotratamento de lixiviado em estação de tratamento de efluentes sanitários na RH V.

### **2.1. A Região Hidrográfica V**

O Estado do Rio de Janeiro é dividido em 9 regiões Hidrográficas segundo Resolução CERHI-RJ nº 107, de 22 de maio de 2013.

A região hidrográfica V, que drena para a Baía de Guanabara (RH V), possui aproximadamente 4.800km<sup>2</sup> de extensão territorial e uma população estimada de mais de 10 milhões de habitantes, além de abrigar o maior parque industrial do Rio de Janeiro. Esses fatores resultam em um alto potencial poluidor e comprometimento dos

corpos hídricos na região. Na Tabela 2 são apresentados os municípios integrantes da RH V e suas bacias contribuintes.

Tabela 2 - Divisão territorial de regiões hidrográficas do estado do Rio de Janeiro.

Região Hidrográfica	Municípios	Principais Bacias Contribuintes
RH-V Baía de Guanabara	<b>Total:</b> Niterói, São Gonçalo, Itaboraí, Tanguá, Guapimirim, Magé, Duque de Caxias, Belford Roxo, Mesquita, São João de Meriti, Nilópolis; <b>Parcialmente:</b> Maricá, Rio Bonito, Cachoeira de Macacu, Petrópolis, Nova Iguaçu, Rio de Janeiro.	<b>Bacias contribuintes</b> às Lagunas de Itaípu e Piratininga, Bacia do Guaxindiba-Alcântara, Bacia do Caceribu, Bacia do Guapimirim/Macacu, Bacia do Roncador ou Santo Aleixo, Bacia do Iriri, Bacia do Suruí, Bacia do Estrela, Inhomirim, Saracuruna, Bacias Contribuintes à Praia de Mauá, Bacia do Iguaçu, Bacia do Pavuna-Meriti, Bacias da Ilha do Governador, Bacia do Irajá, Bacia do Faria-Timbó, Bacias Drenantes da Vertente Norte da Serra da Carioca, Bacias Drenantes da Vertente Sul da Serra da Carioca, Bacias Contribuintes à Praia de São Conrado, Bacias Contribuintes ao Complexo Lagunar de Jacarepaguá.

Fonte: Adaptado de Resolução CERHI-RJ nº 107 de 22 de maio de 2013.

Dentro da RH V reside a maior densidade populacional do estado e, por consequência, a maior parcela da população que vive em aglomerados subnormais. Todos os aspectos mais alarmantes com relação a qualidade de águas e corpos hídricos estão localizados na região e são amplificados pelo desenvolvimento da RMRJ (CERHI, INEA & COPPETEC, 2014).

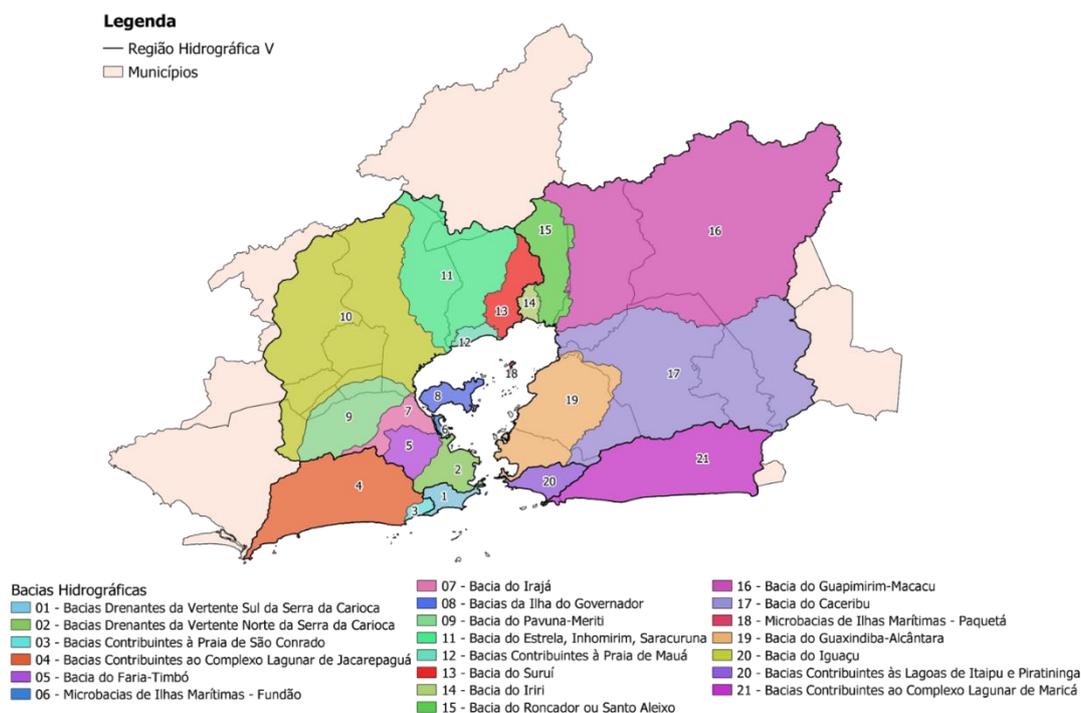
Os índices de qualidade de água (IQA) apresentam resultados que se limitam a um estado ruim ou muito ruim, como informam as estações de monitoramento do INEA (2019).

A APA de Guapimirim sofre com a poluição intensa dos rios que alimentam o manguezal por estarem situados na mesma área de drenagem do Complexo Petroquímico do COMPERJ. A região também apresenta grande vulnerabilidade relacionada a eventos críticos de deslizamentos e inundações, que não são amenizados pela vegetação, e que em sua maioria está localizada nas regiões de declive mais acentuado (CERHI, INEA & COPPETEC, 2014).

A bacia Hidrográfica V da Baía de Guanabara pode ser dividida em bacias menores drenantes, segundo determinado pela resolução CERHI-RJ nº 107 de 22 de

maio de 2013, que também definiu a divisão das regiões Hidrográficas. Como apresentado na Figura 2.

Figura 2 - Bacias drenantes que integram a RH V.



Fonte: Fonte de dados INEA e IBGE, elaborado pelo autor.

Além da densidade populacional, os grandes geradores de resíduos como o Município do Rio de Janeiro, Duque de Caxias, Belford Roxo e São Gonçalo são integrantes da RH V.

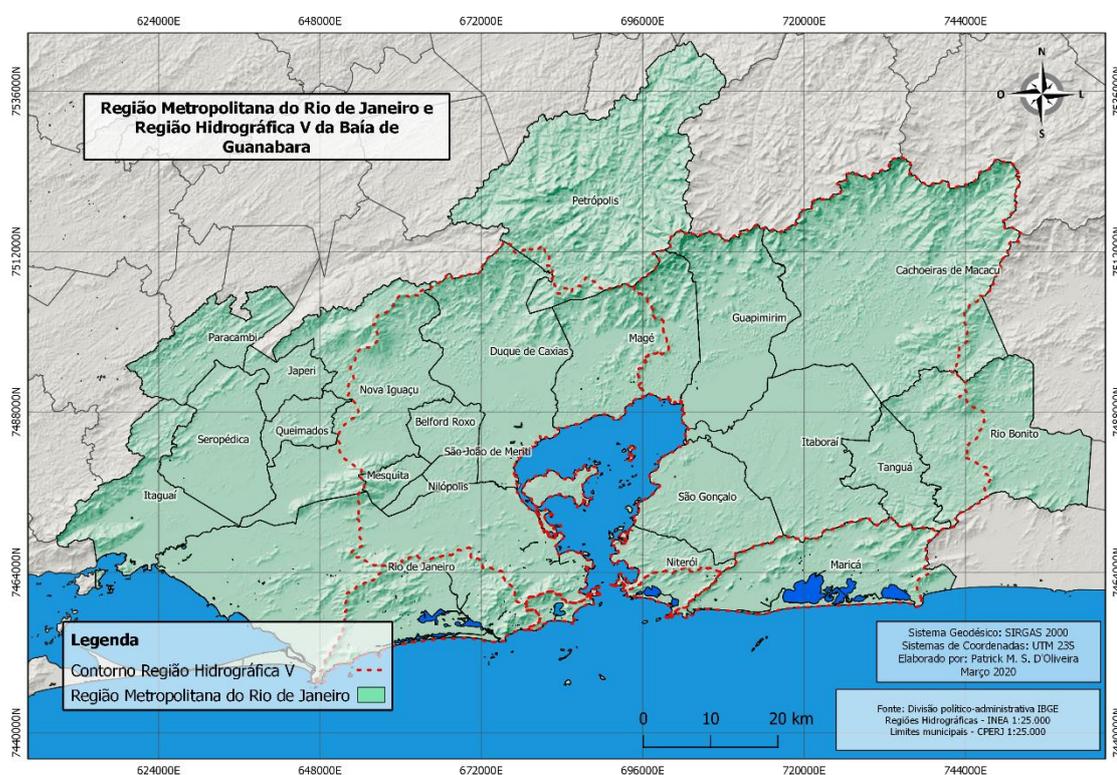
A Baía de Guanabara está inserida na RH-V, seu espelho d'água compreende 380 km<sup>2</sup>, e sua bacia hidrográfica cobre 17 municípios; incluindo totalmente: Niterói, São Gonçalo, Itaboraí, Tanguá, Guapimirim, Magé, Duque de Caxias, Belford Roxo, Mesquita, São João de Meriti e Nilópolis; e parcialmente: Maricá, Rio Bonito, Cachoeiras de Macacu, Petrópolis, Nova Iguaçu e Rio de Janeiro.

Este trabalho busca identificar os pontos potencialmente poluidores por meio de lixiviado dentro da RH V, portanto, é importante identificar também os municípios integrantes da RH V dentro do contexto espacial da RMRJ. Considerando que o PERS/RJ (2013) determinou a formação de consórcios de destinação de resíduos sólidos para todo estado, se torna necessário o entendimento e o mapeamento

daqueles municípios que estão fora da RH V, mas integram também a RMRJ, bem como o planejamento político, urbano e de desenvolvimento metropolitano. Os consórcios para destinação de resíduos previstos que fazem parte dos municípios dentro da RH V são: Serrana II, Baixada Fluminense, Metropolitana Leste e Baía de Sepetiba (que integra Rio de Janeiro e outros municípios fora da RMRJ).

A relação geográfica dos municípios integrantes da RMRJ e aqueles inseridos na RH V pode ser visualizada na Figura 3.

Figura 3 - Região Metropolitana do Rio de Janeiro e RH V.



Fonte: Dados INEA E IBGE, elaborado pelo autor.

A Lei Complementar Estadual nº 187 no Rio de Janeiro, define 22 municípios integrantes da RMRJ: Rio de Janeiro, Belford Roxo, Cachoeiras de Macacu, Duque de Caxias, Guapimirim, Itaboraí, Itaguaí, Japeri, Magé, Maricá, Mesquita, Nilópolis, Niterói, Nova Iguaçu, Paracambi, Petrópolis, Queimados, Rio Bonito, São Gonçalo, São João de Meriti, Seropédica e Tanguá.

## 2.2. Coleta de Dados

O presente trabalho realizou uma pesquisa quantitativa e qualitativa por meio de três principais bases de dados, sendo elas: a documentação legal ambiental da situação atual das centrais de tratamento de resíduos, aterros controlados e vazadouros na região metropolitana do Rio de Janeiro e àqueles também inseridos na RH V; dados obtido das visitas técnicas do GT Chorume às centrais de tratamento de resíduos, aterros controlados e vazadouros; e dados obtidos do ICMS Ecológico em planilha Excel.

### 2.2.1 Licenças Ambientais e TACs

As licenças ambientais e TACs foram analisadas através de pesquisas no site do INEA, especificamente na seção de consulta a processos de licenciamento ambiental. O objetivo da busca foi obter as licenças atuais e identificar as áreas de disposição final e os dados referentes às vistorias ambientais, bem como os corpos hídricos receptores de lixiviado.

Das licenças e documentos associados foi possível obter dados das situações de não cumprimento de legislação referente a lançamento de lixiviado em corpos hídricos, bem como o não atendimento às condições de tratamento. As licenças pesquisadas e os aterros e vazadouros identificados através das mesmas estão apresentadas a seguir:

- a) **Aterro sanitário de Belford Roxo:** Licença Ambiental (LO) Nº IN017678. Atualmente o aterro está paralisado.
- b) **Aterro controlado de Bongaba (Magé):** Licença de Operação e Recuperação – LOR IN003229 concedida em 10 de abril de 2019 com validade até 10 de abril de 2021.
- c) **Aterro controlado de Gericinó (Bangu - RJ):** Licença Prévia de Instalação para implantação de aterro para recebimento de resíduos de demolição e construção civil (RCC) não perigosos – classes A, B e C; e de estação de

tratamento de lixiviado – **LPI Nº IN003538** concedida em 04 de junho de 2019 com validade até 04 de junho de 2024.

- d) Aterro controlado de Jardim Gramacho (Duque de Caxias):** Segundo ata de nº 527 da Reunião Ordinária de Licenciamento Ambiental do Condir do dia 20/05/2020 o requerimento de Autorização Ambiental de Funcionamento (AFF – Processo EXT-PD/002.3277/18) para execução de melhorias na Estação de Tratamento de Chorume e ações para recuperação do antigo Aterro de Gramacho, no município de Duque de Caxias foi aprovado segundo a equipe técnica da Gerência de Licenciamento Ambiental de Atividades não Industriais (GELANI). O requerimento foi aberto pela empresa GÁS VERDE S. A.
- e) Aterro controlado Morro do Céu (Niterói):** Licença de Operação para Operar Aterro Sanitário em área de 70.000 m<sup>2</sup> para disposição exclusiva de resíduo sólido de varrição pública - **LO Nº IN002239** concedida em 18 de novembro de 2018 com validade até 14 de novembro de 2023.
- f) Central de Tratamento de Resíduos Santa Rosa (Seropédica):** Licença de Operação para operar aterro sanitário (até 10.400 t/d) em área construída de 544.215,11m<sup>2</sup> pertencentes às fases 1, 2 e 3 (3A1, 3A2, 3B1 e 3B2 e 3C1) para a disposição de resíduos de origem residencial, comercial e de resíduos industriais não perigosos (classe II); Estação de Tratamento de lixiviado; Linha de Recalque, Oficina e Ponto de Abastecimento de veículos e equipamentos - **LO Nº IN035070** concedida em 06 de julho de 2016 com validade até 06 de julho de 2021.
- g) Central de Tratamento de Resíduos São Gonçalo:** Para operar uma área de 106.500 m<sup>2</sup> pertinente a fase 1, para disposição de resíduos sólidos de origem residencial, comercial, de varrição e de resíduos industriais classe II (não perigosos); estação de tratamento de lixiviado (à nível terciário com osmose inversa, numa vazão de 120m<sup>3</sup>/dia); recepção e armazenamento temporário via câmara fria de resíduos de serviços de saúde (grupos A, B, D e E) oriundos do município de São Gonçalo - **LO Nº IN018810** em processo de renovação iniciado em 30/03/2020.
- h) Central de Tratamento de Resíduos Nova Iguaçu:** Licença Ambiental de Operação para operar a Central de Tratamento de Resíduos de Nova Iguaçu - CTR-NI, constituída por 3 aterros de resíduos urbanos e industriais não perigosos (classes IIA e IIB), um aterro e unidade processamento de resíduos

da construção civil e demolição, tratamento térmico de resíduos de saúde, unidades de apoio administrativo e operacional, estação de tratamento de efluentes, lavagem, lubrificação e abastecimento de frota própria - **LO Nº IN018048** concedida em 03 de novembro de 2011. Atualmente em processo de renovação de Licença.

- i) **Aterro controlado de Itaoca (São Gonçalo):** Licença Ambiental de Recuperação para o antigo vazadouro de itaoca que inclui dentro outros a instalação e manutenção do sistema de captação e aproveitamento energético de biogás, em unidade específica – **LAR Nº INO22145** concedida em 07 de janeiro de 2013. Atualmente em processo de atendimento de condicionantes para renovação de licença.
- j) **Central de Tratamento de Resíduos de Itaboraí:** para operação da fase 1 da Central de Tratamento de Resíduos, com atividades de disposição de resíduos sólidos de origem residencial, comercial e industrial não perigoso em aterro sanitário com capacidade de 3.000 t/dia; triagem, armazenamento temporário e beneficiamento de sucata, com vistas à reciclagem; triagem, armazenamento temporário e beneficiamento de resíduos de construção civil (classes A, B e C); e operar uma autoclave a vapor para esterilização de até 3860 Kg/dia de Resíduos de Serviço de saúde – **LO Nº IN033015** concedida em 6 de janeiro de 2016. Atualmente em processo de acompanhamento da **LO**.

As Centrais de Tratamento de Resíduos se comprometem a adequar sua conduta às exigências da lei, mediante os termos acordados nos TACs, que têm o caráter de título executivo extrajudicial. Neste trabalho foram levantados os TACs somente para a CTR Seropédica e Aterro controlado de Jardim Gramacho.

### **2.2.2 ICMS Ecológico**

O ICMS Ecológico foi uma das ferramentas utilizadas para construir o cenário de destinação de resíduos atualizado para a região de estudo.

O imposto foi criado a partir da Lei Estadual n º 5.100 de 04 de outubro de 2007, que acresce a conservação ambiental ao repasse de recursos aos municípios,

considerando em seu cálculo as áreas de conservação ambiental, a qualidade ambiental dos recursos hídricos e a gestão de resíduos. Anualmente seus critérios de pontuação e valores são revistos, sendo a revogação mais recente datada de 26 de abril de 2019, onde foram inseridos novos critérios e indicadores de avaliação.

Os dados referentes ao ICMS Ecológico foram obtidos por meio de planilhas em Excel do site da Fundação Centro Estadual de Estatísticas, Pesquisas e Formação de Servidores Públicos do Rio de Janeiro. Foram analisados e compilados os dados referentes a destinação de resíduos para os aterros e vazadouros da região metropolitana do Rio de Janeiro, com o objetivo de se identificar aqueles inseridos na RH V. Além disso, foi avaliada a evolução dos índices de remediação de vazadouros e destinação adequada de resíduos no período de 2018 em relação a 2020 e calculada sua diferença. Dessa forma, foi possível verificar quais municípios melhoraram ou pioraram nas suas notas.

O valor do repasse do ICMS Ecológico corresponde a 2,5% do total de ICMS arrecadado pelo Estado e o peso do Componente de Gestão de resíduos é de 25%, o menor dos pesos no cálculo do Índice Final de Conservação Ambiental do Município (IFCA) (CEPERJ, 2020). Dois componentes do cálculo para ICMS ecológico foram verificados para analisar os dados de destinação de resíduos e remediação de vazadouros e aterros sanitários, são eles:

*IrDL = Índice de Destinação Final de Resíduos Sólidos Urbanos.*

*IrRV = Índice relativo de Remediação de Vazadouros.*

Com base nos valores de IFCA foi possível traçar a evolução das ações e do comprometimento dos municípios em relação a conservação ambiental. Extraíndo os dois índices IrDL e IrRV, especificamente, foi possível enxergar a situação dos aterros sanitários dentro da RH V e suas condições de remediação.

### **2.2.3 Dados de Visitas técnicas do GT Chorume**

Este GT foi criado em 18 de outubro de 2018, com o objetivo de propor ao CBH-BG a melhoria dos corpos hídricos na RH V e analisar questões como:

- O lançamento *in natura* de lixiviado nos corpos hídricos e na Baía de Guanabara pelos lixões e vazadouros presentes da RH V.
- O lançamento de lixiviado nos corpos hídricos por meio de aterros sanitários e aterros controlados.
- Tratamento de lixiviado produzido nos aterros sanitários e destinado para estações de tratamento de esgoto (ETEs) na RH V.

A metodologia utilizada para a condução das análises do grupo é formada por discussões em reuniões periódicas, pela exposição e análise de documentos técnicos em debates, além de vistorias técnicas de campo e análise do Plano Diretor da Bacia da Baía de Guanabara e das características de suas sub-bacias. É importante ressaltar que a Baía de Guanabara sofre com uma problemática recente relacionada a práticas que levam a contaminação das águas superficiais e subterrâneas, sendo estas, bens do Estado do Rio de Janeiro.

Segundo o artigo 26 da Constituição Federal e segundo a Lei Federal nº 9.433 de 1997, estes bens são de competência do órgão ambiental estadual INEA, da agência de bacia delegatária AGEVAP e do comitê de bacia CBH-BG no caso do Estado do Rio de Janeiro.

O Plano de Trabalho do GT engloba a avaliação dos riscos da gestão de lixiviado na RH V. Além disso, também abrange a obtenção de informações a respeito da eficiência do tratamento combinado nas ETEs e o cumprimento das normas de lançamento do percolado em corpos hídricos. O plano também prevê o acompanhamento da geração e tratamento de lixiviado nos vazadouros existentes e a geração e tratamento nos aterros sanitários.

Portanto, dentro do escopo de atuação do GT, alguns itens podem ser alinhados com o objetivo deste trabalho, como, por exemplo, a identificação dos vazadouros geradores de passivos ambientais na RH V e aterros sanitários existentes e quais destes estão licenciados para operar, além de empreendimentos, estações e operadores que fazem tratamento do lixiviado e realizam lançamento nos corpos hídricos da RH V, zona costeira e águas internas da Baía de Guanabara.

O GT Chorume busca estabelecer nexo causal entre os fatos e acontecimentos relacionados à qualidade das águas na RH V e sua poluição por lixiviado. Esta premissa se alinha diretamente com o objetivo deste trabalho, visto que

identifica a situação atual dos aterros sanitários e vazadouros em relação à gestão do percolado. Portanto, suas conclusões podem ser utilizadas como base de informações para tomada de decisão e planejamento futuro na tomada de decisão em projetos de melhoria das águas na RH V.

Os estudos gerados pelo GT- Chorume, no escopo da sua atuação técnica, buscam também desenvolver produtos com base no georreferenciamento e no mapeamento dos possíveis pontos de lançamento de lixiviado nos corpos hídricos. O acompanhamento das condições de aterros e vazadouros acontece por meio de visitas técnicas.

Considerando a importância do tema e a necessidade de aprofundamento de estudos para consolidar o cenário atualizado da gestão de lixiviado, o GT Chorume almeja desenvolver melhores discussões e uma base de dados consolidados por fontes confiáveis para o planejamento aprimorado das ações propostas.

A compilação dos dados de visitas técnicas do GT Chorume foi feita por meio de contato com os membros do grupo de trabalho via e-mail, além da análise dos relatórios de visitas e da documentação recebida dos operadores das centrais de tratamento de resíduos, aterros e vazadouros. O cronograma de visitas do GT Chorume se iniciou em setembro de 2019 e foi paralisado em março de 2020 devido à pandemia de COVID-19. Nesse período foram visitados os seguintes locais: Aterro controlado de Bongaba, Aterro controlado de Itaoca, CTR São Gonçalo e CTR Seropédica. O contato com CTR Nova Iguaçu e CTR Itaboraí foi feito via e-mail. Os dados referentes à gestão do lixiviado nos demais aterros e vazadouros da RH V como o vazadouro Babi, aterro controlado de Jardim Gramacho, foram obtidos com representantes dos seus municípios, membros do GT Chorume e algumas informações complementares foram fornecidas pelo contato com os operadores das centrais de resíduos que foram visitadas.

O Plano de Desenvolvimento Urbano Integrado do Rio de Janeiro realizado pelo Instituto Modelar a Metrópole também foi um documento fornecido e recomendado pelo GT Chorume para um embasamento complementar das investigações de dados referente aos vazadouros e aterros sanitários na Região metropolitana e RH V.

## 2.2.4 Compilação dos Dados

Para se identificar a situação atual da gestão do lixiviado de aterros e vazadouros na RH V foram avaliados mapas gerados pelo autor por meio do software QGIS, utilizando como base os dados compilados. Desse modo, foi estabelecido um comparativo qualitativo das informações obtidas com os dados do ICMS Ecológico, licenças ambientais, termos de ajustamento de conduta e visitas técnicas do GT Chorume.

O **software QGIS** (anteriormente conhecido como Quantum **GIS**) é um **software** livre com código-fonte aberto, multiplataforma de sistema de informação geográfica (SIG) que permite a visualização, edição e análise de dados georreferenciados. O programa permitiu a elaboração dos mapas deste trabalho para a visualização espacial das centrais de tratamento de resíduos, aterros controlados e vazadouros inseridos na RMRJ e RH V, bem como a visualização da destinação de resíduos sólidos urbanos, da situação de vazadouros, das variações dos índices de remediação de vazadouros, e por fim, a visualização da destinação adequada de resíduos para o período proposto por este trabalho.

Para a base de dados obtidos pelas visitas do GT Chorume, foi elaborado um mapa de destinação de resíduos sólidos e da situação das centrais de tratamento de resíduos, aterros controlados e vazadouros na RMRJ e RH V. Construindo, portanto, um cenário de apresentação dos pontos onde existem vazadouros em remediação, já remediados e vazadouros ativos, assim como centrais e aterros desativados ou em funcionamento.

De acordo com a base de dados obtida através do ICMS Ecológico, foram elaborados os mapas de destinação final de resíduos e mapas das variações dos índices de remediação de vazadouros dos municípios considerados neste estudo. Permitindo, desta forma, uma comparação entre os dados dessa base de dados e aqueles referentes às visitas do GT Chorume.

A base de dados construída pela obtenção das licenças ambientais e TACs permitiu filtrar as informações sobre a gestão do lixiviado nos seus respectivos aterros, centrais de tratamento de resíduos e vazadouros. Para, deste modo, se alcançar um cenário oficial e atual dos processos de licenciamento e condicionantes de cada um.

As três principais bases de dados foram comparadas para que pudessem ser encontradas inconsistências nas informações e também para validar dados que se repetiam. As inconsistências foram identificadas em formato de tabela. Os dados referentes à destinação de resíduos, como quantidade de resíduos recebida no aterro, são determinados em projeto e dimensionados de acordo com a capacidade total dos aterros. Os dados de destinação e geração de resíduos apresentados na planilha do ICMS Ecológico tem como referência o PERS/RJ (2013). As licenças também forneceram um posicionamento legal do órgão licenciador do Estado para identificar informações divergentes relacionadas ao tratamento de lixiviado que foram fornecidas pelos municípios no preenchimento da planilha do ICMS Ecológico.

Com o objetivo de construir um cenário atual dos locais com possível potencial poluidor por meio de lixiviado na RH V da Baía de Guanabara, foram avaliados os mapas gerados, as informações de gestão do lixiviado, os dados referentes à operação dos aterros e vazadouros, encontrados nas licenças, e por fim, foi elaborada uma planilha de inconsistências encontradas entre as três bases de dados. Esta planilha permite identificar, de forma comparativa, informações repetidas e díspares nas bases de dados levantados.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste capítulo os dados foram compilados e consolidados para construir um cenário único e para validar informações que se repetem nas 3 fontes de dados. Portanto, são identificados e mapeados os aterros e vazadouros existentes na RH V, assim como sua situação atual de operação. O cenário de disposição final de resíduos sólidos na região de estudo também é mapeado e construído.

São listados também os principais corpos hídricos, potencialmente receptores do lixiviado e as inconsistências encontradas no pareamento das bases de dados.

#### 3.1. Licenças ambientais das centrais de tratamento de resíduos, aterros controlados e vazadouros

As CTRs presentes na RH V apresentam Licenças Ambientais de Operação e a seguir serão destacadas as informações relevantes à gestão de resíduos e lixiviado, levantadas com obtenção da documentação deste trabalho. É necessário ressaltar que somente o CTR de Belford Roxo está com licença de operação paralisada, devido a problemas operacionais. Além disso, o INEA está acompanhando as condições de operação do aterro e determinará suas condicionantes para retomada das atividades.

**CTR Belford Roxo** – Em processo de acompanhamento da LO N° IN017678 e segundo a vistoria realizada pelo INEA em 06/06/2019, o aterro sanitário de Belford Roxo permanece desativado. Os dois taludes de disposição de resíduos presentes no aterro se encontram com problemas estruturais causados pelas intempéries e necessitando de recuperação, com instalação de sistemas de drenagem pluvial e plantio de gramíneas.

Em relação a Estação de Tratamento de Lixiviado, o aterro possui instalados uma lagoa pulmão e uma lagoa de acumulação. Em seu pré-tratamento são identificados equipamentos de oxigenação do efluente, revolvimento e decantador. O

tratamento terciário instalado é composto por filtro bag, microfiltração, nanofiltração, osmose reversa e lagoa de permeado. Apresenta-se na Figura 4 a localização geográfica CTR Belford Roxo.

Figura 4 - Localização geográfica da CTR Belford Roxo.



Fonte: Imagem Google Earth (2020).

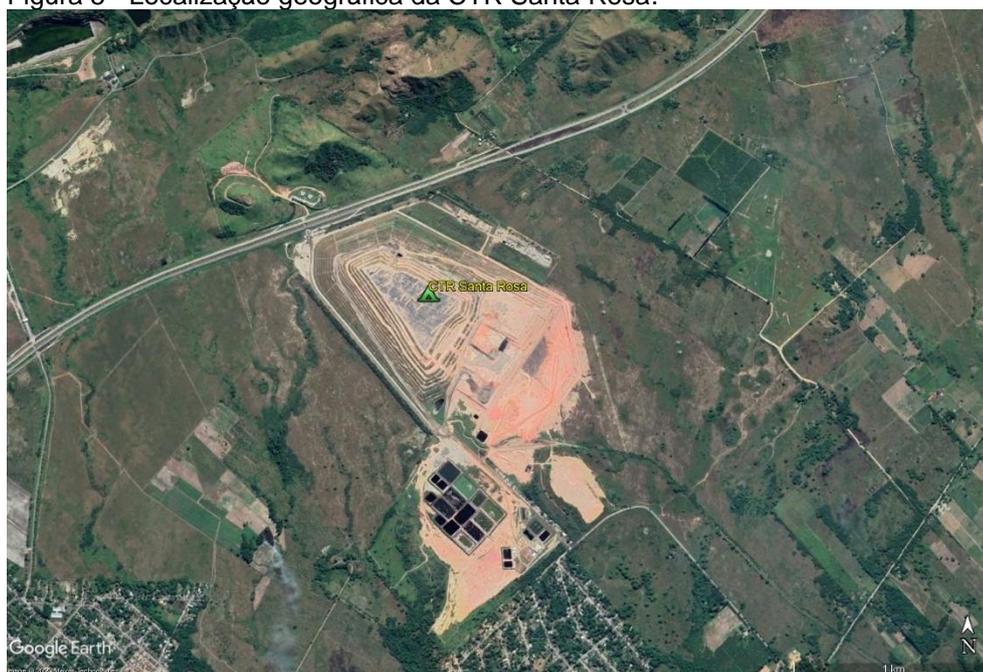
Foram identificados danos na geomembrana superior da lagoa de acumulação da unidade. A CTR informou ao órgão que a nova estação de tratamento de lixiviado está em comissionamento e terá capacidade operacional de 200m<sup>3</sup>/dia. A geração atual de percolado está em níveis baixos nas lagoas de acumulação e o permeado é utilizado para umidificação de vias, enquanto o líquido concentrado é reinserido no maciço de resíduos.

O INEA solicitou em 27/06/2019 ao CTR, por meio de notificação, o envio de comprovação das ações corretivas na geomembrana superior da lagoa de lixiviado, de encerramento de obras de recuperação no maciço I, execução da camada impermeabilizante, cobertura vegetal e reconstituição das drenagens pluviais. Também foi solicitado pelo órgão ambiental o relatório do sistema de tratamento de osmose reversa, para constatar o volume tratado desde a sua implantação, bem com os volumes do lixiviado permeado e concentrados obtidos.

**CTR Santa Rosa** – Segundo LO Nº IN035070 concedida em 06 de julho de 2016 com validade até 06 de julho de 2021 e vistorias técnicas de acompanhamento de licença do INEA.

Atualmente a central de tratamento de resíduos conta com três subaterros, classificados como AS1, AS2 e AS3 e recebe em média 9.500 t/dia de resíduos sólidos urbanos em uma área de 2.226.000 m<sup>2</sup>. Apresenta-se na Figura 5 a localização geográfica da CTR Santa Rosa.

Figura 5 - Localização geográfica da CTR Santa Rosa.



Fonte: Imagem Google Earth (2020).

O CTR Santa Rosa possui impermeabilização dos maciços e estação de tratamento de lixiviado própria. A estação é composta pelo tratamento físico-químico, biológico e conta com membranas de nanofiltração, operando com uma vazão de 850 m<sup>3</sup>/dia e um sistema de tratamento por osmose reversa. O aterro está em processo de expansão da sua estação de tratamento, adicionando ao processo um novo módulo de osmose reversa, com o objetivo de expandir sua capacidade para 1.100m<sup>3</sup>/dia.

Além disso, o CTR Seropédica faz envio de parte do lixiviado gerado para a Estação de Tratamento de Efluentes Alegria (ETE Alegria) com vazão de 1% relativa ao esgoto tratado e para São Paulo via empresa Attend Ambiental S.A., já que, frequentemente seu dimensionamento não comporta o tratamento de lixiviado nos meses mais chuvosos. De acordo com as informações investigadas no processo de

licenciamento ambiental, o CTR deve enviar ao INEA relatórios trimestrais pelo período de um ano segundo notificação GELANINOT/01113155 de 10/11/2019. Ainda segundo sua licença ambiental, o volume do lixiviado acumulado nas lagoas deve ser reduzido em 50% e o tratamento externo de lixiviado deve ser realizado sob supervisão do INEA.

O CTR Seropédica apresentou extravasamento de lixiviado em 2016, segundo TAC 06/17 Processo Nº E-07/002.10400/2016 e notificação GELSARNOT/01063585. Em relação ao monitoramento da qualidade da água do Rio Piloto, onde é lançado o efluente tratado da ETC, as medições são realizadas mensalmente.

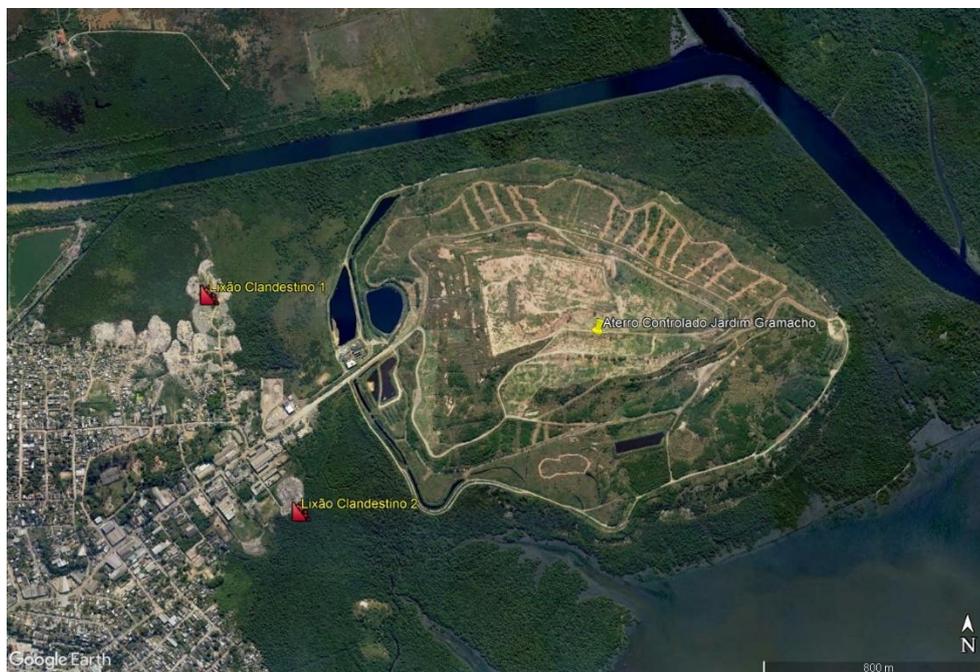
**Aterro controlado de Jardim Gramacho** – Autorização Ambiental de Funcionamento (AAF) da Estação de Tratamento de Chorume concedida pelo INEA em 20/05/2020, segundo ata de 527ª Reunião Ordinária de Licenciamento Ambiental do Condir (INEA), onde foi acrescentada a condição de validade a seguir: *“Executar as ações de recuperação estabelecidas no âmbito do TAC, tais como: recuperação estrutural do maciço, envelopamento das valas, monitoramento ambiental, monitoramento geotécnico, recuperação do manguezal, execução e manutenção da cobertura final definitiva do maciço, execução e manutenção dos sistemas de drenagens de águas pluviais e de chorume”*.

Em razão do TAC vigente 07/2017 (Processo E-07/002.6489/15), a licença de operação da estação de tratamento de lixiviado ficou suspensa de 09/09/2019 suspensa até o momento da concessão da AAF. A denúncia que gerou o TAC firmado com o INEA foi a identificação de extravasamento de lixiviado contaminando o Rio Sarapuí e Manguezais, segundo informado pelas comunidades de pescadores próximas ao empreendimento. Foram determinadas multas a empresa operadora, GÁS Verde S.A. e também medidas de controle ambiental adicionais.

O TAC gerado trata a respeito da identificação de extravasamento de lixiviado contaminando o Rio Sarapuí e Manguezais, segundo denúncia das comunidades de pescadores localizadas próximo ao empreendimento, e de acordo com o TAC Nº 07/17 Processo E-07/002.6489/15 firmado com o INEA, onde foram determinadas multas às empresas operadoras do aterro e medidas de controle ambiental adicionais.

Na Figura 6 apresenta-se a localização geográfica do Aterro controlado Jardim Gramacho, representando também os pontos de surgimento dos lixões clandestinos.

Figura 6 - Localização geográfica do Aterro controlado Jardim Gramacho.



Fonte: Imagem Google Earth (2020).

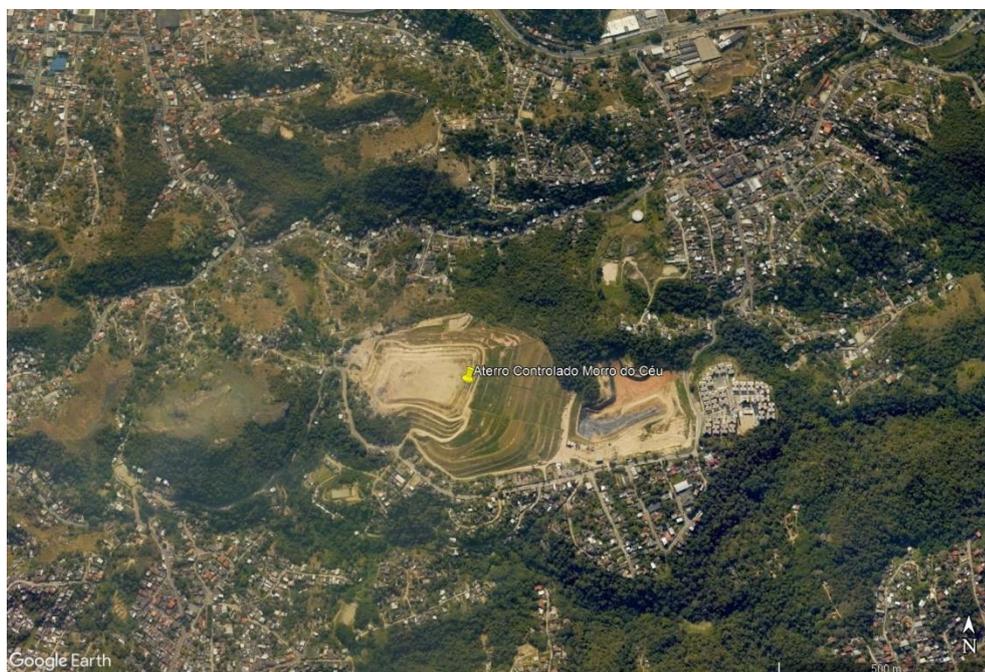
**Aterro controlado Morro do Céu** – Segundo a Licença de Operação do Aterro Sanitário com área de 70.000 m<sup>2</sup> para disposição exclusiva de resíduo sólido de varrição pública - **LO Nº IN002239** concedida em 18 de novembro de 2018 com validade até 14 de novembro de 2023.

O aterro controlado do Morro do Céu se encontra remediado e funcionando agora como receptor de resíduos de poda e varrição pública. Os resíduos sólidos urbanos de Niterói são encaminhados para o CTR São Gonçalo.

O percolato gerado no maciço remediado é encaminhado para estação de tratamento de efluentes (ETE) Icaraí, como informa a Autorização Ambiental AA Nº IN022260 (2013). A vazão determinada para recebimento do lixiviado na estação é na proporção de 1% da vazão recebida de efluentes sanitários, como determinado pelo INEA. O lixiviado enviado para ETE Icaraí e continua sendo tratado de forma satisfatória segundo o INEA. Porém, a legislação do Estado do Rio de Janeiro e as condicionantes determinadas pelo órgão ambiental caminham para a erradicação desta alternativa.

Na Figura 7 apresenta-se a localização geográfica do aterro controlado Morro do Céu.

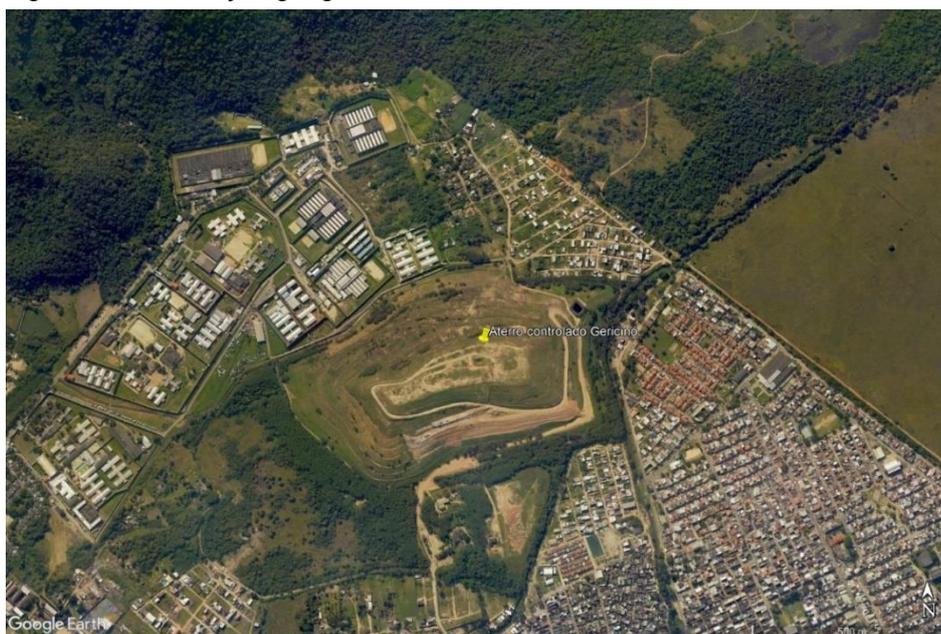
Figura 7 - Localização geográfica do aterro controlado Morro do Céu.



Fonte: Imagem Google Earth (2020).

**Aterro controlado de Gericinó** – Ainda em processo de instalação da Estação de Tratamento de lixiviado acondicionado no aterro. Na Figura 8 apresenta-se localização geográfica do aterro controlado de Gericinó.

Figura 8 - Localização geográfica do aterro controlado de Gericinó



Fonte: Imagem Google Earth (2020).

**Aterro controlado de Bongaba** – As informações abaixo foram obtidas segundo a Licença de Operação e Recuperação – LOR IN003229, concedida em 10 de abril de 2019 e com validade até 10 de abril de 2021, além do relatório de vistoria técnica de acompanhamento de licença. Na Figura 9 apresenta-se localização geográfica do aterro controlado de Bongaba.

Figura 9 - Localização geográfica do aterro controlado de Bongaba.



Fonte: Imagem Google Earth (2020).

A área de intervenção para a recuperação do aterro de Bongaba é de 108.000 m<sup>2</sup>, onde irá operar também a triagem de resíduos sólidos de construção (RCC) e tritura de poda. O município de Magé também conseguiu licenciamento por 2 anos, para célula emergencial sanitária no local. No entanto, o aterro de Bongaba ainda não realizou obras de impermeabilização do maciço de resíduos e sistemas de drenagem tanto pluvial como de lixiviado. No local ainda não constam também obras de barreiras hidráulicas para contenção de geração do percolado.

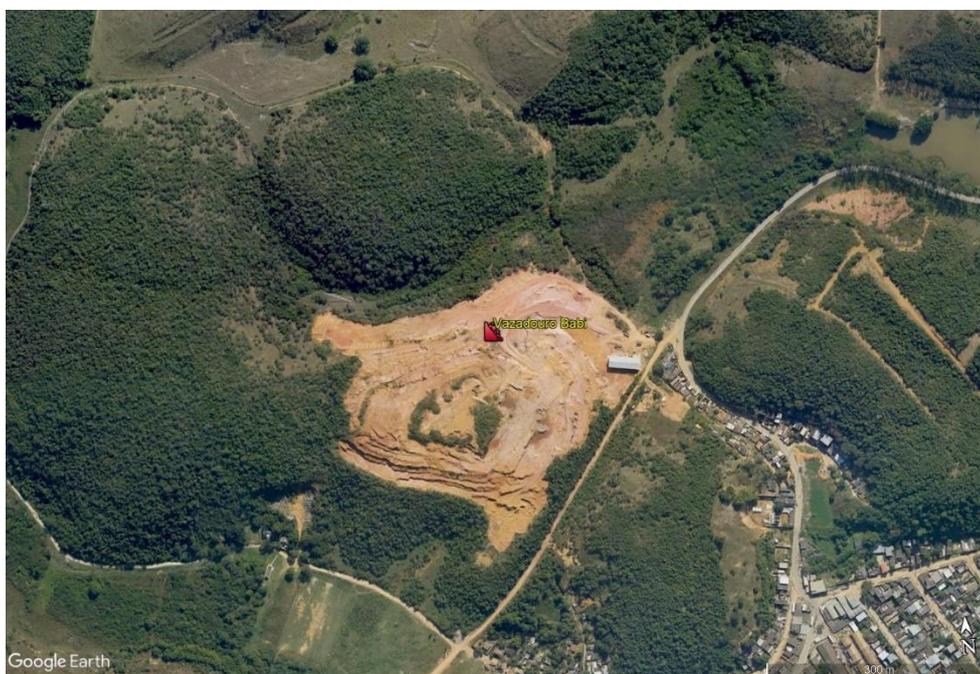
Na célula emergencial são verificados vários problemas, como o ancoramento irregular da manta impermeabilizante na porção esquerda da célula, resíduos espalhados pelas vias de drenagem pluviais e também descobertos em diversas

porções. O lixiviado, por sua vez, é gerado e direcionado para um poço de concreto e posteriormente recirculado na célula.

O INEA também solicita ao operador do aterro relatórios de monitoramento das águas do rio Inhomirim e em córregos adjacentes a área segundo parâmetros das Resoluções CONAMA nº 430 de 2011 e CONAMA nº 357 de 2005 acrescentados dos parâmetros de Demanda Química de Oxigênio e nitrogênio amoniacal.

**Vazadouro do Babi (Recantus)** – Atualmente, o vazadouro não possui licença de recuperação e o Ministério Público do Rio de Janeiro sugere que seja assinado TAC para recuperação da região (2019). Segundo os processos de requerimento de licenças do INEA, a empresa Boechat do Bairro solicitou prorrogação dos prazos para obtenção da licença ambiental de recuperação para o Vazadouro do Babi, e esse pedido foi indeferido em 25/04/2018 conforme parecer técnico da Gerência de Licenciamento do INEA de atividades não industriais (GELANI/DILAM) e parecer da Procuradoria do INEA RDC nº 05/2018. Na Figura 10 apresenta-se a localização geográfica do vazadouro do Babi.

Figura 10 - Localização geográfica do vazadouro do Babi.



Fonte: Imagem Google Earth (2020).

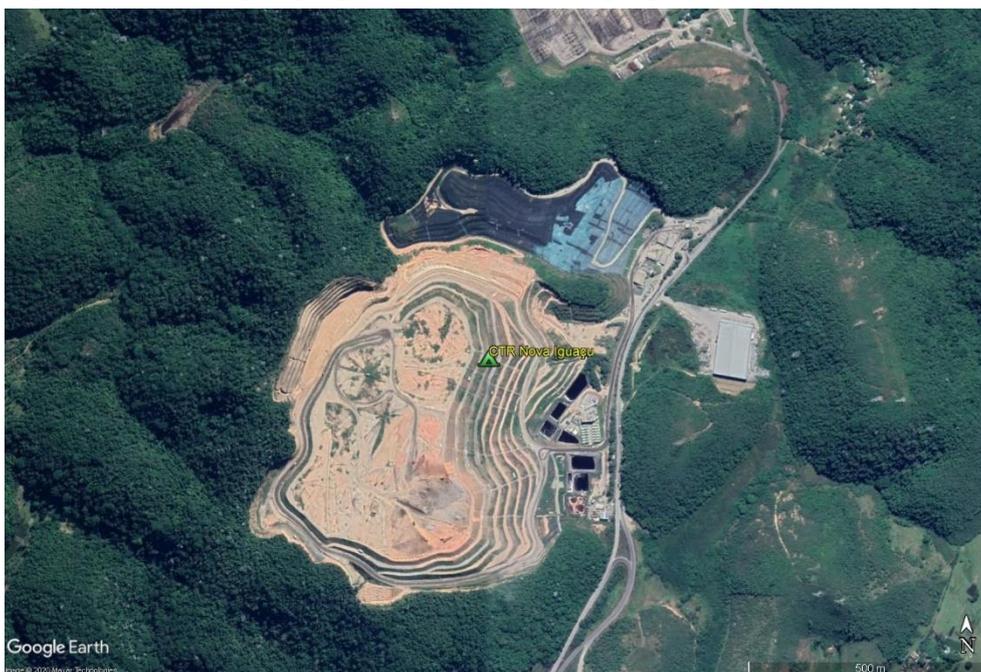
O vazadouro de Babi se encontra na área de Preservação Ambiental (APA) do Alto Iguaçu, tendo como um de seus limites o rio das Velhas, tributário do Rio Botas. No período de 1993 até o ano de 2012 a área não teve quaisquer medidas de proteção ambiental em relação a contaminação por lixiviado nos solos e corpos hídricos.

O vazadouro voltou a ser utilizado em 2017 pela prefeitura entre os meses de janeiro a março sem medidas de proteção ambiental. Posteriormente, no mesmo ano, os resíduos finalmente começaram a ser direcionados ao aterro de Nova Iguaçu, operado pela HAZTEC. Porém, o vazadouro do Babi continua sem as medidas de controle necessárias para assegurar a não contaminação por lixiviado.

**CTR Nova Iguaçu** - Segundo LO N<sup>o</sup> IN018048 concedida em 03 de novembro de 2011, a CTR está atualmente em processo de renovação de Licença.

O aterro é dividido em seis vales, o primeiro já está encerrado e possui uma cobertura em PEAD para minimizar a geração de lixiviado. Os vales 3 e 4 armazenam os resíduos domiciliares e industriais classe II, o vale 2 é onde fica a central de beneficiamento e disposição dos resíduos de construção civil. Os vales 5 e 6 estão sendo ampliados e ainda estão em processo de licenciamento junto ao órgão ambiental. Na Figura 11 apresenta-se a localização geográfica da CTR Nova Iguaçu.

Figura 11 - Localização geográfica da CTR Nova Iguaçu.



Fonte: Imagem Google Earth (2020).

O aterro possui uma Estação de Tratamento de Chorume (ETC) em nível terciário. A vazão diária alcança cerca de 700 m<sup>3</sup>/d. O percolado gerado nos vales 2, 3 e 4 são armazenados separadamente em lagoas de acumulação. O sistema de tratamento é composto por caixa de areia e equalização, reatores aeróbios com injeção de O<sub>2</sub>, ultrafiltração e nanofiltração.

Segundo a última vistoria de acompanhamento de licença, uma das lagoas de aeração estava em reforma e a outra operava normalmente. O efluente final apresentou redução referente ao nitrogênio amoniacal (250 mg/L), permanecendo, entretanto, fora dos padrões permitidos.

A CTR já solicitou ao INEA abertura de processo de licenciamento para expansão da estação de tratamento de lixiviado e recebeu notificações referentes aos problemas encontrados na vistoria do órgão ambiental, como solicitação de cadastro para barramento formado para contenção de lixiviado no Sistema de Informações dos Barramentos do Estado do Rio de Janeiro (SisBar).

**CTR São Gonçalo** – Segundo LO N<sup>o</sup> IN018810 em processo de renovação iniciado em 30/03/2020 e vistoria técnica do INEA de acompanhamento de LO, foi possível identificar quantidade média de resíduos que vem sendo recebidos no aterro, que é de 1.600 t/dia, a partir das coletas de resíduos sólidos urbanos dos municípios de Niterói e São Gonçalo.

Foi possível evidenciar também que será instalada uma nova ETC visando o tratamento de um volume maior de percolado, visto que o aterro gera 234m<sup>3</sup>/dia e só consegue tratar aproximadamente 50% do volume diário gerado. A nova estação terá capacidade de tratamento 500m<sup>3</sup> /dia.

O sistema de tratamento projetado para uma vazão de 120m<sup>3</sup>/dia do percolado implantado possui como característica principal a pré-filtração por filtro de areia pressurizada e por microfiltração; controle de pH por dosagem de ácido sulfúrico; adição de anti coagulante; e osmose inversa realizada em 3 etapas. É importante ressaltar que a osmose inversa em três etapas garante a qualidade do efluente para o lançamento.

Na Figura 12 apresenta-se a localização geográfica da CTR Nova Iguaçu.

Figura 12 - Localização geográfica da CTR São Gonçalo.



Fonte: Imagem Google Earth (2020).

**Aterro controlado de Itaoca** – As informações abaixo foram obtidas segundo a LAR Nº INO22145, concedida em 07 de janeiro de 2013, e que atualmente está em processo de atendimento de condicionantes para renovação de licença.

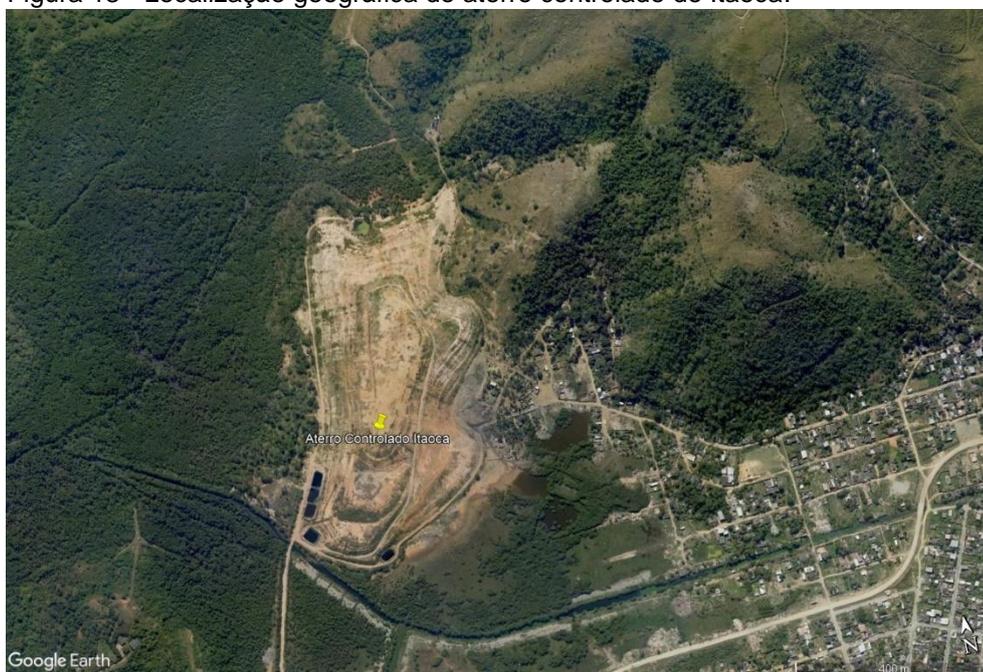
O aterro não recebe resíduos desde a implantação do CTR de São Gonçalo, e possui em sua licença de recuperação com condicionantes relacionadas ao tratamento e gestão de lixiviado. Segundo a última notificação do órgão ambiental no processo de acompanhamento de licença emitida em 23/09/2019, foram solicitados:

- A localização de todos os dispositivos dos sistemas de drenagem implantados (águas pluviais, lixiviado e gás), indicando os trechos ou dispositivos que necessitam de reforma ou manutenção;
- A localização de todos os dispositivos de monitoramento geotécnico operantes, indicando os que necessitam de troca ou manutenção;
- As áreas do maciço em que foi executado o plantio de gramíneas, indicando as áreas pendentes, bem como as que necessitam de novo plantio;

- A volumetria de todas as lagoas de lixiviado, indicando o volume total acumulado no local e os volumes encaminhados para tratamento externo nos anos de 2018 e 2019;
- Informações sobre a evolução atual, as ações de manutenção que vêm sendo realizadas e as ações pendentes. E ainda, o cronograma indicando o prazo necessário para execução de cada uma das ações pendentes.

Na Figura 13 apresenta-se a localização geográfica do aterro controlado de Itaoca.

Figura 13 - Localização geográfica do aterro controlado de Itaoca.



Fonte: Imagem Google Earth (2020).

**CTR Itaboraí** – Segundo LO N° IN033015 concedida em 6 de janeiro de 2016. Atualmente em processo de acompanhamento e renovação da LO.

Segundo relatório de acompanhamento de LO, a CTR Itaboraí está em condições de cumprimento da lei e em bom funcionamento com ressalva para algumas condicionantes, que devem ser atendidas:

- Relação de máquinas e equipamentos próprios e terceirizados do aterro, bem como o contrato de prestação de serviços com terceiros.

- Comprovação de ações preventivas e corretivas para que ao passar por um período de precipitação intensa possa evitar o derramamento de lixiviado que estão acumulados nas lagoas.
- Em 2014 o CTR foi notificado que deveria encerrar imediatamente o envio à Estação de Tratamento de Esgoto de Icaraí (ETE-Icaraí) de qualquer tipo de líquido percolado de aterro sanitário, quer seja bruto ou tratado.

Na Figura 14 apresenta-se a localização geográfica da CTR Itaboraí.

Figura 14 - Localização geográfica da CTR Itaboraí.



Fonte: Imagem Google Earth (2020).

Atualmente o CTR conta com 7 lagoas de lixiviado, e, segundo vistoria de acompanhamento de LO, também estavam sem sinalização e precisando de manutenção no cercamento e com vegetação alta dificultando o acesso. Além disso, as lagoas 4, 5, 6 e 7 estavam com volume superior ao recomendado, muito próximo a borda. Foi informado pela empresa que para o novo projeto da Estação de Tratamento, serão desativadas as lagoas 6 e 7 e será construída mais uma lagoa próxima a estação, sendo as lagoas 1, 2 e 3 incorporadas à estação.

O percolato da CTR é enviado para as empresas Opersan – Santa Cruz, RJ e Attend Ambiental - Aldeia Barueri / SP. A vazão enviada é de 35 a 42 m<sup>3</sup> para as unidades, sendo em média feita por 5 carretas por dia. A previsão para o funcionamento da ETC é de 02 (dois) anos, sendo pelo menos 01 (um) ano de obras e o restante como período de pré-teste, de acordo com relatório de vistoria de acompanhamento de licença realizada em 28/11/2019.

Em relação ao tratamento de lixiviado exclusivamente in loco nos aterros, segundo Lei Nº 8.298 de 21/01/2019, que estabelece que os aterros possuam estações de tratamento dimensionadas para a máxima pluviosidade e produção de lixiviado, o envio de parcelas do percolato para tratamento combinado em ETE deverá ser reduzido, considerando que o dimensionamento deve contemplar toda a produção do aterro. É possível que os aterros tenham que se adequar ao tratamento in situ, o que poderá onerar mais o orçamento da operação dos aterros menores.

### **3.2. Cenário da situação de Centrais de tratamento de resíduos, aterros controlados e vazadouros com base nos dados do ICMS Ecológico**

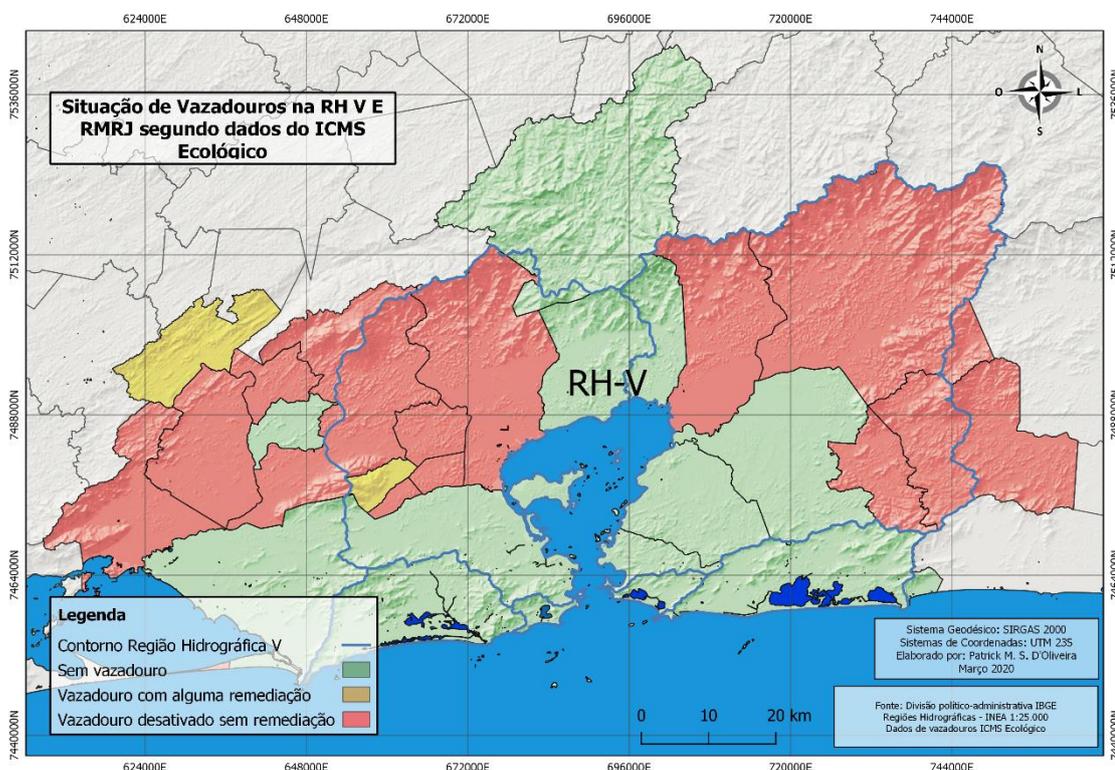
Dentro do critério de Disposição Final de Resíduos Sólidos e dos subíndices de destinação de Resíduos e Remediação de Vazadouros, os municípios informam os vazadouros sem licenciamento e/ou sem remediação existentes em seu território para o sistema do ICMS ecológico. Vale lembrar que os vazadouros considerados oficialmente encerrados devem possuir o termo de encerramento emitido pelo INEA e assim receber a Licença de Recuperação Ambiental (LAR), que por sua vez dará as condicionantes necessárias para cada situação e condição específica do vazadouro.

Os municípios recebem pontuação positiva ou pontuam “0” de acordo com os aterros e vazadouros desativados em seu território. Também são pontuados positivamente aqueles que contam com medidas de remediação, tratamento e reaproveitamento energético de resíduos. É possível, portanto, com base nos dados informados pelos municípios ao ICMS Ecológico, mapear os vazadouros sem remediação e licenciamento inseridos na Região Metropolitana e RH V.

O mapa foi elaborado a partir da base de dados da planilha Excel do ICMS Ecológico referente ao ano 2018, que foi publicado no final de 2019

As cores dispostas no mapa identificam a pontuação alcançada pelos municípios com a existência ou não de vazadouros, portanto, aqueles com coloração vermelha não receberam pontuação para aumentar seu repasse por possuírem ainda em seu território vazadouros sem remediação mesmo que ainda estejam desativados. É possível visualizar a proporção de municípios com vazadouros sem remediação que se localizam dentro dos limites da RH V e assim traçar conclusões a favor do planejamento e para a tomada de decisão das instituições responsáveis pela governança das águas na região. Na figura 15 apresenta-se o mapeamento realizado da situação dos vazadouros na RH V.

Figura 15 - Mapa de vazadouros não remediados na RMRJ e RH V



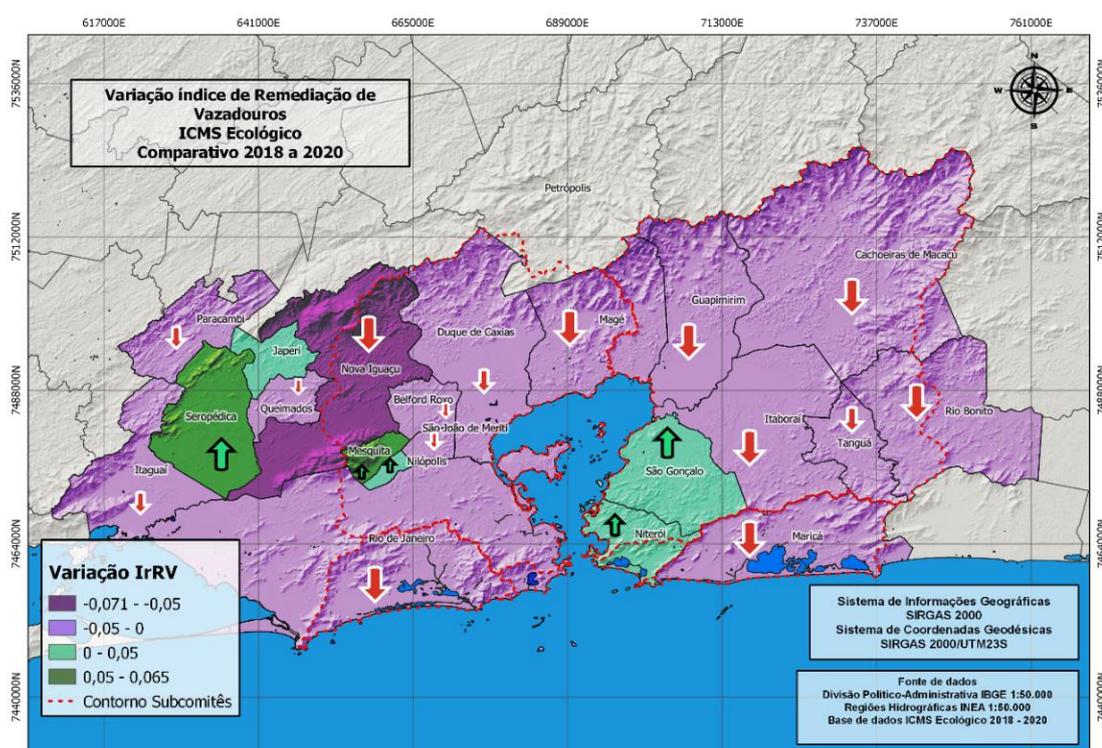
Fonte: Base de dados ICMS Ecológico 2020, elaborado pelo autor.

Após o tratamento dos dados do ICMS Ecológico referentes ao índice de remediação de vazadouros e ao índice de destinação adequada de resíduos para a RMRJ e RH V, foram gerados mapas representativos dos acréscimos ou decréscimos. As variações das pontuações consideraram as diferenças entre as planilhas publicadas entre os anos de 2018 e 2019.

O mapeamento dessas características pode funcionar como subsídio para traçar tendências futuras nos dois critérios e, dessa forma, permitir que os responsáveis pela governanças das águas possam planejar formas de auxiliar e aportar recursos para os municípios mais carentes, já que uma melhor gestão de resíduos e lixo trará benefícios para a qualidade das águas da região V.

Pontuações negativas para municípios que possuem CTRs e estão realizando remediação de vazadouros como foi visto nesse trabalho, podem indicar que os municípios não declararam os dados corretamente ou não atenderam ao prazo de envio de informações. Na Figura 16 apresenta-se as variações do índice de remediação de vazadouros calculadas no período entre 2018 e 2020.

Figura 16 - Mapa Índice de Remediação de Vazadouros de acordo com dados do ICMS Ecológico



Fonte: Dados INEA, IBGE e ICMS ecológico, elaborado pelo autor.

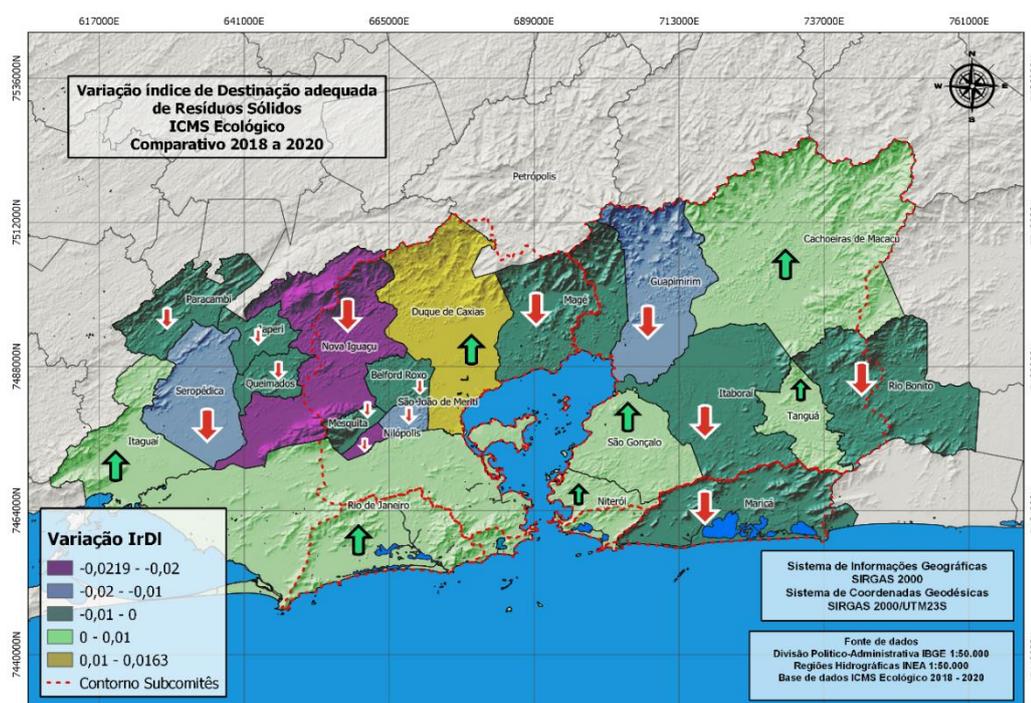
Foi este o caso de Nova Iguaçu, que pontuou 0 nos dados mais recentes publicados em 2020, apesar de realizar destinação correta dos resíduos e ter CTR com funcionamento adequado desde 2005. É importante destacar que as informações

da planilha do ICMS também indicam que Nova Iguaçu possui um vazadouro desativado e sem remediação, como apresentou a Figura 16.

Pode-se observar pelo mapa que apenas os municípios de Japeri, Seropédica, Mesquita, Nilópolis, São Gonçalo e Niterói tiveram uma variação de pontuação positiva no período analisado, mostrando um cenário de decréscimo da qualidade da remediação de vazadouros na RH V, ressaltando que quando o município possui um vazadouro sem remediação pontua “0”.

Na Figura 17 apresenta-se o mapa gerado para variação de índice de destinação adequada de resíduos sólidos, para o período de 2018 a 2020.

Figura 17 - Mapa Índice de Destinação adequada de resíduos sólidos urbanos de acordo com os dados do ICMS Ecológico.



Fonte: Dados INEA, IBGE e ICMS Ecológico, elaborado pelo autor.

Os piores índices foram dos municípios de Nova Iguaçu, Seropédica, Guapimirim e São João de Meriti, porém, para os dois primeiros, os valores encontrados não estão alinhados com a realidade, pois Seropédica possui a maior central de tratamento de resíduos da RMRJ no seu município e Nova Iguaçu também possui CTR.

A destinação adequada de resíduos não necessariamente deve acompanhar o desempenho da remediação de vazadouros, visto que municípios com vazadouros desativados em remediação ou remediados podem fazer a destinação correta de resíduos para fora do seu território após o encerramento de atividades inadequadas de destinação.

A representação espacial e análise da evolução dos índices do ICMS Ecológico permite aos responsáveis pela governança das águas e gestão de resíduos, direcionarem os recursos de forma estratégica, contemplando as necessidades de cada subcomitê. Além disso, cabe a mobilização de auxílio aos municípios mais carentes de projetos ambientais, de modo a atenderem melhor o ICMS ecológico e, assim, tornarem-se aptos a receberem maiores repasses. Esses municípios também podem ampliar as suas ações de preservação ambiental na RH V e melhorar suas políticas ambientais que favorecem a qualidade de águas e gestão de resíduos sólidos.

Em relação a governança das águas da RH V, a decisão do Governo do Estado do Rio de Janeiro de desvinculação de fundos ambientais, segundo a PL 1713 de 2019, autorizando o estado a arrestar o montante do FUNDHRI que não teve destinação no ano, reforça o cenário de maior escassez do futuro dos recursos financeiros, caso projetos não sejam deliberados. Dessa forma, atores como o Comitê de Bacia da Baía de Guanabara e sistemas lagunares de Jacarepaguá e Maricá poderão propor maior celeridade e objetividade na destinação dos recursos para os seus projetos. Portanto, a análise dos municípios que podem desenvolver mais projetos ambientais relacionados à qualidade das águas pode ser uma informação valiosa que subsidia e baliza o direcionamento de recursos para ações nesses municípios.

Segundo Da Costa (2019), o ICMS Ecológico tem se apresentado como importante e relevante ferramenta para conservação ambiental através do repasse de recursos financeiros aos municípios. O cenário de investimentos em qualidade e gestão ambiental pode sofrer mudanças importantes e positivas de tal forma que os gestores dos municípios são frequentemente incentivados a incorporar as decisões de responsabilidade socioambientais em suas articulações. O ICMS Ecológico pode, dessa forma, compatibilizar os setores econômico e socioambiental em prol da sustentabilidade do município. No país, esse instrumento tem se apresentado como

forte medida de potencialização da autonomia municipal, dando mais liberdade ao município, que é o maior conhecedor da realidade do seu território.

Para MATTA (2015), a análise quantitativa dos dados de ICMS Ecológico permite concluir que a ferramenta impulsionou os esforços para melhorias na conservação ambiental dos municípios do RJ, ainda que existam outros programas, como o Pacto pelo saneamento e Lixão Zero ocorrido no período analisado de 2009 até 2014. O autor acrescenta que o ICMS ecológico pode ser considerado uma boa ferramenta de acompanhamento e incentivo às políticas públicas de gestão de resíduos, bem como à manutenção de Aterros sanitários e vazadouros em remediação, uma vez que os municípios devem declarar oficialmente as ações em andamento no seu território para a Secretaria do Estado de Ambiente e Sustentabilidade (SEAS).

Para Ferreira *et al.* (2015), o ICMS Ecológico funciona como ferramenta de melhoria para a qualidade ambiental do saneamento e gestão ambiental no Estado do Rio de Janeiro. Os autores avaliaram os gastos com os dois setores referentes aos anos antes e após a instituição do imposto. Os resultados apresentaram melhoras nos setores, assim como, o aumento progressivo dos investimentos realizados pelos municípios.

A criação do índice de qualidade do Sistema Municipal de Meio ambiente (IQSMMA) também poderá contribuir para auxiliar na gestão de resíduos e, conseqüentemente, nos impactos da geração de lixo. Alguns dos instrumentos de gestão que os municípios deverão informar são o Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos e o Plano Municipal de Saneamento Básico, que atualmente são instrumentos previstos pela Lei 11.445 de janeiro de 2007, que estabelece as diretrizes para o saneamento básico.

Outros incentivos de relevância foram observados no âmbito dos programas de coleta seletiva solidária e o aumento de pontuação para os municípios signatários dos consórcios intermunicipais de gestão de resíduos sólidos urbanos (INEA, 2020).

Os pesos do ICMS ecológico possuem grande foco na criação de novas áreas protegidas e, com o mais recente decreto de alteração dos critérios de pontuação e avaliação dos municípios, o desempenho da gestão ambiental no Estado do Rio de Janeiro pode ser aprimorado considerando que o ICMS pode servir como uma

mudança da racionalidade pública no país e Estados, assim como contribuir para criação de políticas ambientais municipais (MATTA, 2015).

Na Tabela 3 apresenta-se os pesos de cálculo do ICMS ecológico, destacando o sub índice temático de destinação de resíduos e remediação de vazadouros, que possui ainda o menor dos valores.

Tabela 3 - Sub índices temáticos do ICMS Ecológico, segundo o Decreto Estadual 46.884/19.

Critérios relacionados	Sub índices Temáticos	Siglas	Porcentagem (%)
Qualidade Ambiental dos Recursos Hídricos	Mananciais de Abastecimento	IrMA	10
	Tratamento de Esgotos	IrTE	20
Disposição Final Adequada de Resíduos Sólidos	Destinação de Resíduos	IrDL	20
	Remediação de Vazadouros	IrRV	5
Existência e Efetiva implantação de áreas protegidas	Áreas Protegidas (todas as Ucs)	IrAP	36
	Áreas Protegidas Municipais (apenas Ucs Municipais)	IrAPM	9
<b>ÍNDICE DE CONSERVAÇÃO AMBIENTAL FINAL</b>		<b>IFCA</b>	<b>100</b>

Fonte: Notas técnicas ICMS ecológico 2020 – INEA, adaptado pelo autor.

O aumento dos critérios de avaliação para aterros licenciados e para os vazadouros em remediação com licenciamento concomitante a operação que tratam o lixiviado, também pode representar um novo incentivo a destinação adequada no Estado do Rio de Janeiro e para novos investimentos de melhorias dos sistemas de tratamento do lixiviado.

É esperado que uma vez dada maior importância na avaliação dos aterros que realizam a remediação, o incentivo será maior para investimento e aprimoramento das estratégias utilizadas. Os critérios de avaliação do repasse do ICMS Ecológico foram reformulados gerando os valores atuais que serão considerados para a consolidação de repasse de recursos para o ano de 2020. É importante ressaltar também que segundo a PNRS e o PERS/RJ todos os lixões devem ser remediados após seu fechamento, portanto estes incentivos se alinham com avanços nas políticas de destinação adequada.

Na Tabela 4 apresenta-se os critérios de avaliação atuais do ICMS Ecológico em comparação com os anteriores ao decreto nº 46.884, publicado em 19 de dezembro de 2019.

Tabela 4 - Comparativo dos critérios de avaliação do ICMS Ecológico para vazadouros e aterros.

Item	Tipo de Destinação	Fator Base de Avaliação (TD)	Novo Fator Base de Avaliação (TD)
1	Vazadouro/Lixão	0	0
2	Vazadouro em Remediação com Operação Concomitante licenciado, com tratamento de percolado e/ou com captação e queima de gases	1	3
3	Aterro Sanitário licenciado	6	8
4	Coprocessamento	7	5
5	Unidade de Recuperação Energética de Resíduos Sólidos	9	9

Fonte: Notas técnicas ICMS ecológico 2020 e base de dados 2019 CEPERJ, adaptado pelo autor.

### 3.3. Corpos hídricos receptores dos lixiviados na RH V

Na Tabela 5 (página 77) apresenta-se o mapeamento dos corpos hídricos potencialmente receptores do lixiviado efluente dos aterros sanitários e vazadouros da RH V.

Tabela 5. Corpos hídricos receptores e principais das sub bacias dos aterros sanitários e vazadouros da RH.

<b>Aterro</b>	<b>Tipo de destinação final</b>	<b>Corpo hídrico receptor ou próximo ao empreendimento</b>	<b>Tratamento do Chorume</b>	<b>Inseridos na RH V</b>
Bongaba	Aterro controlado	Rio Inhomirim	RECIRCULADO	SIM - SUBCOMITÊ OESTE
Itaborai	CTR	Caceribu	SIM	SIM - SUBCOMITÊ LESTE
Gramacho	Aterro controlado	Rio Sarapuí	NÃO	SIM - SUBCOMITÊ OESTE
Gericinó	Aterro controlado	Riacho Cabral	NÃO	SIM - SUBCOMITÊ OESTE
Itaoca	Aterro controlado	Rio Salgueiro	SIM	SIM - SUBCOMITÊ LESTE
São gonçalo	CTR	Rio imboassu, Rio guaximdiba, Rio Alcântara	SIM	SIM - SUBCOMITÊ LESTE
Belford roxo	CTR	Córrego das velhas - tributário do Rio botas	SIM	SIM - SUBCOMITÊ OESTE
Morro do ceu	Aterro controlado	ETE icaraí - Baía de Guanabara	SIM - ETE	SIM - SUBCOMITÊ ITAIPU E PIRATININGA
Seropédica	CTR	Rio Guandu, Lajes e seus afluentes	SIM	NÃO
Nova iguaçu	CTR	Rio botas, Rio Iguaçu	SIM	SIM - SUBCOMITÊ OESTE
Babi	Vazadouro desativado	Córrego das velhas tributário do rio botas	NÃO	SIM - SUBCOMITÊ OESTE

Fonte: Licenças ambientais das centrais de tratamento de resíduos, aterros controlados e vazadouros segundo levantamento do autor no site do INEA na seção de consulta a processos.

Em relação ao aterro de Jardim Gramacho, a Autorização Ambiental de Funcionamento da ETC foi aprovada no mês de maio de 2020, porém o aterro passou por um período onde as atividades da estação ficaram paralisadas, e de forma complementar foram acrescentadas condicionantes que já haviam sendo pleiteadas no TAC assinado em 2017 e que não estavam sendo cumpridas. Em Gericinó, a estação de tratamento de lixo está em processo de aprovação e licenciamento. Já o vazadouro desativado do Babi não possui medidas de tratamento de lixo e proteção ambiental, apresentando um grande potencial poluidor.

A CTR Santa Rosa atualmente possui uma condicionante em sua licença para definir que a destinação de lixo pode ser enviada para ETE somente com autorização prévia do INEA. O percolato é enviado para tratamento externo porque a estação de tratamento não comporta a produção do efluente nos meses mais chuvosos.

A região Oeste é a que apresenta mais problemas com relação à gestão do lixo em aterros de grande porte pela presença de Jardim Gramacho. Os rios da região apresentam, de maneira geral, padrão de qualidade de águas ruim, como

classificado pelo monitoramento do INEA (2020). Como consequência, degradam a Baía de Guanabara, intensificando processos de assoreamento das margens, do fundo e diminuição do oxigênio dissolvido (SEA, 2015).

Como dado complementar o GT Chorume disponibilizou o parecer técnico de disposição inadequada de efluentes, da Secretaria de Meio Ambiente, Agricultura e Abastecimento de Duque de Caxias realizado no aterro de Jardim Gramacho em 2015. O parecer indica que a região é caracterizada por área comprometida pela expansão urbana, distando apenas 10 m do manguezal que faz divisa com o aterro sanitário. Apresentando também consequências diretas no rio Sarapuí e Baía de Guanabara, por meio da disposição inadequada de resíduos.

A vistoria realizada identificou diversas poças de lixiviado nas estradas próximas ao aterro, consequência da aspersão in natura, realizada pela empresa Gás Verde S. A. Também foram encontrados diversos focos e acúmulos do percolado provenientes do seu vazamento nos arredores do empreendimento. A conclusão do parecer foi emissão de multa para a empresa operadora pelas violações ambientais.

Outras evidências mais recentes identificam os problemas encontrados em Jardim Gramacho. No dia 11 de março de 2020 a Secretaria Estadual de Meio Ambiente e Sustentabilidade (SEAS) em uma ação conjunta com o INEA realizaram uma operação de fiscalização e repressão à crimes ambientais e operações ilegais de empresas na região do aterro sanitário de Gramacho. A operação contou com o apoio da Polícia Ambiental e Delegacia de Proteção ao Meio Ambiente, pois as ações ilegais no território são conduzidas muitas vezes por organizações criminosas (INEA, 2020).

No momento da ação, cinco empresas foram flagradas praticando irregularidades ambientais como descumprimento de condicionantes de licença ambiental, poluição de solo, ausência de manifesto de resíduos e operar sem a licença ambiental de operação, enquanto que uma das empresas, teve as suas atividades parcialmente suspensas. Duas pessoas foram também foram detidas por transportar resíduos sem o devido manifesto de transporte (INEA,2020).

Segundo Mario Moscatelli (2020), que sobrevoou a região do aterro de Gramacho, o tráfico em Caxias tem lucrado com a disposição final do lixo, cobrando taxas para sua destinação inadequada em áreas delimitadas pelas organizações criminosas. Outro fator

agravante é que estas áreas clandestinas estão cada vez mais próximas a Baía de Guanabara.

Na Figura 18 apresenta-se a imagem dos lixões clandestinos identificados na operação de fiscalização realizada pelo INEA e SEAS.

Figura 18 - Lixões clandestinos em operação de fiscalização do INEA e SEAS.



Fonte: INEA, publicada na sua *home page* oficial em 11 de março de 2020.

Na Figura 19 apresenta-se a imagem dos lixões clandestinos identificados pelo Biólogo Mario Moscatelli e publicadas também em matéria do G1, endereço eletrônico de notícias do jornal O Globo.

Figura 19 - Lixões clandestinos nos arredores de Gramacho.



Fonte: G1 publicada em 25 de janeiro de 2020.

Por meio da análise das bases de dados obtidos com as visitas técnicas do GT Chorume e licenças ambientais das áreas de disposição final investigada, foi possível mapear o cenário dos corpos hídricos críticos pelo potencial lançamento de lixiviado na RH V. Além dos rios Imboassu, Caceribu, Inhomirim, Sarapui e Iguaçu, as visitas do GT Chorume identificaram outros rios de relevância que deveriam ser monitorados, como os rios Guaxindiba, Alcântara, Igua ou Calundu, Guapimirim e Macacu.

O mapa apresentado na Figura 9 foi elaborado segundo dados do ICMS Ecológico e dados complementares fornecidos pela SEAS (2019) (figura 6), e apresenta a situação dos vazadouros na RH V, além de indicar que ainda existem lixões desativados, mas sem remediação nas regiões dos municípios de Guapimirim, Rio Bonito, Tanguá e Cachoeiras de Macacu. O mapa também indica um cenário agravante para o potencial aporte de lixiviado nos rios inseridos no Subcomitê Leste da Baía de Guanabara. A região é caracterizada por grande rede de drenagem e zona de captação para abastecimento a partir dos rios Caceribu e Macacu (SEAS, 2015) e, portanto, é de alta importância para a preservação hídrica. A qualidade de suas águas só se caracteriza como boa nas nascentes dos seus rios, em regiões onde a ação antrópica é dificultada pela declividade (INEA, 2020).

É possível enxergar, portanto, que as regiões com maior carga potencial receptora de lixiviado são as compreendidas nos Subcomitês Leste e Oeste da RH V da Baía de Guanabara (Figura 20).

Os vazadouros de Itapeba e Caxito no município de Maricá não devem ser desconsiderados, apesar de não contribuírem potencialmente para o aporte de lixiviado na Baía de Guanabara, estes podem trazer problemas para a qualidade ambiental das águas do sistema lagunar local.

O Rio da Bota e Rio das Velhas são tributários do Rio Iguaçu e desembocam na Baía de Guanabara. Já os rios da porção leste têm seu deságue na APA de Guapimirim ou na Baía.



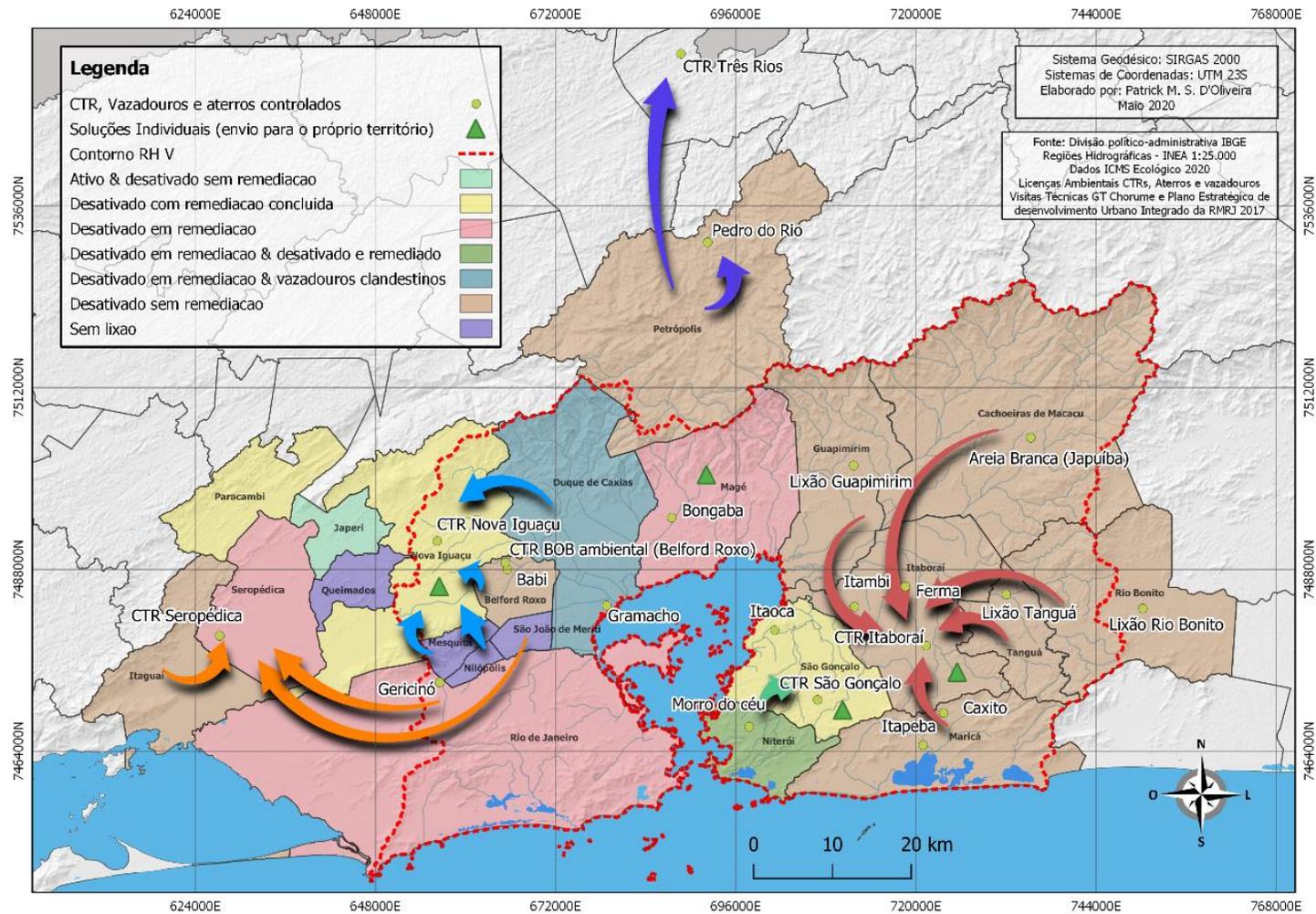
### **3.4. Cenário da situação das áreas de disposição final investigadas com base nos dados dos relatórios de visitas técnicas do GT Chorume**

O mapeamento da destinação de resíduos sólidos também foi feito com base nos dados fornecidos pelos operadores de aterros da RMRJ, complementados com dados do Plano Estratégico de Desenvolvimento Urbano Integrado da Região Metropolitana do Rio de Janeiro. Assim, foi possível estabelecer uma análise comparativa com os dados avaliados do ICMS Ecológico.

Na Figura 21 (página 83) apresenta-se a identificação de uma grande quantidade de vazadouros desativados principalmente na região Leste e também na porção Oeste da RH V, que ainda carecem de remediação. O mapa ainda considera o município de Petrópolis, que possui uma pequena parcela do seu território na região Oeste da RH V, seus resíduos são enviados para o norte do estado, destinados aos aterros Pedro do Rio e CTR Três Rios.

A região Leste também sofre com a problemática da disponibilidade hídrica, segundo o CBH-BG em seu plano diretor de 2005, e o Plano Estadual de Recursos Hídricos do Rio de Janeiro (2014). A região Oeste, por sua vez, ainda conta com vazadouros sem remediação em Babi e Jardim Gramacho, que também apresenta o aparecimento de vazadouros clandestinos. Magé e Rio de Janeiro, segundo essa fonte de dados, se caracterizam como municípios com aterros e vazadouros em remediação.

Figura 21 - Destinação de resíduos e situação dos vazadouros e aterros sanitários na RMRJ e RH V.



Fonte: Base de dados INEA, IBGE, ICMS Ecológico e dados fornecidos pelos relatórios de visitas técnicas do GT Chorume.

### 3.5. Identificação de inconsistências dos dados investigados

Comparando as bases de dados obtidos nas visitas do GT Chorume, ICMS Ecológico e licenças ambientais foi possível identificar inconsistências e avaliar quais dados estão mais próximos da realidade, como apresentando na Tabela 6.

Tabela 6 - Comparativo dos dados de vazadouros e aterros levantados pelo ICMS ecológico e Operadores de CTRs.

MUNICÍPIO	ICMS ECOLÓGICO		VISITAS GT CHORUME	LICENÇAS
	Existe vazadouro não remediado ou sem licenciamento?	Existe vazadouro em remediação?	Situação de vazadouros	licenças de recuperação de vazadouros e licenças de CTRs
<b>Belford Roxo</b>	não	não	Desativado sem remediação	CTR paralisado
<b>Cachoeiras de Macacu</b>	sim	não	Desativado sem remediação	não encontrada licença
<b>Duque de Caxias</b>	sim	não	Aterro Metropolitano de Jardim Gramacho desativado em remediação. Os bairros contíguos apresentam lixões clandestinos	Aterro desativado
<b>Guapimirim</b>	sim	não	Desativado sem remediação	não encontrada licença
<b>Itaboraí</b>	sim	não	Desativado sem remediação	CTR funcionando
<b>Magé</b>	sim	não	Aterro controlado de Bongaba desativado em remediação	Aterro funcionando com licença e em remediação
<b>Maricá</b>	sim	não	Desativado sem remediação	Não encontrada licença
<b>Mesquita</b>	não	não	Sem lixão	Não encontrada licença
<b>Nilópolis</b>	não	não	Sem lixão	Não encontrada licença
<b>Niterói</b>	sim	não	Morro do Céu desativado em remediação e Morro do Bumba desativado e remediado	Aterro remediado e funcionando
<b>Nova Iguaçu</b>	sim	não	Desativado com remediação concluída	Aterro funcionando com licença
<b>Rio Bonito</b>	sim	não	Desativado sem remediação	não encontrada licença
<b>Rio de Janeiro</b>	sim	não	Lixão de Bangu desativado em remediação	Aterro funcionando em remediação
<b>São Gonçalo</b>	não	sim	Desativado com remediação concluída	Aterro de Itaoca funcionando em remediação
<b>São João de Meriti</b>	sim	não	Sem Lixão	Não encontrada licença
<b>Seropédica</b>	não	não	Desativado em remediação	Aterro funcionando com licença
<b>Tanguá</b>	sim	não	Desativado sem remediação	Não encontrada licença

Fonte: Licenças Ambientais, ICMS ecológico e Vistas técnicas do GT Chorume, elaborado pelo autor.

Os dados do ICMS Ecológico são informados pelos municípios, mas considera-se que haja erros no preenchimento ou, em muitos casos, o não atendimento dos prazos de entrega das planilhas ao INEA.

É possível verificar que os dados dos municípios Itaguaí, Japeri, Magé, Niterói, Nova Iguaçu, Queimados, São Gonçalo e Seropédica apresentaram inconsistências. Em Itaguaí a existência de vazadouro sem remediação não é indicada pelo ICMS, enquanto que os documentos e informações do GT Chorume informam que existe um vazadouro desativado, porém em processo de remediação.

Em Japeri, os dados do GT Chorume apontam que existem dois vazadouros, um sem remediação e desativado e outro ativo, enquanto que segundo o ICMS existe apenas um vazadouro em processo de remediação.

Em relação ao município de Niterói, foi possível verificar na licença do aterro Morro do Céu, que o antigo vazadouro está remediado e o aterro atual somente recebe resíduos públicos de poda e varrição, porém, foi informado ao ICMS que ainda existe vazadouro não remediado ou sem licenciamento. A mesma situação ocorre em Nova Iguaçu e Queimados.

No que tange a São Gonçalo, os dados obtidos com os operadores de Itaoca indicam remediação concluída, porém na licença ambiental consta em remediação. Pode-se concluir, portanto, que a licença não foi atualizada.

Outra informação importante em relação a destinação de resíduos, é que Maricá, segundo seu plano municipal integrado de resíduos sólidos, envia seus resíduos para Itaboraí, e, de acordo com informações obtidas pelos operadores de aterros e apresentadas na Figura 9, os resíduos estariam sendo enviados para São Gonçalo.

Esse mesmo problema também foi verificado em planilha do ICMS Ecológico 2020, no qual consta que o município de Magé envia seus resíduos para o CTR Seropédica. No entanto, dados obtidos pelo GT Chorume, além do contato com representante da prefeitura de Magé e as observações colhidas nas licenças ambientais, confirmaram que os resíduos são enviados para célula emergencial licenciada no aterro de Bongaba.

Por fim, para Seropédica, os dados obtidos pelo GT Chorume, indicam que há um aterro em remediação na região. Porém, só foi encontrada licença para a CTR Seropédica, que está em funcionamento atualmente.

Desta maneira, é possível concluir que existem inconsistências de dados relacionados à maioria dos aterros, sendo 5 deles inseridos dentro da região hidrográfica V da Baía de Guanabara. Estas inconsistências podem se traduzir em diferenças dos períodos de atualização de licenças e erros no preenchimento do ICMS Ecológico, quando comparados com os dados obtidos com os operadores dos aterros.

A disparidade dos dados é um ponto relevante observado nesta pesquisa, pois suas divergências podem gerar análises equivocadas se somente uma das fontes de dados for utilizada. É possível concluir, então, que a unificação de dados institucionais se faz necessária para a correta formação de cenários e para que as conclusões geradas desses cenários estejam de acordo com a realidade, auxiliando na tomada de decisão e planejamento das ações por aqueles responsáveis pelas águas da RH V.

#### 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O mapeamento realizado a partir das bases de dados pesquisadas possibilitou a identificação de quais os aterros sanitários, controlados e vazadouros precisam regularizar a gestão do lixiviado, como o caso de Jardim Gramacho, Belford Roxo, Bongaba e dos vazadouros desativados sem remediação nas porções Leste e Oeste da RH V.

Foi possível identificar também os corpos hídricos que recebem lixiviado tratado ou que podem potencialmente ter problemas de contaminação por meio desse efluente. Os corpos hídricos que, portanto, merecem atenção no seu monitoramento são: Caceribú, Iguazu, Inhomirim, Alcântara, Macacu, Guaxindiba, Igua ou Calundu, Guapimirim, Sarapuí e Imboassu.

Segundo os dados de licenças ambientais, visitas técnicas do GT Chorume e ICMS Ecológico, pôde ser construído um cenário quantitativo da gestão do lixiviado das centrais de tratamento de resíduos, aterros controlados e vazadouros na RH V. O levantamento realizado na RH V identificou 8 vazadouros desativados sem remediação como em Guapimirim, Tanguá, lixão de Areia Branca, Ferma, Itambi, Caxito, Itapeba e Babi. Um total de 4 aterros controlados foram verificados em processo de remediação, como, Bongaba, Itaoca, Gericinó e Gramacho, bem como potenciais vazadouros clandestinos no entorno do aterro de Jardim Gramacho. Além disso, foram identificados vazamentos de lixiviado no aterro de Jardim Gramacho e no CTR Seropédica.

Entre os vazadouros desativados 2 apresentam impactos relacionados ao sistema lagunar de Maricá, como os do Caxito e Itapeba não apresentando impactos diretos na bacia hidrográfica drenante para a Baía de Guanabara.

Foi possível também consolidar as bases de dados do ICMS Ecológico e das visitas técnicas do GT Chorume para o mapeamento da logística de destinação de resíduos na RMRJ e RH V. A atualização e clareza desses dados é de grande importância para os responsáveis pela governança das águas estruturarem melhor

os projetos de mitigação e despoluição da Baía. Atualmente, a RH V não possui consórcios intermunicipais em operação, apenas dois consórcios formalizados para a destinação final dos resíduos na baixada fluminense, como o Serrana II e o Consórcio Baixada Fluminense.

O mapeamento dos municípios que obtiveram um melhor desempenho de conservação ambiental (IFCA) e índices IRDL e IRRV, permitiu identificar as regiões que podem receber auxílio para melhorar seu desempenho ambiental por meio de instituições públicas, privadas ou aquelas responsáveis pela governança das águas na RH V.

Os municípios do Estado do Rio de Janeiro, em sua maioria, apresentaram decréscimo da qualidade de destinação final e remediação de vazadouros quando comparados com os anos de 2018 (ano de referência) e 2020, conforme índices apresentados pelo ICMS Ecológico. As novas mudanças realizadas no ICMS, com aumento de pontuação para remediação de vazadouros e sistemas de aproveitamento energético em aterros sanitários, poderão ser um novo incentivo à melhores práticas ambientais.

As divergências encontradas nas bases de dados podem ser atribuídas ao preenchimento da planilha do ICMS Ecológico, às diferenças de inserção ou consolidação dos dados ao longo do tempo ou até mesmo à descontinuidade da atualização interna nas prefeituras. Como exemplo disso, 10 aterros e vazadouros investigados na RH V tiveram dados inconsistentes, como Japeri, Magé, Belford roxo, Itaguaí, Niterói, Nova Iguaçu, queimados, São Gonçalo, São João de Meriti e Seropédica.

Diante dessa situação, recomenda-se que as informações contidas nas licenças ambientais e aquelas apresentadas por órgãos públicos oficiais sejam consideradas prioritariamente para a tomada de decisão. Pois o ICMS Ecológico é auto declaratório e pode conter erros de preenchimento pelos municípios, apesar de ser considerado como um documento oficial com dados consolidados municipais em relação aos resíduos e remediação de vazadouros.

Portanto, o ICMS Ecológico é uma ferramenta que estimula projetos ambientais e investimentos de gestão nos municípios, mas ainda não é uma ferramenta amplamente considerada como essencial para gerar um cenário de

qualidade ambiental referente à destinação adequada de resíduos e remediação de vazadouros, visto que são ainda utilizados dados de geração de resíduos do Plano Estadual e existem divergências sobre situação atual de vazadouros. Entretanto, as informações fornecidas ao sistema ICMS Ecológico podem ser utilizadas como ferramentas para o acompanhamento da qualidade ambiental de destinação de resíduos e operação de aterros.

Na RH V, também estão localizados 7 vazadouros desativados sem remediação e vazadouros clandestinos ativos localizados próximo a Jardim Gramacho. Dessa forma, o cenário da gestão de resíduos na região é insatisfatório frente às recomendações e diretrizes federais, o que pode se traduzir em problemas mais duradouros de qualidade ambiental das águas ao longo dos próximos anos, pois a destinação inadequada de resíduos ocasiona maior geração do lixiviado sem as medidas ambientais de proteção, assim como a disposição direta em corpos hídricos.

A qualidade das águas da RH V é bastante impactada pela poluição industrial e principalmente pela falta de saneamento básico. Diversos estudos para melhoria neste setor foram realizados, no entanto não foram implementados. A população do estado do Rio de Janeiro e conseqüentemente, aquela inserida na RH V, ainda se desenvolve e expande a malha urbana no território, o que agrava o cenário de destinação de resíduos sólidos. Portanto, a coleta seletiva e reaproveitamento energético de resíduos são estratégias que podem ser valorizadas na região, colocando em ação as diretrizes propostas pelo PERS/RJ.

É importante destacar que os aterros sanitários são soluções de destinação final que necessitam de grandes áreas para sua instalação, como ocorre também no caso do Rio de Janeiro e, portanto, a longo prazo não é uma solução sustentável. Grande parcela dos resíduos enviados para estes aterros ainda possui potencial remanescente de reaproveitamento, seja energético ou de reciclagem. Portanto, a redução da geração de lixiviado deve ser pensada não somente a curto prazo como tem ocorrido através das estações de tratamento *in loco* e de alto custo de manutenção e operação, mas deve ser também planejada para a sustentabilidade em um horizonte mais amplo. Os pequenos municípios atualmente não possuem capacidade para gerir aterros que atendam às suas necessidades de destinação final de resíduos, por isso é também importante que sejam incentivadas as soluções

regionais e consorciadas como recomendado pelo PERS/RJ para a destinação final de resíduos.

Dessa forma, no momento atual, a gestão pública de resíduos no Estado do Rio de Janeiro deve procurar ampliar sua destinação final consorciada entre os municípios e evitar o aparecimento de novos lixões, enquanto paralelamente, fortalece suas ferramentas e estratégias para levar educação ambiental à população e estabelecer uma cultura voltada para a não geração e reaproveitamento de resíduos sólidos urbanos, também incentivando cooperativas de catadores, uma melhor triagem, e melhor cobertura para coleta seletiva.

#### **4.1. Sugestões para trabalhos futuros**

Este trabalho contribuiu para a identificação e construção do cenário atual de aterros sanitário e vazadouros encontrados na RH V e que potencialmente podem influenciar no lançamento de lixiviado nos corpos hídricos. Porém, ainda é necessário quantificar e entender a vazão exata que é lançada na Bacia Hidrográfica sem qualquer tratamento, principalmente por parte dos lixões desativados sem remediação.

Outros estudos pontuais podem ser realizados, como campanhas de monitoramento da qualidade da água, avaliando sua contaminação por lixiviado, fora dos aterros, em regiões estratégicas que concentram a vazão dos principais corpos hídricos da RH V e que são afluentes ao espelho d'água da Baía de Guanabara.

O aterro controlado de Jardim Gramacho ainda precisa adequar seu tratamento de lixiviado às condicionantes estabelecidas pelo TAC firmado com o INEA em 2017. Estudos podem ser realizados para se acompanhar os efeitos ao longo do tempo, na qualidade das águas dos rios próximos ao aterro, para que a região não sofra com demais extravasamentos do percolado, e conseqüentemente para que sejam estabelecidas estratégias de revitalização ambiental mais eficazes na região.

## 5. REFERÊNCIAS

ALCANTARA, P. B. *Avaliação da influência da composição de resíduos sólidos urbanos no comportamento de aterros simulados*. 2007. 366 f. Tese de Doutorado (Programa de Pós-Graduação em engenharia Civil) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2007.

AHMED, F.N.; LAN, C.Q. Treatment of landfill leachate using membrane bioreactors: A review. *Desalination*, v. 287, p. 41–54, 2012.

ALENCAR, Emanuel. *Baía de Guanabara: descaso e resistência*. 1 ed. Rio de Janeiro: Mórula editorial, 2016.

BAETTKER, E. C.; KOZAK, C.; KNAPIK, H. G.; AISSE, M. M. Applicability of conventional and non-conventional parameters for municipal landfill leachate characterization. *Chemosphere*, v. 251, 2020.

BAPTISTA, V. F. As políticas públicas de coleta seletiva no município do Rio de Janeiro: onde e como estão as cooperativas de catadores de materiais recicláveis? *Revista de Administração Pública*, Rio de Janeiro, v. 49, n. 1, p. 141-164, jan./fev. 2014.

BOU, A. S. F.; PEREIRA, B. C.; SILVA, L. D. B.; FERRIERA, J. A.; CAMPOS, J. C.; NASCENTES, A. L. Remoção da cor no tratamento combinado de lixiviado de aterro sanitário e esgoto doméstico via processo PACT. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, Rio de Janeiro, 2017.

BRASIL. Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. *Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil*, Brasília, DF Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm)>. Acesso em: 26 out. 2019.

\_\_\_\_\_. MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. *Política Nacional de Resíduos Sólidos*. Disponível em: <<https://www.mma.gov.br/cidades-sustentaveis/residuos-solidos/politica-nacional-de-residuos-solidos#:~:text=A%20Lei%20n%C2%BA%2012.305%2F10,manejo%20inadequado%20dos%20res%C3%ADduos%20s%C3%B3lidos>>. Acesso em: 10 jan. 2020.

\_\_\_\_\_. MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. *Planos municipais de Gerenciamento Integrado de Resíduos sólidos*. Disponível em: <<https://www.mma.gov.br/cidades-sustentaveis/residuos-solidos/instrumentos-da-politica-de-residuos/planos-municipais-de->

gest%C3%A3o-integrada-de-res%C3%ADduos-s%C3%B3lidos.html>. Acesso em: 10 jan. 2020.

BRITTO, A. L. N. DE P. *Instrumentos metodológicos para estimular a formação de consórcios públicos voltados para gestão integrada dos serviços de saneamento*. Brasília: Funasa; Ministério da Saúde; Fundação Nacional de Saúde, maio 2014.

CAMPOS, J.C.; MACHADO, B. S.; BLONSKI, E. D.; BILA, D. M.; FERREIRA, J. A. Evaluation of coagulation/flocculation process in the landfill leachate treatment at the Municipal Wastewater Treatment Plant. *Rev. Ambient. Água*. V. 8, p. 43–53, 2013.

\_\_\_\_\_. Avaliação do potencial poluidor de lixiviados de aterros de resíduos sólidos urbanos situados no estado do rio de janeiro. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 30., 2019, Natal. *Anais...* Natal: ABES, 2019.

ÇEÇEN, F.; AKTAS, Ö. Aerobic Co-Treatment of Landfill Leachate with Domestic Wastewater. *Environmental Engineering Science*, v. 21, n. 3, p. 303-312, 2004.

CUNHA, C. E. S. C. P; RITTER, E.; FERREIRA, J. A. O uso de indicadores de desempenho na avaliação da qualidade operacional dos aterros sanitários do estado do Rio de Janeiro no triênio 2013–2015. *Engenhara Sanitária e Ambiental*, Rio de Janeiro, v. 25, n. 2, p. 345-360, 2020.

CHRISTENSEN, T.H. *Solid Waste Technology & Management*. John Wiley and Sons, Ltd, Chichester, 2011.

COELHO, Vitor. *Baía de Guanabara: Uma história de agressão ambiental*. 1 ed. Rio de Janeiro: Casa da Palavra, 2007.

CONSELHO ESTADUAL DE RECURSOS HÍDRICOS. Resolução CERHI-RJ nº 107, de 22 de maio de 2013. Aprova nova definição das regiões hidrográficas do Estado do Rio de Janeiro e revoga a Resolução CERHI nº 18 de 08 de novembro de 2006. *Diário Oficial do Estado do Rio de Janeiro*, Rio de Janeiro, RJ, 12 jun. 2013. p. 35.

\_\_\_\_\_.; INSTITUTO ESTADUAL DO AMBIENTE. *Plano Estadual de Recursos Hídricos do Estado do Rio de Janeiro*. Documento elaborado pela Fundação Coordenação de Projetos, Pesquisas e Estudos Tecnológicos - COPPETEC. Laboratório de Hidrologia e Estudos Ambientais (LabHid). Rio de Janeiro: LabHid, 2014a.

COSTA, A. M.; ALFAIA, R. G. de S. M.; CAMPOS, J. C. Landfill leachate treatment in Brazil – An overview. *Journal of Environmental Management*, Rio de Janeiro, v. 232, p. 110–116, 2019. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301479718312714>>. Acesso em: 10 nov. 2019.

COSTA, M. A. M. Da lama ao caos: um estuário chamado Baía de Guanabara. *Cadernos Metrópole*, São Paulo, v. 17, n. 33, p. 15–39, 2015. Disponível em: <[https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S223699962015000100015&script=sci\\_arttext](https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S223699962015000100015&script=sci_arttext)>. Acesso em: 20 nov. 2019.

COSTA, G. M. *O ICMS Ecológico como Ferramenta de Incentivo ao Desenvolvimento das Agendas Ambientais Municipais*. 2019. 38 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Direito), Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2019.

MATTA, J. L. F. *Contribuição do ICMS ecológico para a conservação ambiental municipal no estado do rio de janeiro*. 2015. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Direito e Políticas Públicas) - Universidade Federal do estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2015.

DINIZ, D. T. L. *Remoção de Nitrogênio Amoniacal de Lixiviado de Aterro de resíduos sólidos por precipitação química com formação de estruvita*. 2010. 111 f. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental) – Universidade de Brasília, Brasília, 2010.

EL-FADEL, M.; BOU-ZEID, E.; ALAYLI, B. Temporal variation of leachate quality from pre-stored and baled municipal solid waste with high organic and moisture content. *Waste Management*, Lebanon, v. 22, n. 3, p. 269–282, 2002.

FAYER, A.; ARTEAGA, D.; VASCONCELOS, L. Parque Gramacho: ressignificação de um lixão. In: Congresso Nacional de excelência em Gestão, 12., 2016, Rio de Janeiro. *Anais eletrônicos...* Inovarse: 2016. Disponível em: [http://www.inovarse.org/sites/default/files/T16\\_079.pdf](http://www.inovarse.org/sites/default/files/T16_079.pdf). Acessado em: 13 jun. 2020

FERREIRA, J. A.; SILVA, C. A.; RESENDE, A. T. Projeto Baía Limpa: Monitoração de Ambientes Marinhos degradados por Resíduos Sólidos na Baía de Guanabara. *Revista de Gestão Costeira Integrada*, Rio de Janeiro, v. 11, n. 1. p 103-113, 2011.

FERREIRA, S. A.; PIMENTA, M. M.; MACEDO, M. A. S.; DE SIQUEIRA, J. R. M. Impacto do ICMS Ecológico nos Investimentos em Saneamento e Gestão Ambiental: Análise dos Municípios do Estado do Rio de Janeiro. *Revista de Gestão Ambiental e Sustentabilidade*, vol. 4, n. 2, maio/ago. 2015.

GALLAS, J. D. F.; TAIOLI, F.; SILVA, S. M. C. P.; COELHO, O. G. W.; PAIM, P. S. G. Contaminação por chorume e sua detecção por resistividade. *Revista Brasileira de Geofísica*, v. 23, n. 1, p. 51-59, 2005.

GIORDANO, G. (ed.); BARBOSA FILHO, O. (ed.); CARVALHO, R. J. *Processos físico-químicos para tratamento do chorume de aterros de resíduos sólidos urbanos*. Rio de Janeiro: Faculdade de Engenharia - UERJ, 2011. E-book (179 p.) (Coletânea em Saneamento Ambiental – série temática tecnologias ambientais, v. 4). ISBN: 978-85-64386-04-4.

GOMES, L. P. (Coord). *Resíduos sólidos: Estudos de Caracterização e Tratabilidade de Lixiviados de Aterros Sanitários para as Condições Brasileiras*. 1 ed. Rio de Janeiro: ABES, 2009. 360 p. (PROSAB - Programa de Pesquisa em Saneamento Básico, v. 4.). ISBN: 978-85-7022-163-6.

HEBER, F.; SILVA, E. M. D. Institucionalização da Política Nacional de Resíduos Sólidos: dilemas e constrangimentos na Região Metropolitana de Aracaju (SE). *Revista Administração Pública*, Rio de Janeiro, v. 48, n. 4, p. 913-937, 2014.

HELENE, L. P. I.; MOREIRA, C. A. Geofísica aplicada no monitoramento de aquífero fraturado contaminado por chorume. *Revista de águas Subterrâneas*. Disponível em: <https://aguassubterraneas.abas.org/asubterraneas/article/view/29305/18908>. Acessado em: 20 abr. 2020.

KJELDSEN, P.; BARLAZ, M. A.; ROOKER, A. P.; BAUN, A.; LEDIN, A.; CHRISTENSEN, T. H. Present and long-term composition of MSW landfill leachate: A review. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*, Lyngby, v. 32, n. 4, p. 297–336, 2002.

LAVNITCKI, L.; BAUM, C. A.; BECEGATO, V. A. Política Nacional dos Resíduos Sólidos: abordagem da problemática no Brasil e a situação na região sul. *Revista Ambiente e Educação*, Santa Catarina, v. 23, n. 3, p. 379-401, 2018.

INSTITUTO BAÍA DE GUANABARA. Manguezais. Disponível em: [http://baiadeguanabara.org.br/site/?page\\_id=4773](http://baiadeguanabara.org.br/site/?page_id=4773)>. Acesso em 29 fev. 2020.

INSTITUTO ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE. *ATA da 527ª Reunião Ordinária de Licenciamento Ambiental do Condir do dia 20/05/2020*.

MANNARINO, C. F.; FERREIRA, J. A.; CAMPOS, J. C.; RITTER, E. Wetlands for landfill leachate treatment - experiments at the Pirai landfill and at the Gramacho metropolitan landfill (RJ). *Engenharia Sanitária e Ambiental*. v. 11, p. 108–112, 2006.

MANNARINO, C. F.; MOREIRA, J. C.; FERREIRA, J. A.; ARIAS, A. R. L. Avaliação de impactos do efluente do tratamento combinado de lixiviado de aterro de resíduos sólidos urbanos e esgoto doméstico sobre a biota aquática. *Ciência & Saúde Coletiva*, v. 18, n. 11, p 3235- 3243, 2013.

MILANEZ, B. (cord.); MASSUKADO, L. M. (cord.). *Diagnóstico dos resíduos sólidos urbanos*. Brasília: Ipea, 2012. 82 p. Relatório Técnico.

INSTITUTO MODELAR A METRÓPOLE. Plano estratégico de desenvolvimento Urbano da Região Metropolitana do Rio de Janeiro. Disponível em: <<https://www.modelarametropole.com.br/>>. Acesso em 15 abr. 2020.

MORAES, J. L. D. Os consórcios públicos e a gestão integrada de resíduos sólidos em pequenos municípios do estado do Ceará, Brasil. *Revista Geonorte*, v. 3, n. 4, p. 1171-1180, 2012.

MORAVIA, Wagner Guadagnin. *Avaliação do tratamento de lixiviado de aterro sanitário através de processo oxidativo avançado conjugado com sistema de separação por membranas*. 2010. 262 f. Tese de doutorado (Programa de Pós-graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2010.

MORAIS, J. L.; ZAMORA, P. P. Use of advanced oxidation processes to improve the biodegradability of mature landfill leachates, *J. Hazard. Mater*, v. 123 p. 181 -186, 2006.

PABLOS, M.V.; MARTINI, F.; FÉRNANDEZ, C.; BABÍN, M. M.; HERRAEZ, I.; MIRANDA, J.; MARTÍNEZ, J.; GARBONELL, G.; SAN-SEGUNDO, S.; GARCIA-HORTIGUELA, P.; TARAZONA, J. V. Correlation between physicochemical and ecotoxicological approaches to estimate landfill leachate landfill. *Waste management*, Madrid, v. 31, n. 8, p. 1841-1847, 2011.

PAIXÃO FILHO, J. L. P. *Lixiviado de aterro sanitário: alternativas de tratamento para o cenário brasileiro*. 2017. 246 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas, São Paulo, 2017.

PEDRETE, T. A. *Determinação de metabólitos de hidrocarbonetos policíclicos aromáticos em bÍlis de peixes da Baía de Guanabara- RJ*. 2010. 100 f. Monografia, Universidade Santa Úrsula, Rio de Janeiro, 2010.

PREFEITURA DE PETRÓPOLIS. Petrópolis Incluída no Plano Metropolitano do Estado do Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://www.petropolis.rj.gov.br/pmp/index.php/imprensa/noticias/item/12188-petr%C3%B3polis-inclu%C3%ADda-no-plano-metropolitano-do-estado-do-rio.html>>. Acesso em: 17 abr. 2020.

PLANO ESTADUAL DE RECURSOS HÍDRICOS DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO. Fundação Coordenação de Projetos, Pesquisas e Estudos Tecnológicos - COPPETEC. Laboratório de Hidrologia e Estudos Ambientais (LabHid. Rio de Janeiro: LabHid, 2014b. 69p. Relatório Gerencial.

PRODERJ. Fundação CEPERJ: Centro Estadual de Estatísticas, Pesquisas e Formação de Servidores Públicos do Rio de Janeiro. *Guia ICMS Ecológico*. 2020. Disponível em: <<http://www.ceperj.rj.gov.br/>>. Acesso em 21 fev. 2020.

REIS, D.; FRIEDE, R.; LOPES, F. H. P. Política Nacional de Resíduos Sólidos e educação Ambiental. *Revista Interdisciplinar de Direito*. V. 14, n. 1, p. 99-111, 2017.

RENOU, S.; GIVAUDAN, J. G.; POULAIN, S.; DIRASSOUYAN, F.; MOULIN, P. Landfill leachate treatment: Review and opportunity. *Journal of Hazardous Materials*, v. 150, n. 3, p. 468–493, 2008.

RIO DE JANEIRO. Secretaria Estadual de Meio Ambiente e Sustentabilidade; Instituto Estadual do Meio Ambiente. *Notas técnicas ICMS Ecológico*, Rio de Janeiro: INEA, 2020.

\_\_\_\_\_. Lei 3239, de 02 de agosto de 1999. Dispõe sobre Política estadual de recursos hídricos, institui a política estadual de recursos hídricos; cria o sistema estadual de gerenciamento de recursos hídricos; regulamenta a constituição estadual, em seu artigo 261, parágrafo 1º, inciso vii; e dá outras providências. *Diário Oficial do Estado do Rio de Janeiro*, Rio de Janeiro, RJ, 02 ago. 1999.

\_\_\_\_\_. Comitê Guandu, 2013. Disponível em: <<https://www.comiteguandu.org.br/legislacoes/ResolucoesCERHI/Resolucao-CERHI-107.pdf>>. Acesso em: 6 jan. 2020.

\_\_\_\_\_. Companhia Estadual de Águas e Esgotos - CEDAE. *Programa de Despoluição da Baía de Guanabara*. Disponível em: <[https://www.cedae.com.br/despoluicao\\_baia\\_guanabara](https://www.cedae.com.br/despoluicao_baia_guanabara)>. Acesso em: 23 abr. 2020.

\_\_\_\_\_. Instituto Estadual do Meio Ambiente. Rio de Janeiro. *ATA da 428ª Reunião Ordinária de Licenciamento Ambiental do Condir realizada em 25 de abril de 2018*, p. 1- 3. Disponível em: [http://www.inea.rj.gov.br/institucional/sobre-o-condir/reunioes-de-licenciamento-ambiental/?ic\\_title=BABI&ic\\_data\\_inicio=&ic\\_data\\_fim=](http://www.inea.rj.gov.br/institucional/sobre-o-condir/reunioes-de-licenciamento-ambiental/?ic_title=BABI&ic_data_inicio=&ic_data_fim=). PDF. Acesso em: 10 fev. 2020

\_\_\_\_\_. Instituto Estadual do Meio Ambiente. Rio de Janeiro. *ATA da 474ª Reunião Ordinária de Licenciamento Ambiental do Condir realizada em 03 de abril de 2019*. Disponível em: <[http://www.inea.rj.gov.br/institucional/sobre-o-condir/reunioes-de-licenciamento-ambiental/?ic\\_title=BABI&ic\\_data\\_inicio=&ic\\_data\\_fim=](http://www.inea.rj.gov.br/institucional/sobre-o-condir/reunioes-de-licenciamento-ambiental/?ic_title=BABI&ic_data_inicio=&ic_data_fim=)>. Acesso em: 10 fev. 2020.

\_\_\_\_\_. Procuradoria Geral do Estado. Termo de ajustamento de Conduta Nº 06/17 Processo Nº E-07/002.10400/2016, 24/10/2017.

\_\_\_\_\_. Procuradoria Geral do Estado. Termo de ajustamento de Conduta Nº 07/17 Processo E-07/002.6489/15, Rio de Janeiro, 8 de nov. 2017.

\_\_\_\_\_. Procuradoria Geral do Estado. Termo de Ajustamento de Conduta Processo Nº E-07/002.6489/15. Rio de Janeiro, 3 de jun. 2015. Disponível em: <<http://www.inea.rj.gov.br/wp-content/uploads/2019/06/inea0171566-1.pdf>>. Acesso em: 10 out. 2019.

\_\_\_\_\_. Resolução CERHI-RJ nº 117, de 19 de fevereiro de 2014. Dispõe sobre a aprovação do plano estadual de recursos hídricos do Estado do Rio de Janeiro (PERHI-RJ). *Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil: Poder Executivo*, Brasília, DF, 19 fev. 2014.

\_\_\_\_\_. Resolução CERHI-RJ nº210 de 11 de dezembro de 2018. Aprova o plano de aplicação plurianual, para os anos de 2019 a 2022, dos recursos financeiros constantes no FUNDRHI da subconta do comitê da região hidrográfica da Baía de Guanabara e dos sistemas lagunares de maricá e Jacarepaguá – CBH-BG. *Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil*, Rio de Janeiro. 2018

\_\_\_\_\_. Instituto Estadual do Ambiente. *Secretaria do Ambiente divulga tabela do ICMS Verde 2014*. Disponível em: <<http://www.inea.rj.gov.br/Portal/Noticias/INEA0020187#ad-image-0>>. Acesso em 21 fev. 2020.

\_\_\_\_\_. Instituto Estadual do Ambiente. *Secretaria de Estado do Ambiente e Sustentabilidade e Inea deflagram operação para coibir crimes ambientais em Jardim Gramacho, Duque de Caxias*. Disponível em:

<<http://www.inea.rj.gov.br/secretaria-de-estado-do-ambiente-e-sustentabilidade-e-inea-deflagram-operacao-para-coibir-crimes-ambientais-em-jardim-gramacho-duque-de-caxias/>>. Acesso em: 20 jul. 2020.

\_\_\_\_\_. Secretaria de Estado do Ambiente. Relatório ICMS Ecológico 2014. Disponível em: <http://www.ceperj.rj.gov.br/Conteudo.asp?ident=84>. Acesso em 15 set. 2019.

\_\_\_\_\_. Secretaria do Estado do Ambiente e Sustentabilidade; KCI TECHNOLOGIES inc. *Diagnóstico do Estado da Baía de Guanabara*. Rio de Janeiro: SEAS, 2015. Relatório técnico.

\_\_\_\_\_. Secretaria Estadual de Meio Ambiente e Sustentabilidade. *Panorama da Gestão de Resíduos Sólidos no Estado do Rio de Janeiro*. Rio de Janeiro, 2019. Disponível em: <<http://www.comitepiabanha.org.br/conteudo/Seminario-Saneamento-terceiro.pdf>>. Acesso em 5 fev. 2020.

\_\_\_\_\_. Secretaria Estadual de Meio Ambiente e Sustentabilidade. *Programa de Saneamento Ambiental dos Municípios do entorno da Baía de Guanabara (PSAM): Coletor Tronco Faria Timbó*, 2020. Disponível em: <<http://www.psam.eco.br/coletor-tronco-faria-timbo/>>. Acesso em: 15 abr. 2020.

\_\_\_\_\_. Secretaria de Meio Ambiente agricultura e Abastecimento de Duque de Caxias. *Parecer técnico – disposição inadequada de efluentes*. Disponível em: <<https://www.slideshare.net/MarceloForest/parecer-tnico-aterro-jardim-gramacho-empresa-gs-verde-s-a>>. Acesso em: 16 jun. 2020.

RODRIGUES, F. S. F.; BILA, D. M.; CAMPOS, J. C.; SANT'ANNA JR., G. L.; DEZOTTI, M. Sequential treatment of an old-landfill leachate. *International Journal of Environment and Waste Management*, v. 4, n. 3-4, p. 445-456, 2009.

ROCHA, C. H. B.; AZEVEDO, L. P. Avaliação da presença de metais pesados nas águas superficiais da Bacia do Córrego São Mateus, Juiz de Fora (MG), Brasil. *Revista Espinhaço*, v. 4, n. 2, p. 33-44, 2015.

SILVA, A. C.; DEZOTTI, M.; SANT'ANNA JR., G. L. Treatment and detoxification of a sanitary landfill leachate. *Chemosphere*, v. 55, n. 2, p. 207-214, 2004.

SCHIRMER, W. N.; JUCÁ, J. F. T.; SCHULER, A. R. P.; HOLANDA, S.; JESUS, L. L. Methane production in anaerobic digestion of organic waste from recife (brazil) landfill: evaluation in refuse of diferent ages. *Brazil Journal of Chemical Engineering*, Parana, v. 31, n. 2, p. 373-384, 2013.

SPOKAS, K.; BOGNER, J.; CHATON, J. P.; MORCET, M.; ARAN, C.; GRAFF, C.; MOUREAU LE-GOLVAN, Y.; HEBE, I. Methane mass balance at three

landfill sites: what is the efficiency of capture by gas collection systems? *Waste Management*, v. 26, n. 5, p. 516-525, 2006.

TATSI, A. A.; ZOUBOULIS, A.I.; MATIS, K.A.; SAMARAS, P. Coagulation–flocculation pretreatment of sanitary landfill leachates. *Chemosphere*, v. 53, p. 737–44, 2003.

TECNOLOGIA EM MEIO AMBIENTE LTDA – TECMA. *Aterros sanitários: Plantas de tratamento, águas & efluentes*. Disponível em: <[https://d335luupugsy2.cloudfront.net/cms/files/64470/1536759969CASE\\_-\\_ATERROS\\_SANITRIOS.pdf](https://d335luupugsy2.cloudfront.net/cms/files/64470/1536759969CASE_-_ATERROS_SANITRIOS.pdf)>. Acesso em: 20 jul, 2020.

TOZETTO, C. M. *Modelagem matemática de aterros sanitários com a simulação hidrológica da geração de lixiviado: estudo de caso do aterro sanitário de Curitiba*, 2008. 153 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental, Universidade Federal do Paraná, Paraná, 2008.

VAN ELK, A. G. H. P. *Mecanismo de Desenvolvimento Limpo aplicado a resíduos sólidos: Redução de emissões na disposição final*. v 3, 40 p. Rio de Janeiro: IBAM. 2007.

VAN ELK, A. G. P. H.; SANTOS, J. E. S.; FERREIRA, J. A. *Os maiores geradores de resíduos da região metropolitana do estado do rio de janeiro: sua gestão dentro da perspectiva da política nacional de resíduos sólidos*. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Ambiental e Sanitária, 30 *Anais...* Natal: ABES, 2019, p. 1- 6.

WISZNIOWSKI, J.; ROBERT, D.; SURMACZ-GORSKA, J.; MIKSCH, K.; WEBER, J. V. Landfill leachate treatment methods: a review. *Environ. Chem. Lett*, v. 4, p. 51–61, 2006.

YANG, N.; DAMGAARD, A.; LU, F.; SHAO, L.; BROGAARD, L. K.; HE, P. Environmental impact assessment on the construction and operation of municipal solid waste sanitary landfills in developing countries: China case study. *Waste Management, China*, v. 34, n. 5, p. 929-937, 2014.

XIE, Z.; WANG, Z.; WANG, Q.; ZHU, C.; WU, Z. An anaerobic dynamic membrane bioreactor (AnDMBR) for landfill leachate treatment: Performance and microbial community identification. *Bioresource Technology*, Shanghai, v. 161, p. 29-39, 2014.