Boletim do Observatório Ambiental Alberto Ribeiro Lamego

Essentia EDITORA IFFLUMINENSE

Artigo Original
e-ISSN 2177-4560
DOI: 10.19180/2177-4560.v20n22026p44-71
Submetido em: 09 dez. 2025
Aceito em: 25 ago. 2026

Diagnóstico do gerenciamento da fração orgânica dos resíduos sólidos urbanos e o mapeamento de suas fontes geradoras no município de Itaboraí-RJ

Diagnosis of the management of the organic fraction of municipal solid waste and the mapping of its generating sources in the municipality of Itaboraí–RJ

Diagnóstico de la gestión de la fracción orgánica de los residuos sólidos urbanos y el mapeo de sus fuentes generadoras en el municipio de Itaboraí–RJ

Keroline de Souza Faria https://orcid.org/0009-0003-4422-9149
Instituto Federal Fluminense
Especialista em Energias e Sustentabilidade pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Fluminense (IFF). Licenciatura em Ciências Biológicas pela Universidade Federal Fluminense (UFF).
E-mail: keroline.sf@gmail.com

Renato Meira de Sousa Dutra https://orcid.org/0000-0001-6956-5542
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo
Doutor em Engenharia Ambiental pela Universidade Federal do Espírito Santo. Professor do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo.
E-mail: renato.dutra@ifes.edu.br

Resumo: No Brasil, 45,3% do resíduo sólido urbano é matéria orgânica, porém apenas 0,81% é compostado. Além disso, 41,5% desse resíduo é descartado inadequadamente em lixões ou aterros irregulares. A compostagem é uma solução sustentável para a gestão de resíduos e promove a economia circular. O objetivo do estudo foi diagnosticar o gerenciamento do resíduo orgânico em Itaboraí-RJ e identificar áreas favoráveis à instalação de pátios de compostagem. A pesquisa utilizou abordagem exploratória quantitativa e qualitativa com análise estatística espacial. Foram mapeados escolas, restaurantes e sítios por meio de geocodificação e Estimativa de Densidade Kernel, gerando mapas de calor. O estudo revelou lacunas e oportunidades sobre a gestão integrada e a compostagem no município, também identificou *hotspots* de geração de resíduos e áreas prioritárias para intervenção, indicando influência de fatores sociais, econômicos e ambientais sobre a distribuição das fontes geradoras. Conclui-se que forneceu bases concretas para políticas públicas, mas são necessários estudos mais aprofundados para fortalecer a compostagem e atingir as metas de sustentabilidade globais.

Palavras-chave: Compostagem. Resíduo sólido urbano. Gestão integrada. Sustentabilidade. Geoprocessamento.

Abstract: In Brazil, 45.3% of municipal solid waste is organic matter, yet only 0.81% is composted. Moreover, 41.5% of this waste is improperly disposed of in dumps or irregular landfills. Composting is a sustainable solution for waste management and promotes the circular economy. This study aimed to diagnose organic waste management in Itaboraí-RJ and identify suitable areas for installing composting facilities. The research adopted a quantitative and qualitative exploratory approach with spatial statistical analysis. Schools, restaurants, and farms were mapped through geocoding and Kernel Density Estimation, generating heat maps.

The study revealed gaps and opportunities in integrated management and composting, also identified *hotspot*s of waste generation and priority areas for intervention, indicating the influence of social, economic, and environmental factors on the distribution of generating sources. It concludes that the study provides concrete foundations for public policies, though further research is needed to strengthen composting practices and achieve global sustainability goals.

Keywords: Composting. Municipal solid waste. Integrated management. Sustainability. Geoprocessing.

Resumen: En Brasil, el 45,3% de los residuos sólidos urbanos corresponde a materia orgánica, pero solo el 0,81% es compostado. Además, el 41,5% de estos residuos se dispone inadecuadamente en vertederos a cielo abierto o rellenos irregulares. La compostación es una solución sostenible para la gestión de residuos y promueve la economía circular. Este estudio tuvo como objetivo diagnosticar la gestión de los residuos orgánicos en Itaboraí-RJ e identificar áreas adecuadas para la instalación de plantas de compostaje. La investigación adoptó un enfoque exploratorio cuantitativo y cualitativo con análisis estadístico espacial. Se mapearon escuelas, restaurantes y fincas mediante geocodificación y Estimación de Densidad Kernel, generando mapas de calor. El estudio reveló brechas y oportunidades en la gestión integrada y en la compostación, además de identificar zonas críticas de generación de residuos y áreas prioritarias para la intervención, indicando la influencia de factores sociales, económicos y ambientales en la distribución de las fuentes generadoras. Se concluye que el estudio ofrece bases concretas para las políticas públicas, aunque se requieren investigaciones adicionales para fortalecer las prácticas de compostaje y alcanzar los objetivos globales de sostenibilidad.

Palabras clave: Compostación. Residuo sólido urbano. Gestión integrada. Sostenibilidad. Geoprocesamiento.

1 Introdução

Conforme a Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (Abrelpe, 2020), no Brasil cerca de 45,3% do Resíduo Sólido Urbano (RSU) gerado é formado por matéria orgânica. Em 2023, essa fração orgânica foi estimada em cerca de 37 milhões de toneladas, sendo que apenas 300 mil toneladas (0,81%) foram para as unidades de compostagem (Abrema, 2024). Além disso, 58,5% dos RSU coletados em 2023 foram encaminhados para a disposição final ambientalmente adequada em aterro sanitário e 41,5% para disposição final ambientalmente inadequada em lixão e aterro controlado ou foram queimados (Abrema, 2024).

A disposição final ambientalmente inadequada gera chorume, gases de efeito estufa (GEE) e vários impactos ambientais negativos como a contaminação do solo, da água, do ar, além de favorecer a proliferação de agentes patogênicos e animais vetores de doenças, o que representa uma séria ameaça para a saúde da população e o meio ambiente (UNEP, 2024). Entretanto, a compostagem é uma das principais estratégias recomendadas pelo Plano Nacional de Resíduos Sólidos (Planares) para o tratamento, a valorização do resíduo orgânico e para atingir as metas de redução dos impactos ambientais (Brasil, 2022). Também promove a economia circular e deve ser considerada como estratégia de intervenção para evitar impactos sociais e econômicos negativos (Circle Economy, 2021).

Ao reciclar o resíduo orgânico, devolvendo-o para o solo, a compostagem reduz a necessidade do uso de fertilizantes químicos, que são provenientes de fontes não-renováveis através da indústria petroquímica ou mineração. Também melhora a saúde do solo em relação à sua estrutura, fertilidade e retenção de água, o que leva a uma melhor produtividade agrícola e reduz a necessidade de corretivos sintéticos (Inácio & Miller, 2009). Além de favorecer o crescimento de comunidades microbianas que são benéficas para o solo, promovendo o crescimento das plantas, atraindo e mantendo animais que colaboram para o equilíbrio do

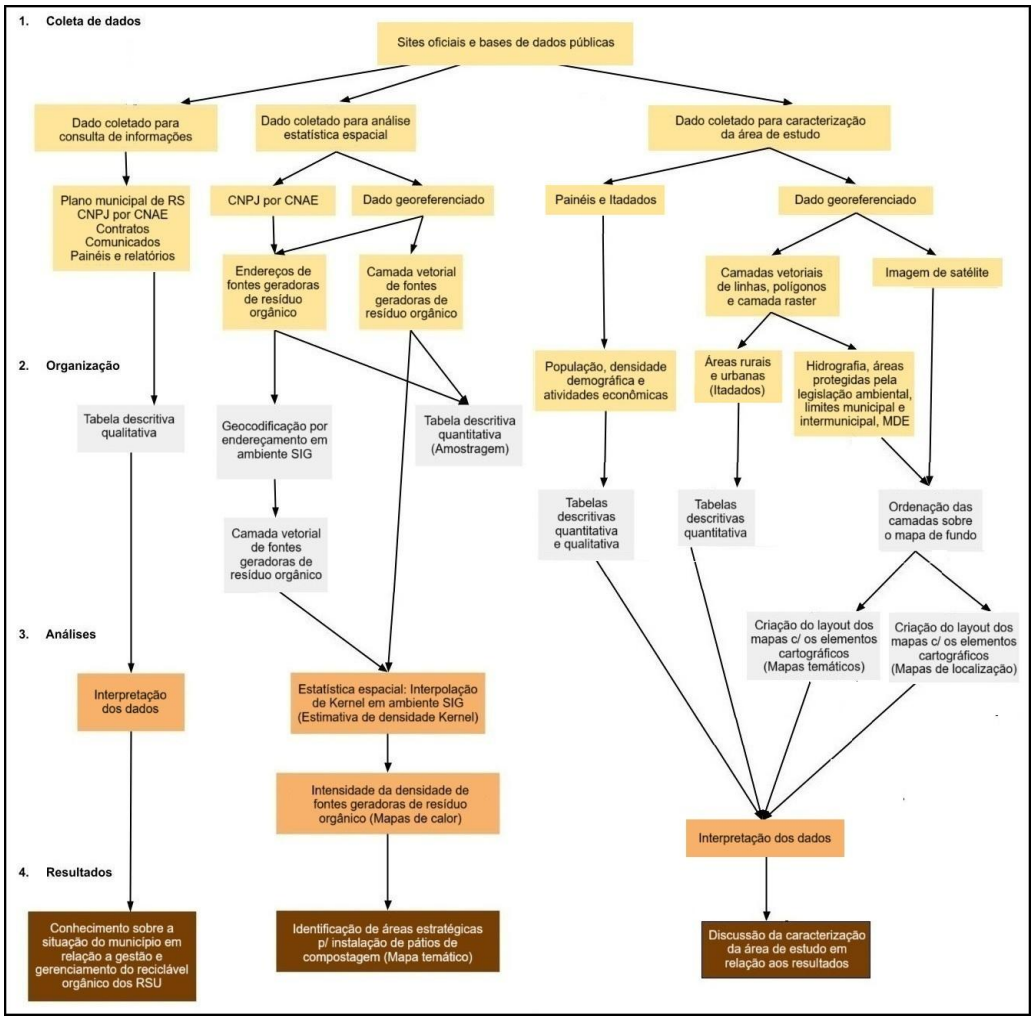
ecossistema, o que também contribui para a biodiversidade (Baretta, D. et al, 2011). Os produtos provenientes do processo de compostagem podem ser direcionados e vendidos para atender as demandas das atividades agrícolas, paisagismo urbano, passivos e compensações ambientais relacionados a recuperação do solo, áreas degradadas e/ou contaminadas, o que corrobora com as Estratégias 57 e 62 da Diretriz 4E do Planares (Brasil, 2022) e com o Programa Nacional de Recuperação de Áreas Contaminadas (Brasil, 2020).

Nesse contexto, este estudo visa mapear as fontes geradoras da fração orgânica dos RSU no município de Itaboraí e identificar as áreas favoráveis para instalação de pátios de compostagem em relação à densidade de fontes geradoras. Também visa compreender a gestão e mapear o gerenciamento municipal em relação a coleta seletiva do resíduo orgânico urbano e identificar se há usinas ou pátios de compostagem, aterros e lixões no município. Além de caracterizar a área de estudo em relação a fatores sociais, econômicos e ambientais, e analisar a influência desses fatores sobre a distribuição espacial de fontes geradoras.

2 Material e Métodos

Este estudo é uma pesquisa bibliográfica do tipo exploratória quantitativa e qualitativa. A metodologia proposta consiste em obter os dados através de buscas e consultas em portais de periódicos acadêmicos, sites oficiais e bases de dados públicas para a coleta de informações, dados georreferenciados e imagem de satélite; organizá-los em tabelas e quadros; fazer a interpretação das informações consultadas ou prepará-los para a técnica de geocodificação por endereçamento em ambiente de Sistema de Informação Geográfica (SIG). Os dados georreferenciados também formam a amostra do estudo e criam os mapas temáticos e de localização. A análise estatística espacial é aplicada aos dados georreferenciados, através da ferramenta Estimativa de Densidade Kernel, no software Quantum Geographic Information System (QGIS - versão 3.34), e geram os mapas de calor, conforme descrito no fluxograma do estudo (Figura 2-1).

Figura 2-1. Fluxograma do estudo com as etapas realizadas.

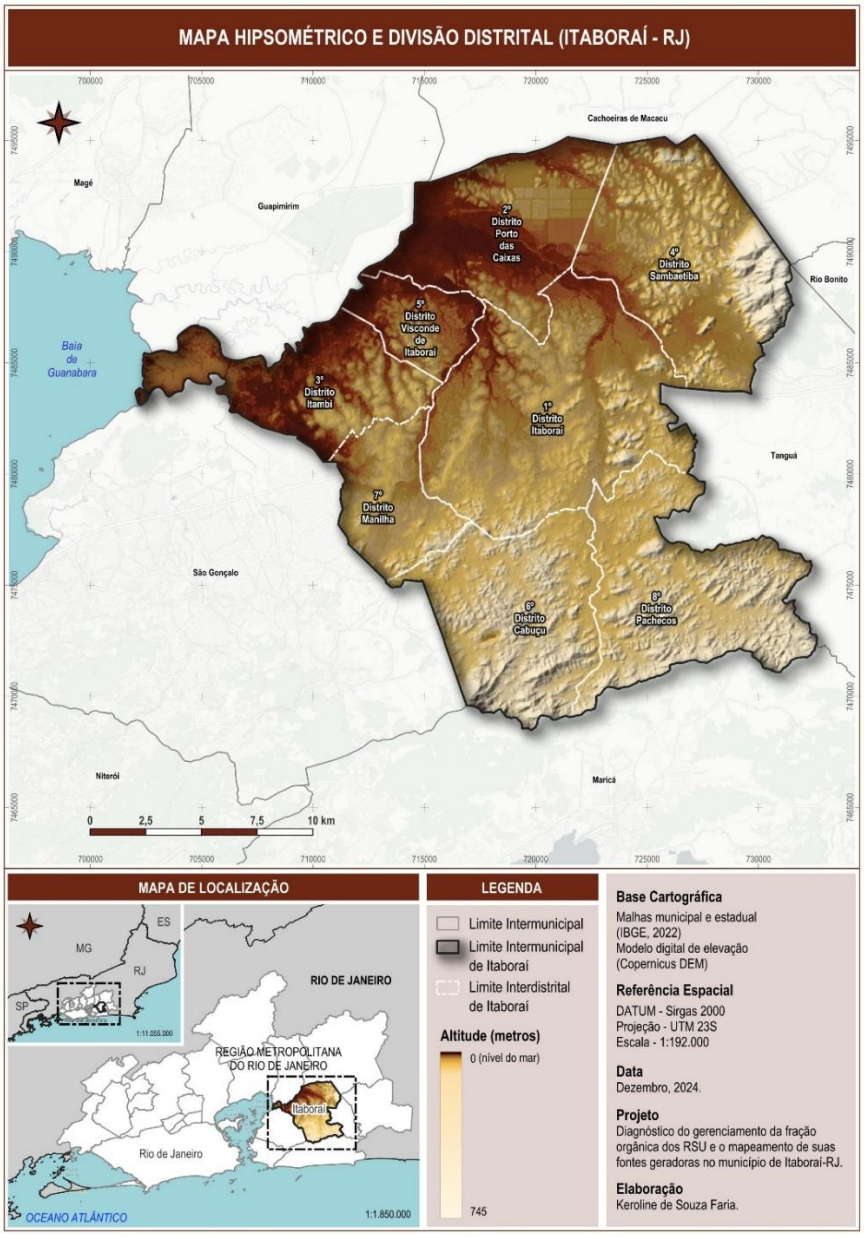


Fonte: Autoria Própria (2025).

2.1 Caracterização da área de estudo

O estudo foi realizado em Itaboraí, um município que faz parte da Região Metropolitana do Rio de Janeiro (RMRJ), a qual é formada por 22 municípios. Ele é um dos 7 que se localizam às margens da Baía de Guanabara, na Baixada litorânea do Rio de Janeiro, a 45 km de distância da metrópole. E segundo a prefeitura de Itaboraí, atualmente a divisão distrital é formada por 8 distritos, conforme o Mapa Hipsométrico e Divisão distrital (Figura 2-2). São eles: Cabuçu, Itaboraí, Itambi, Manilha, Pacheco, Porto das Caixas, Sambaetiba e Visconde de Itaboraí. O mapa hipsométrico é um tipo de mapa físico que representa a variação de altitude no relevo de uma região, através de uma escala de cores.

Figura 2-2. Mapa Hipsométrico e Divisão Distrital.



Fonte: Autoria Própria (2025).

Em relação à população e densidade demográfica por distrito, os mais populosos são Itaboraí (Centro), Manilha e Itambi e também são os mais povoados, porém Itaboraí é o distrito com a maior população e Manilha com a maior densidade demográfica do município, ou seja, mais povoado. Os distritos menos populosos são Porto das Caixas, Pacheco e Sambaetiba e também são os menos povoados. Mas apesar de Porto das Caixas ser o menos populoso, Pacheco é o distrito com a menor densidade demográfica do município, ou seja, menos povoado. Estes dados se apresentam conforme a tabela 2-1.

Tabela 2-1. População e densidade demográfica por distrito.

População e densidade demográfica por distrito			
Distrito	**Quantidade de habitantes**	**Tamanho da área (km²)**	**Densidade demográfica (habitantes/km²)**
1º (Itaboraí)	119.990 habitantes	93,04 km²	1.289,64 hab/km²
2º (Porto das Caixas)	2.830 habitantes	52,95 km²	53,44 hab/km²
3º (Itambi)	20.993 habitantes	43,22 km²	485,71 hab/km²
4º (Sambaetiba)	4.392 habitantes	71,45 km²	61,47 hab/km²
5º (Visconde de Itaboraí)	6.715 habitantes	18,13 km²	370,42 hab/km²
6º (Cabuçu)	6.100 habitantes	58,28 km²	104,67 hab/km²
7º (Manilha)	59.922 habitantes	26,97 km²	2.221,63 hab/km²
8º (Pacheco)	3.325 habitantes	65,92 km²	50,44 hab/km²
Total (município)	**224.267 habitantes**	**429,96 km²**	**521,59 hah/km²**

Fonte: Autoria Própria com dados de IBGE (2022).

O uso e ocupação do solo definiu as zonas urbana e rural do município. Conforme a tabela 2-2, podemos verificar que o distrito com a maior área urbana é o 1º distrito, o distrito central (Itaboraí) e junto com os distritos Manilha e Itambi, também são mais urbanos do que rural. A segunda maior área urbana está localizada no distrito de Porto das Caixas, que possui um polo industrial da Petrobras, o Complexo de Energias Boaventura. E os distritos mais rurais do que urbanos são Cabuçu, Pacheco e Sambaetiba, que também tem as maiores áreas rurais do município. Entre os quais o distrito de Pacheco possui a maior área rural do município.

As características físicas do município revelam como se desenvolveram as principais atividades econômicas no decorrer dos anos, e sua relação com o meio ambiente, seja nos meios de produção com a exploração dos recursos naturais, na instalação dos empreendimentos ou infraestruturas, os impactos ambientais e a localização geográfica. Esta relação entre as atividades econômicas e o meio ambiente é regulamentada sob estes aspectos no licenciamento ambiental, conforme a Resolução Conama nº 237 (Art. 1º, Inciso I, 1997). O quadro 2-1 apresenta as principais atividades econômicas realizadas no município até os dias de hoje.

Tabela 2-2. Uso e ocupação do solo: zonas rural e urbana por distrito.

Uso e ocupação do solo: zonas urbana e rural por distrito				
Distrito	**Tamanho da área urbana (km^2)**	**Tamanho da área rural (km^2)**	**Percentual de área urbana e rural (%)**	
1º (Itaboraí)	65,17 km^2	27,82 km^2	70,08 %	29,92 %
2º (Porto das Caixas)	42,07 km^2	10,52 km^2	79,99 %	20,01 %
3º (Itambi)	23,81 km^2	19,59 km^2	54,86 %	45,14 %
4º (Sambaetiba)	33,29 km^2	38,45 km^2	46,40 %	53,60 %
5º (Visconde de Itaboraí)	14,88 km^2	3,26 km^2	82,02 %	17,98 %
6º (Cabuçu)	8,97 km^2	49,20 km^2	15,42 %	84,58 %
7º (Manilha)	15,99 km^2	11,35 km^2	58,49 %	41,51 %
8º (Pacheco)	11,21 km^2	54,72 km^2	16,99 %	83,01 %
Total (município)	**215,39 km^2**	**214,91 km^2**	**50,06 %**	**49,94 %**

Fonte: Autoria Própria com dados de Itadados (2018).

Quadro 2-1. Atividades econômicas realizadas no município.

Atividades Realizadas no Município				
Atividade		**Período**	**Importância histórica e econômica**	**Recurso natural impactado**
Agrícola	Plantio de cana-de-açúcar	Século XVI	Exportação, História do Brasil colonial e imperial	Solo e Vegetação
	Plantio de mandioca			
	Plantio de café	Século XIX		
	Cultivo de laranja	Século XX	Exportação e Terra da Laranja	
	Frutíferas			
	Horticultura			
	Plantas ornamentais			
Produção de açúcar	Engenhos de açúcar	Século XVI	História do Brasil colonial e imperial	
Produção de aguardente				
Produção de farinha de mandioca				
Madeireira	Construção naval	Séculos XVI e XX	Exportação, Madeiras de Lei, História do Brasil colonial e imperial	Solo e Vegetação
	Construção civil			

Atividades Realizadas no Município				
Atividade		**Período**	**Importância histórica e econômica**	**Recurso natural impactado**
	Fabricação de móveis, peças e utensílios			
	Produção de lenha			
Pecuária	Pastagem para gado de corte e leiteira	Séculos XX e XXI		Solo e Vegetação
Construção civil	Portos fluviais	Séculos XVI e XX	História do Brasil colonial e imperial	Rios
	Ferrovias			Solo e Vegetação
	Estradas e Rodovias	Séculos XX e XXI		
	Loteamentos			
	Urbanização			
Cerâmica	Fabricação de peças, tijolos e telhas	Séculos XVI e XX	História do Brasil colonial e imperial	Solo e Rios
Mineração	Produção de cimento	Século XX	Construção da Ponte Rio-Niterói	Solo e Vegetação
Petroquímica	Instalação do empreendimento: Terraplanagem	Século XXI	Construção do COMPERJ	Solo e Vegetação

Fonte: Autoria Própria com dados de Itadados (2018).

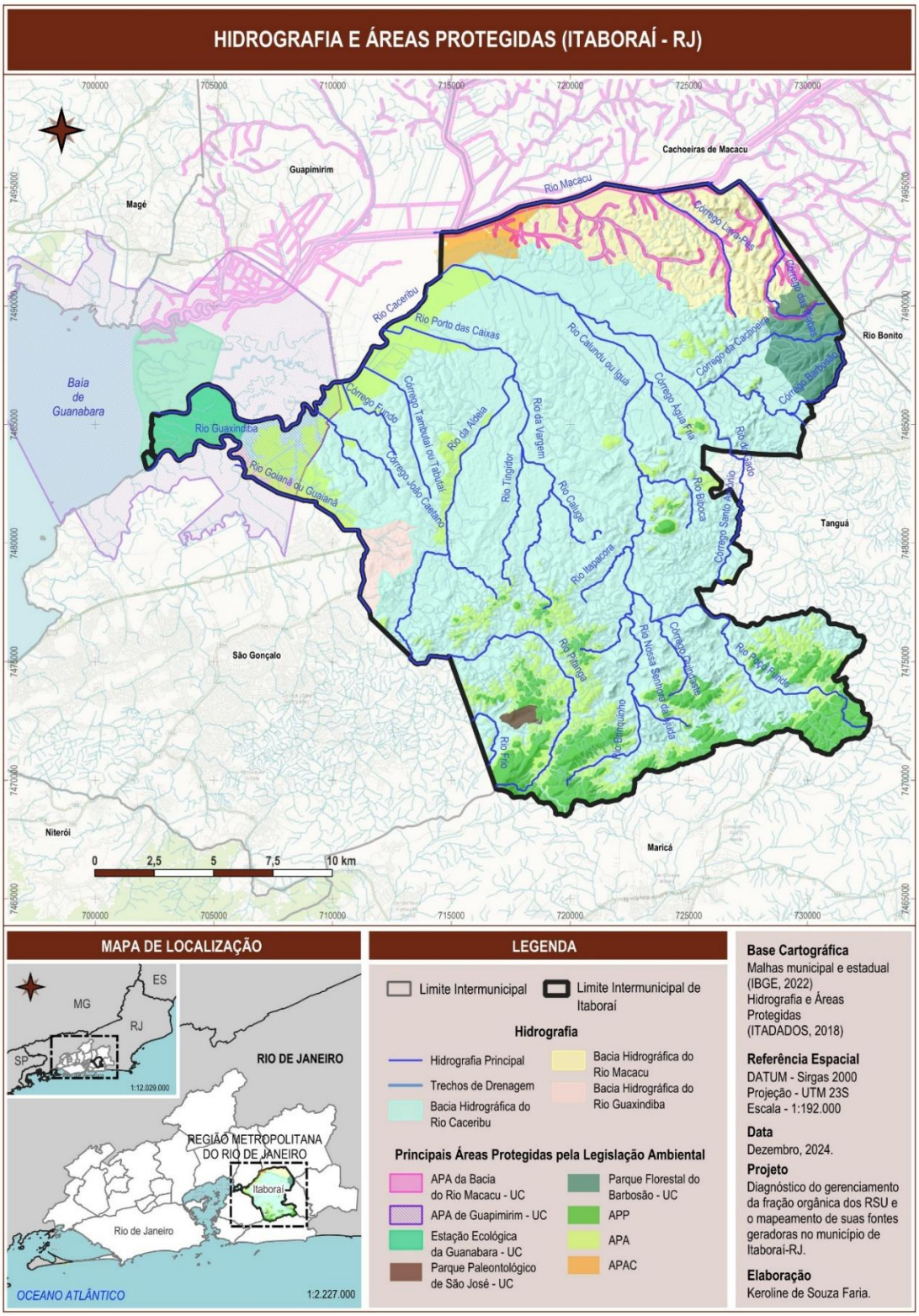
Assim, de acordo com o Itadados, documento técnico elaborado pela Secretaria Municipal de Meio Ambiente e Urbanismo (SEMAU) em 2018, podemos observar no mapa temático Hidrografia e Áreas protegidas (Figura 2-3) que Itaboraí está localizado numa região cujo relevo predominante é formado por planícies onde se concentram os principais rios que drenam as águas das três bacias hidrográficas nas quais o município está inserido. São as bacias dos rios Guapi-Macacu, Caceribu e Guaxindiba-Alcântara. A bacia hidrográfica do rio Caceribu ocupa a maior parte do município. Ele é um rio principal e tem a maior vazão de água da bacia, portanto recebe maior volume de água proveniente de todos os seus afluentes.

Os rios que dão nome às bacias hidrográficas da região deságuam na Baía de Guanabara e formam áreas sujeitas à inundação, um dos motivos pelos quais foi construído o Canal Imunana, outra grande obra de infraestrutura realizada na região. Esta obra conectou o rio Macacu com o rio Guapimirim para fazer o abastecimento de água de parte da RMRJ (sistema Guapi-Macacu), e o rio Caceribu deixou de ser afluente do rio Macacu.

Este mapa também apresenta outras formas de uso e ocupação do solo, que são as áreas protegidas pela legislação ambiental, como as UC, APA e a Área de Proteção Permanente (APP). Estas áreas são de extrema importância ambiental porque devem ser preservadas ou conservadas para manter os recursos naturais (meios físico e químico), a biodiversidade (meio biótico) e, consequentemente, os serviços ecossistêmicos. Conforme o Código Florestal (Brasil, 2012), em relação às áreas de APP, como por exemplo nascentes, mata ciliar, áreas

de encostas e topo de morro na regularização de imóveis rurais, ou uso sustentável, em relação às UC e APA, conforme o SNUC (Brasil, 2000).

Figura 2-3. Mapa Hidrografia e Áreas Protegidas.



Fonte: Autoria Própria (2025).

2.2 Metodologia de coleta de dados

2.2.1 Leis e regulamentos municipais

Foram consultados o Plano Diretor de Resíduos Sólidos de Itaboraí (Itaboraí, 2008) e o Plano Diretor de Desenvolvimento Integrado de Itaboraí (Itaboraí, 2006) através do Portal de Legislação do Município de Itaboraí para obter informações sobre a responsabilidade pela coleta e disposição final da fração orgânica correspondente de cada fonte de interesse do estudo. Consultou também o painel da Pesquisa de Informações Básicas Municipais (MUNIC), ano referência 2023, publicada no site do IBGE, para obter informações se o município realiza coleta seletiva, conforme o quadro a seguir:

Quadro 2-2. Coleta de dados de leis e regulamentos municipais.

Coleta de dados de Leis e Regulamentos Municipais	
Dado coletado	**Base de dados**
Plano Diretor de Resíduos Sólidos de Itaboraí	CESPRO - Portal de Legislação de Itaboraí/RJ
Plano Diretor de Desenvolvimento Integrado	CESPRO - Portal de Legislação de Itaboraí/RJ
Painel MUNIC - Resíduos Sólidos	IBGE Cidades - MUNIC - Suplemento de Saneamento Básico

Fonte: Autoria Própria (2025).

2.2.2 Identificação da infraestrutura existente

Foram identificadas as instalações (usinas ou pátios de compostagem, aterros sanitários ou controlados e lixões), ou a falta delas, através de consultas no painel da pesquisa MUNIC (2023), publicada no site do IBGE, consultas dos contratos de coleta, transporte, descarga, recebimento e disposição final dos RSU através do Portal da Transparência do Município de Itaboraí, e consultas no site da Orizon S.A. e da Wald AJ para obter outras informações, conforme o quadro a seguir:

Quadro 2-3. Coleta de dados para identificação da infraestrutura existente.

Coleta de dados para identificação da infraestrutura existente	
Dado coletado	**Base de dados**
Contratos e Termos aditivos	Portal Transparência Itaboraí/RJ - Editais e atos jurídicos - Contratos SEMSERP Nº 104/2023
	Portal Transparência Itaboraí/RJ - Editais e atos jurídicos - Termos aditivos SEMSERP Nº 104/2023
	Portal Transparência Itaboraí/RJ - Editais e atos jurídicos - Contratos SEMSERP Nº 86/2023
	Portal Transparência Itaboraí/RJ - Editais e atos jurídicos - Termos aditivos SEMSERP Nº 86/2023
Decisão e Plano de recuperação judicial	Ajwald - Recuperação judicial Grupo Estre - Peças processuais
Central de resultados (2024) - Release de resultados	Orizon S.A. - Investidores - Informações financeiras
Fato relevante (2022) - Aquisição ativos UPI aterros	Orizon S.A. - Investidores - Publicações CVM

Fonte: Autoria Própria (2025).

2.2.3 Análise estatística espacial

As amostras deste estudo foram formadas pela coleta do seguinte dado da fonte geradora de resíduo orgânico escolas públicas: a camada vetorial de pontos, no formato kml, obtida através do Itadados. Buscou-se as fontes geradoras de resíduo orgânico restaurantes, mercados, condomínios e hortos, pela Classificação Nacional de Atividades Econômicas (CNAE), com Cadastro Nacional de Pessoa Jurídica (CNPJ) ativo e localizados no município de Itaboraí, até os dias atuais, através do site Casa dos Dados. Esta empresa de tecnologia da informação disponibiliza uma interface paga capaz de fazer consulta avançada de empresas através da base de dados da Receita Federal. A consulta através de sua plataforma gerou uma planilha do Excel com todas as informações de cada empresa cadastrada no site da Receita Federal, incluindo o endereço. Os endereços obtidos das empresas foram usados para fazer a geocodificação por endereçamento em ambiente SIG, criar a camada vetorial de pontos e formar a amostra destas fontes geradoras.

Foram extraídas listas de endereços do navegador de busca Google Maps, no formato Excel, através da ferramenta gratuita de tecnologia da informação chamada Instant data scraper. Essa ferramenta possui uma interface que permite coletar dados estruturados em tabelas nos sites. As listas obtidas contêm endereços da fonte geradora de resíduo orgânico sítios, localizados em Itaboraí. Essas informações foram usadas para fazer a geocodificação por endereçamento em ambiente SIG, criar a camada vetorial de pontos e formar a amostra dessa fonte geradora, conforme o quadro a seguir:

Quadro 2-4. Coleta de dados para a análise estatística espacial.

Coleta de dados para a Análise Estatística Espacial				
Fonte geradora	**Base de dados/Ferramenta**	**Dado coletado**	**Objetivo**	**Amostra**
Escolas públicas	Itadados	Camada vetorial de "***n***" pontos em kml	A camada vetorial de "***n***" pontos já estava pronta. Formar a amostra.	***n*** = 72 escolas públicas
Restaurantes	Receita Federal/Casa dos Dados	"***n***" Endereços	Criar a camada vetorial de "***n***" pontos. Formar a amostra.	***n*** = 65 restaurantes
Mercados				***n*** = 26 mercados
Condomínios				***n*** = 66 condomínios
Hortos				***n*** = 9 hortos
Sítios	Google Maps/Instant Data Scraper	"***n***" Endereços	Criar a camada vetorial de "***n***" pontos. Formar a amostra.	***n*** = 81 sítios

Fonte: Autoria Própria (2025).

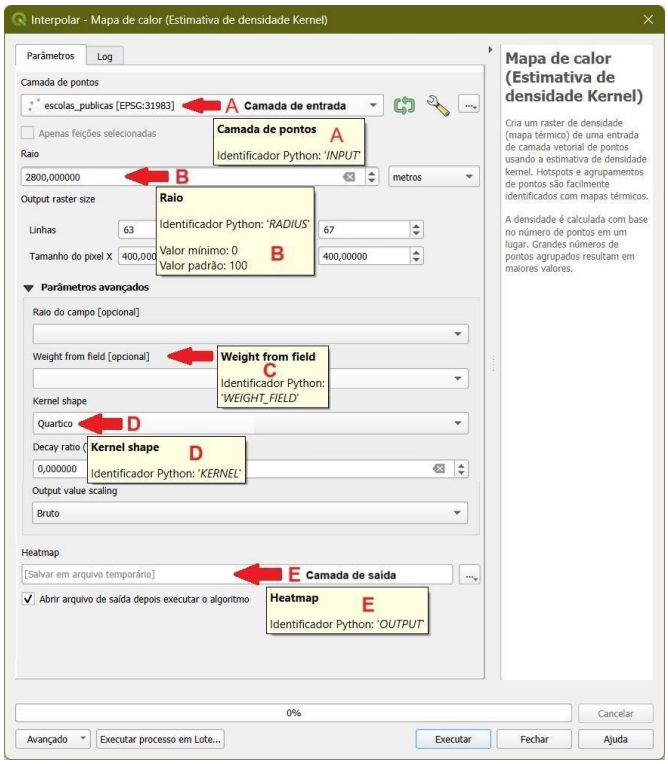
2.3 Metodologia de análise estatística espacial

2.3.1 Estimativa de Densidade Kernel

Foram criadas as camadas vetoriais de pontos de localização georreferenciados de cada fonte geradora de resíduo orgânico, através da geocodificação por endereçamento, usando a plataforma Mymaps do Google, para fazer a análise estatística espacial, pela ferramenta Estimativa de Densidade Kernel. A camada vetorial de pontos foi criada no formato kml e convertida para o formato shapefile, em ambiente SIG, através do software QGIS (versão 3.34). De modo que "n" endereços = "n" pontos = "n" fonte geradora.

Após criar as camadas vetoriais de pontos de cada fonte geradora, foi calculada a Estimativa de Densidade Kernel para gerar os mapas de calor de cada fonte geradora (Figura 2-6). As variáveis analisadas por esta ferramenta de estatística espacial são do tipo quantitativas: a quantidade de cada fonte geradora de resíduo orgânico (n) e a distância entre elas. Esta distância é calculada a partir da área circular definida pelo raio de influência (τ), cujo valor atribuído foi τ = 2800 m (Figura 2-4, item B), a nível de bairro, obtido a partir da média da maior distância de cada bairro do município. O campo de ponderação da ferramenta de estatística espacial não foi definido, uma vez que ele é opcional (Figura 2-4, item C) e não foram considerados neste estudo fatores de influência sobre as fontes geradoras de resíduo orgânico, que depende do objetivo do estudo. A função Kernel definida foi a Quártica (Figura 2-4, item D).

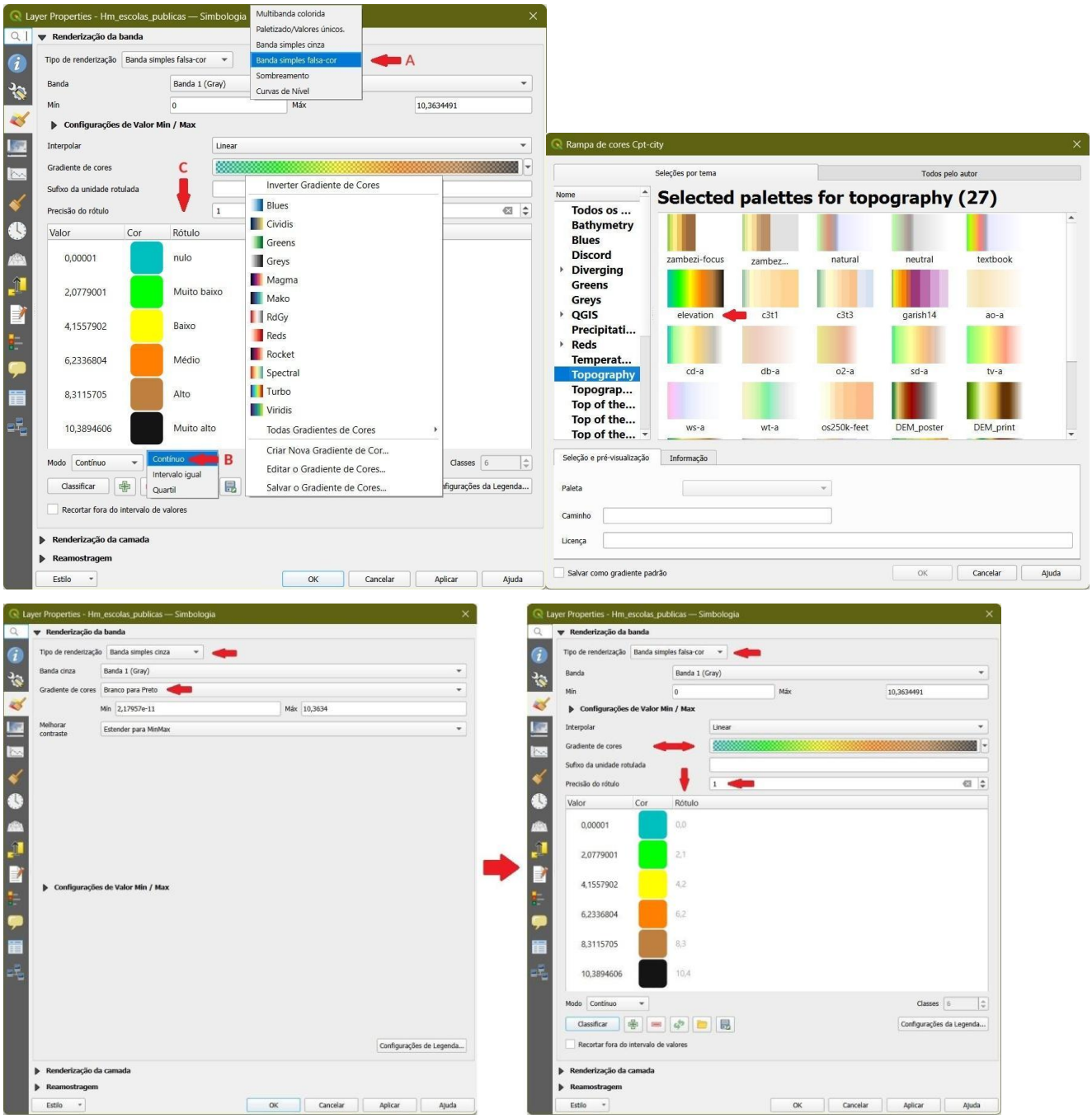
Figura 2-4. Configuração do interpolador de Kernel para mapeamento das fontes geradoras.



Fonte: Autoria Própria (2025).

Após a geração do mapa de calor, seus valores de densidade foram classificados pela renderização do tipo banda simples - falsa cor, em modo contínuo (Figura 2-5, itens A e B), para representá-los através de 6 cores (classes) de intensidade da densidade de fontes geradoras (Figura 2-5, item C), onde a cor preta tem potencial muito alto, marrom (alto), laranja (médio), amarelo (baixo), verde (muito baixo) e azul (nulo). O gradiente de cores escolhido foi da paleta de cores para topografia, chamada Elevation (Figura 2-5). Este gradiente remete ao relevo e, consequentemente, ao solo e a altitude, cujas cores frias se referem aos valores de médio a nulo nos intervalos de densidade de fontes geradoras (ver tabelas - Figura 2-6). Já as cores quentes se referem aos valores de médio a muito alto, o que traz a ideia de *hotspot*s e também lembra a cor de classificação das lixeiras para o resíduo orgânico e a cor do adubo. De modo que alta densidade de fontes geradoras corresponde às cores quentes e baixa densidade de fontes geradoras corresponde às cores frias.

Figura 2-5. Configuração da classificação de densidade das fontes geradoras (mapa de calor).

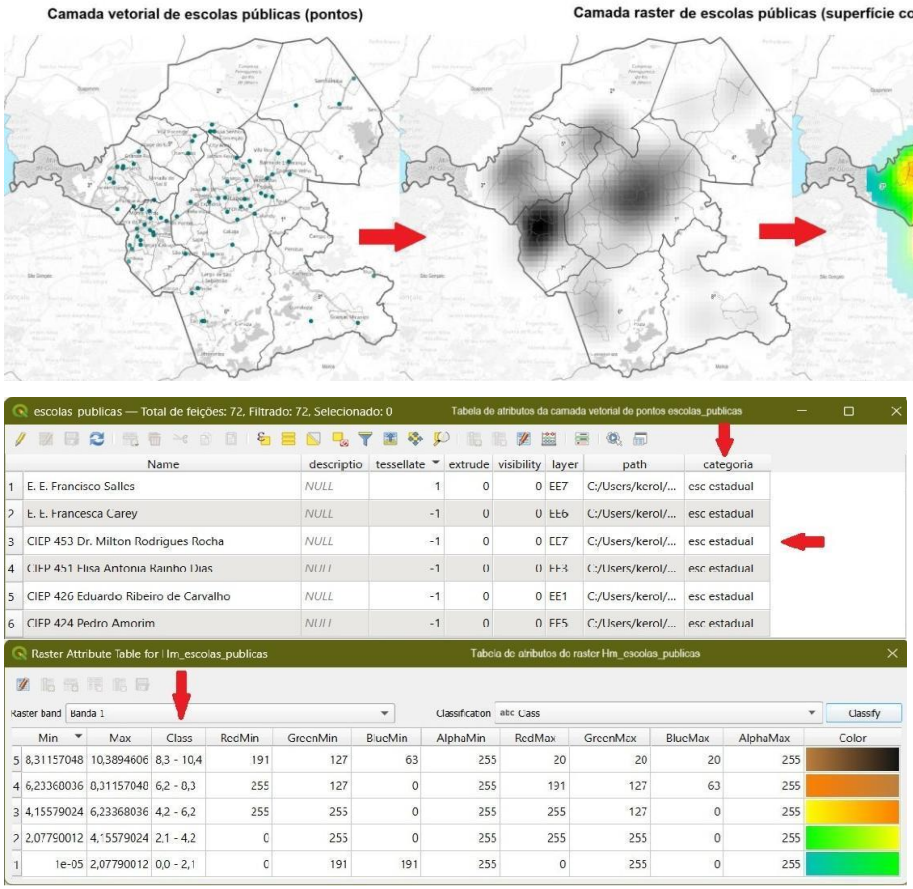


Fonte: Autoria Própria (2025).

Foi elaborado o mapa de localização das fontes geradoras com a camada vetorial de pontos (Figura 2-6) para ajudar na interpretação dos resultados no mapa de calor e entender a diferença entre esses dois mapas pelos conceitos de concentração de pontos e densidade de pontos da interpolação de Kernel. De modo que a concentração de pontos reflete apenas a localização e a quantidade de pontos independente da área (valor absoluto de pontos - n) e a densidade reflete a relação entre a quantidade de pontos (n) e a área onde estão distribuídos, que é definida pelo raio de influência (τ) e tem a distância entre os pontos vizinhos e o ponto

analisado. Esta relação também revela o padrão aglomerado de distribuição de pontos. E o estudo está analisando as fontes geradoras e não a quantidade de resíduo que elas geram.

Figura 2-6. Representação gráfica e não-grafica de classificação do mapa de calor.



Fonte: Autoria Própria (2025).

3 Resultados

3.1 Situação do município em relação a gestão e o gerenciamento dos RSU

De acordo com consultas realizadas no Plano Diretor de Resíduos Sólidos do município (Itaboraí, 2008), a fração orgânica dos resíduos sólidos urbanos considerados neste trabalho e correspondentes de cada fonte de interesse do estudo é classificada como resíduos urbanos e resíduos de serviços. E nesse caso, em relação ao resíduo urbano, o resíduo domiciliar e de limpeza urbana é de responsabilidade da prefeitura, mas em relação aos resíduos de serviços, se os comerciantes e prestadores de serviço forem obrigados formalmente pela prefeitura ou órgão competente, então a coleta e disposição final é de responsabilidade deles.

Dessa forma, apenas sob esta condição eles devem contratar uma empresa para fazer a coleta, tratamento, destinação final de seus resíduos e disposição final dos rejeitos de forma ambientalmente adequada para o caso de resíduos de serviços caracterizados em função da periculosidade. E a fração orgânica dos resíduos de serviços que não foram caracterizados em função da periculosidade, mas tem ou não tem alguma

característica especial ou quantidade específica, pode ou não ser coletado e feito a disposição final, com tarifação diferenciada, pela prefeitura.

Ou seja, para a compostagem, cujo resíduo orgânico não deve ter características especiais e deve ser não perigoso, o comerciante ou prestador de serviço não precisa contratar uma empresa para fazer a coleta e destinação final, mas a prefeitura, necessariamente, deveria ter um pátio de compostagem, coleta seletiva ou alguma solução cooperada/consorciada para se responsabilizar por isso e viabilizar a compostagem pela gestão municipal. De forma alternativa a isso, o comerciante ou prestador de serviço, também tem a opção de adotar o modelo descentralizado de gestão e pode contratar uma empresa de compostagem ou instalar seu próprio pátio de compostagem (licenciado) para compostar seu resíduo orgânico não perigoso, o que reduz a quantidade de resíduos de serviço que seria coletado pela prefeitura e gera receita com a venda do composto.

De qualquer maneira, com ou sem pátios de compostagem no município, instalados pela gestão municipal ou setor privado, para viabilizar a reciclagem do resíduo orgânico não perigoso e sua valorização através da compostagem, segundo a PNRS (2016), outro detalhe em relação aos comerciantes e prestadores de serviço foi observado: o plano municipal de resíduos sólidos está desatualizado e precisa ser revisado. Ou seja, foi observado que há muitas incoerências neste plano em relação aos grandes e pequenos geradores de resíduos de comércio e serviço em função da quantidade, características especiais e periculosidade, já que não há uma obrigação automática para os comerciantes e prestadores de serviço fazer a coleta e disposição final, de modo que é necessário uma manifestação formal da prefeitura, ou órgão competente, para que seja feito.

E isso também procede porque o plano municipal de resíduos foi instituído pela LC nº 72 em 2008 antes da PNRS, que foi instituída em 2010 e é a legislação válida atualmente para a gestão de resíduos. Ele também está fundamentado na LC nº 54 (2006), que foi revogada pela LC nº 252 (Itaboraí, 2019) referente ao novo PDDI-ITA, o qual determina a revisão do PDRS-ITA em até 2 anos após a aprovação dele (Art. 57, inciso II). Mas o PDRS-ITA não foi revisado e consta como vigente no portal de legislação do município. Além disso, os critérios de classificação dos resíduos que ele se baseia também estão desatualizados, pois a ABNT NBR 10004 foi atualizada em 2024, ou seja, novas regras de classificação. Dessa forma, também é importante considerar estas observações sobre as desatualizações em relação a PNRS, o PDDI-ITA e a ABNT NBR 10004, e também sobre a obrigação automática dos grandes e pequenos geradores para todos os resíduos definidos no PDRS-ITA e os resíduos de comércio e serviço a eles equiparados, conforme feito em relação aos Resíduos de Serviços de Saúde (RSS) no Decreto municipal nº 43 (Itaboraí, 2010).

Conforme as informações obtidas pela pesquisa MUNIC do IBGE (Quadro 2-2), o município de Itaboraí não realiza coleta seletiva, não faz tratamento do resíduo reciclável orgânico dos RSU que ele coleta e faz a disposição final através de empresa contratada, e não possui unidades de compostagem de resíduo orgânico. A disposição final é feita em aterro sanitário privado (CTR Alcântara) em outro município (São Gonçalo), localizado a aproximadamente 30 km de distância, sob a gestão da Orizon S. A., de acordo com o

contrato atual (2025) de prestação de serviço de recebimento e destinação final dos RSU, consultado no Portal da Transparência do município de Itaboraí (Quadro 2-3).

Entretanto, apesar de a prefeitura não ter um sistema próprio de coleta seletiva porta a porta, ou contêineres especializados e instalados em locais estratégicos da cidade pela gestão municipal, para a coleta exclusiva da fração orgânica dos resíduos sólidos urbanos não perigosos, foi instituído o Programa Municipal de Coleta Seletiva e Educação Ambiental nas Escolas Municipais pelas leis nº 1.975 (Itaboraí, 2006) e nº 2.570 (Itaboraí, 2015). Em relação a compostagem, apesar de não haver pátios de compostagem instalados no município pela gestão municipal, foi instituída a lei nº 2.985 (Itaboraí, 2022) para implantação de composteiras nas escolas públicas municipais.

Dessa forma, as escolas públicas municipais funcionam como um Ponto de Entrega Voluntária (PEV) para a coleta de recicláveis secos e orgânicos, desde que dentro das condições estabelecidas pelo programa de educação ambiental da escola, em parceria com as secretarias de educação e meio ambiente. Já as composteiras, devem ser usadas nas atividades de educação ambiental da escola. E o adubo orgânico produzido pode ser aplicado nas hortas e espaços escolares, além de ser disponibilizado aos alunos e a comunidade local.

Porém, deve haver especial atenção ao texto do parágrafo único (Art. 1º) da lei nº 2.985, pois se o objetivo é tratar o resíduo sólido da escola para transformá-lo em adubo orgânico, deve-se garantir uma coleta seletiva eficiente do resíduo orgânico compostável não perigoso da escola para que não haja contaminação com outros tipos de resíduos que fazem parte do resíduo sólido da mesma, o qual pode ter características especiais ou de periculosidade. Daí a urgência para atualizar e revisar o PDRS-ITA porque ele não está coerente com a PNRS e as novas regras de classificação de resíduos para viabilizar a compostagem no município. A compostagem aplicada com o objetivo de produzir adubo deve seguir critérios específicos de coleta seletiva para garantir a qualidade do composto orgânico e os municípios deverão se adequar às novas regulamentações que estão sendo desenvolvidas na elaboração do Plano Nacional de Redução e Reciclagem de Resíduos Orgânicos Urbanos (Planaro) sobre a compostagem (Brasil, 2025).

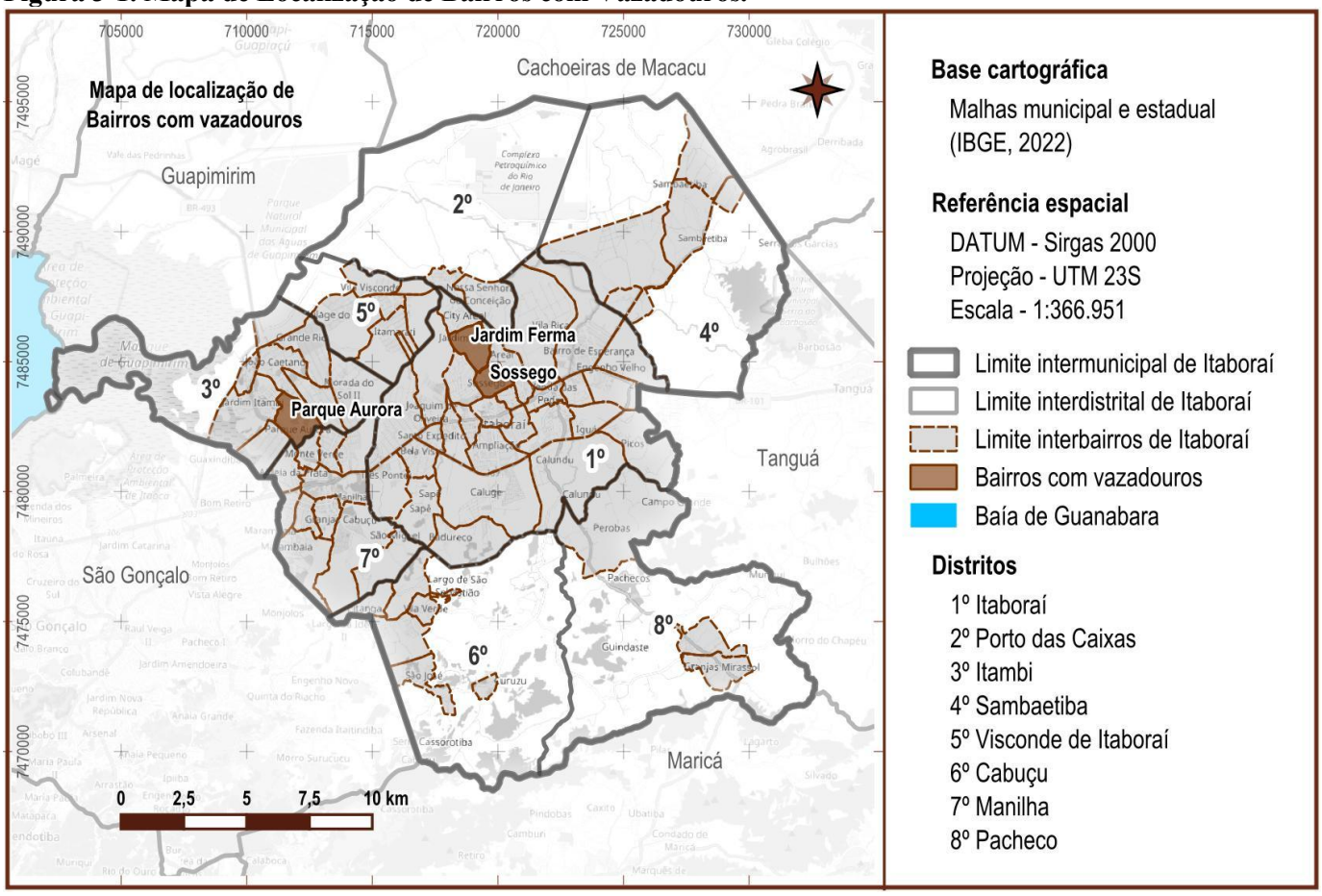
Também é importante verificar a possibilidade de implementar a coleta seletiva porta a porta dos recicláveis secos e orgânicos e instalar os pátios de compostagem no município, pela gestão municipal. O desvio do resíduo orgânico para os pátios de compostagem instalados no município reduz o volume de resíduos a ser destinado para o aterro sanitário e as rotas de transporte dos resíduos são mais curtas até a disposição final, o que contribui para reduzir os custos do gerenciamento em aterro e as emissões de GEE.

Em relação à disposição final de resíduos sólidos de forma inadequada, atualmente, no município de Itaboraí, não há aterro controlado e vazadouro a céu aberto, mas há vazadouro em áreas alagadas ou alagáveis, conforme a pesquisa MUNIC (Quadro 2-2) do IBGE (2023). Dessa forma, é importante recordar o histórico da disposição inadequada de resíduos no município. Entre os anos de 2010 e 2013 foram realizadas vistorias, pelo órgão ambiental Instituto Estadual do Ambiente (Inea), nos vazadouros de Itambi e Sossego para o cumprimento das obrigações relacionadas aos Termos de Ajuste de Conduta (TAC) nº 005/2010 e nº 006/2013

referentes ao encerramento das atividades no vazadouro de Itambi e remediação de sua área e, também, do vazadouro de Sossego (Inea 2010, 2013). Entretanto, parte destes acordos não foi cumprida, de modo que, conforme as vistorias do Inea relatadas no texto, o vazadouro de Itambi se configura como aterro controlado encerrado e sem remediação, e o vazadouro de Sossego, como vazadouro em áreas alagadas ou alagáveis e sem remediação.

Segundo Elk, A. G. H. P. Van. et al., (2022), o vazadouro de Itambi, que é o 3º distrito de Itaboraí, foi desativado sem remediação. E o vazadouro Ferma, o qual fica localizado no bairro Jardim Ferma, que fica ao lado do bairro Sossego, ambos no 1º distrito (Itaboraí), também foi desativado sem remediação. Os vazadouros do município de Itaboraí fazem parte, respectivamente, do 3º distrito (Itambi), onde fica localizado no bairro Parque Aurora, e do 1º distrito (Itaboraí), onde fica o vazadouro de Sossego, os quais também constam como fechado sem remediação (Rio de Janeiro, 2024). Sendo assim, a apresentação dos bairros onde se encontram os vazadouros do município foi feita através do mapa de localização, na figura 3-1.

Figura 3-1. Mapa de Localização de Bairros com Vazadouros.



Fonte: Autoria própria (2025).

Dessa forma, é importante considerar o andamento do processo de remediação desses vazadouros, uma vez que o distrito Itambi está situado em áreas alagadas ou alagáveis, com planícies no nível do mar e regiões de drenagem dos rios afluentes do Rio Caceribu (Figura 2-3), além de estar localizado onde se encontra parte do manguezal da APA de Guapimirim e da Estação Ecológica da Guanabara (Figura 2-3). Outro detalhe é que

o município de Itaboraí está localizado numa região onde estão situadas as áreas de nascente e drenagem do sistema de abastecimento de água Guapi-Macacu na APA da bacia do Rio Macacu (Figura 2-3).

Então, vale ressaltar, que os lixiviados continuam sendo gerados nos vazadouros desativados sem remediação, e são altamente tóxicos. Sua composição varia conforme o tempo de disposição dos resíduos, o clima e substâncias provenientes da decomposição da matéria orgânica, como o nitrogênio amoniacal, que se apresenta com elevada concentração e é muito impactante negativamente para a fauna aquática. Ele também é uma das principais substâncias que reagem com o oxigênio dissolvido e leva a sua depleção em ambiente aquático (D' Oliveira, P. M. S 2020).

Além disso, o nitrogênio amoniacal também é o principal excreta nitrogenado dos peixes, dessa forma, níveis elevados deste contaminante na água afetam reações bioquímicas e funções fisiológicas nos processos de eliminação do excreta, o que eleva seus níveis de concentração no sangue dos peixes e ocorrem alterações metabólicas em órgãos importantes como as brânquias, o fígado e os rins. Além de diversas consequências sobre as células sanguíneas, o que dificulta o transporte de oxigênio, provoca anemia e deficiências na produção de células do sistema imunológico (Xu, Z. et al, 2021).

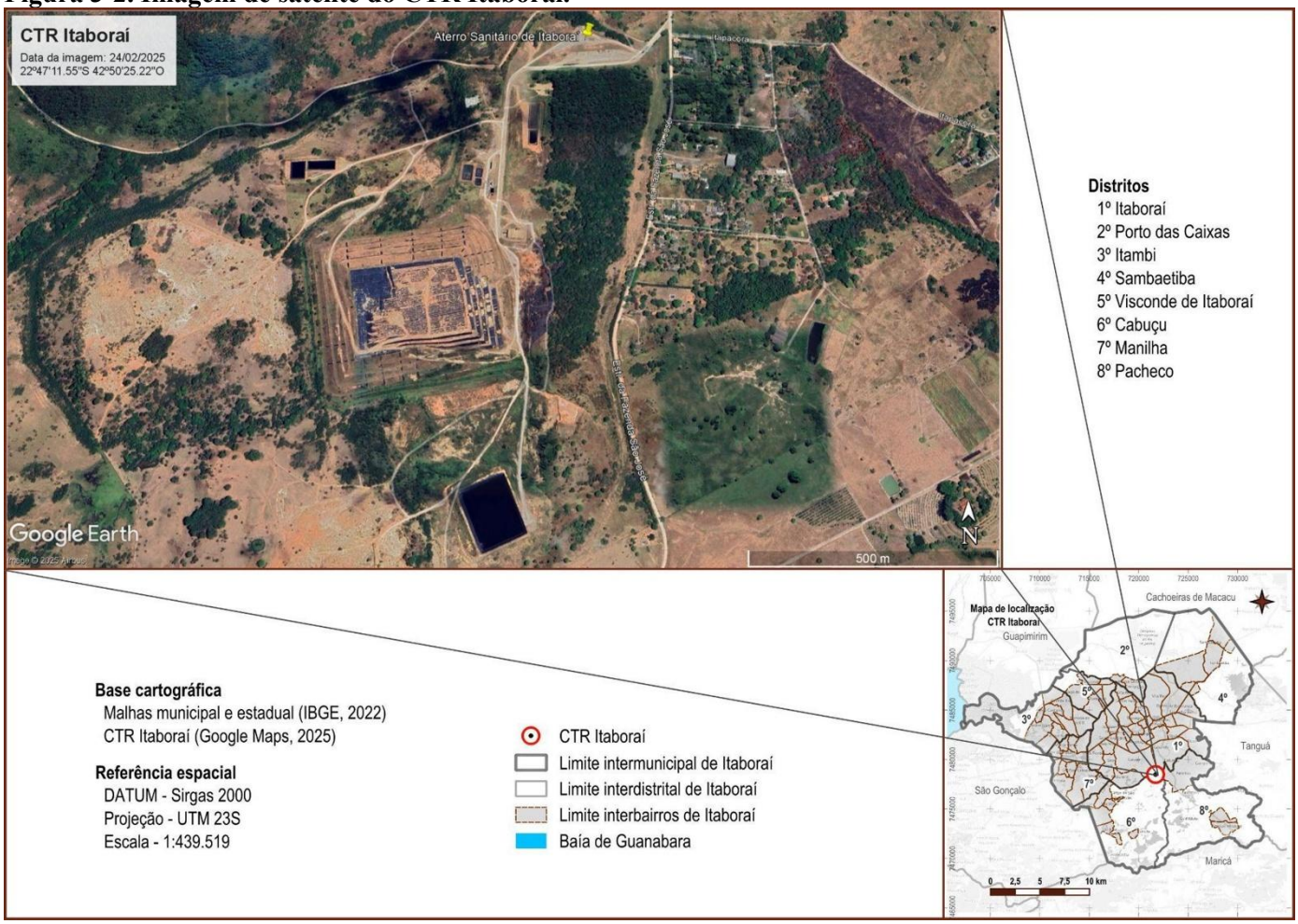
Também ocorre a bioacumulação nos tecidos dos peixes e de outros animais, mas não é somente pela cadeia alimentar, uma vez que geralmente estes animais são de topo de cadeia ou são presas de outros animais em ambientes aquáticos, mas também porque, a amônia não iônica (NH_3) que é um dos subprodutos do nitrogênio amoniacal solúvel em água, tem afinidade pelos lipídios da membrana plasmática das células e, dessa forma, os peixes ficam muito vulneráveis já que esta substância também é absorvida pelas brânquias. Ou seja, são muitos os efeitos tóxicos do estresse fisiológico provocado pelo nitrogênio amoniacal nos peixes, e inclui também a neurotoxicidade e efeitos sobre a expressão gênica, com morte celular (Xu, Z. et al, 2021).

O lixiviado também provoca eutrofização de corpos hídricos e é percolado pelo processo de infiltração no solo. Também causa danos à biota do solo e à vegetação, além de contaminação de águas subsuperficiais e subterrâneas (D' Oliveira, P. M. S 2020). Ou seja, a depleção de oxigênio ou a contaminação do ambiente por substâncias tóxicas presentes no lixiviado podem levar a morte de plantas, peixes e outros animais aquáticos e terrestres, ou afugentá-los de forma que eles se desloquem para longe das áreas afetadas. Dessa forma, é importante considerar os impactos nocivos causados pelos lixiviados, que podem afetar a qualidade da água e do solo e, consequentemente, atividades econômicas que produzem alimentos, como a agricultura e a pesca, além do consumo de água pela população e o turismo.

A instalação de infraestrutura existente é o Centro de Tratamento de Resíduos de Itaboraí (CTR Itaboraí), que já foi considerado um dos maiores receptores de resíduos da RMRJ e atendia os municípios de Cachoeira de Macacu, Tanguá, Rio Bonito, Maricá e Itaboraí. Conforme D' Oliveira, P. M. S (2020), ele estava funcionando em 2016 com licença de operação (LO) nº IN033015 concedida para atividades de recebimento e disposição final de RSU, RCS, resíduo industrial não-perigoso e tratamento de RSS, além de preparação de sucata e Resíduo de Construção Civil (RCC) para reciclagem. Sendo assim, a apresentação da

instalação disponível no município foi feita através de imagem de satélite obtida pelo software Google Earth PRO, na figura a seguir:

Figura 3-2. Imagem de satélite do CTR Itaboraí.



Fonte: Autoria própria com dados de Google Earth PRO (2025).

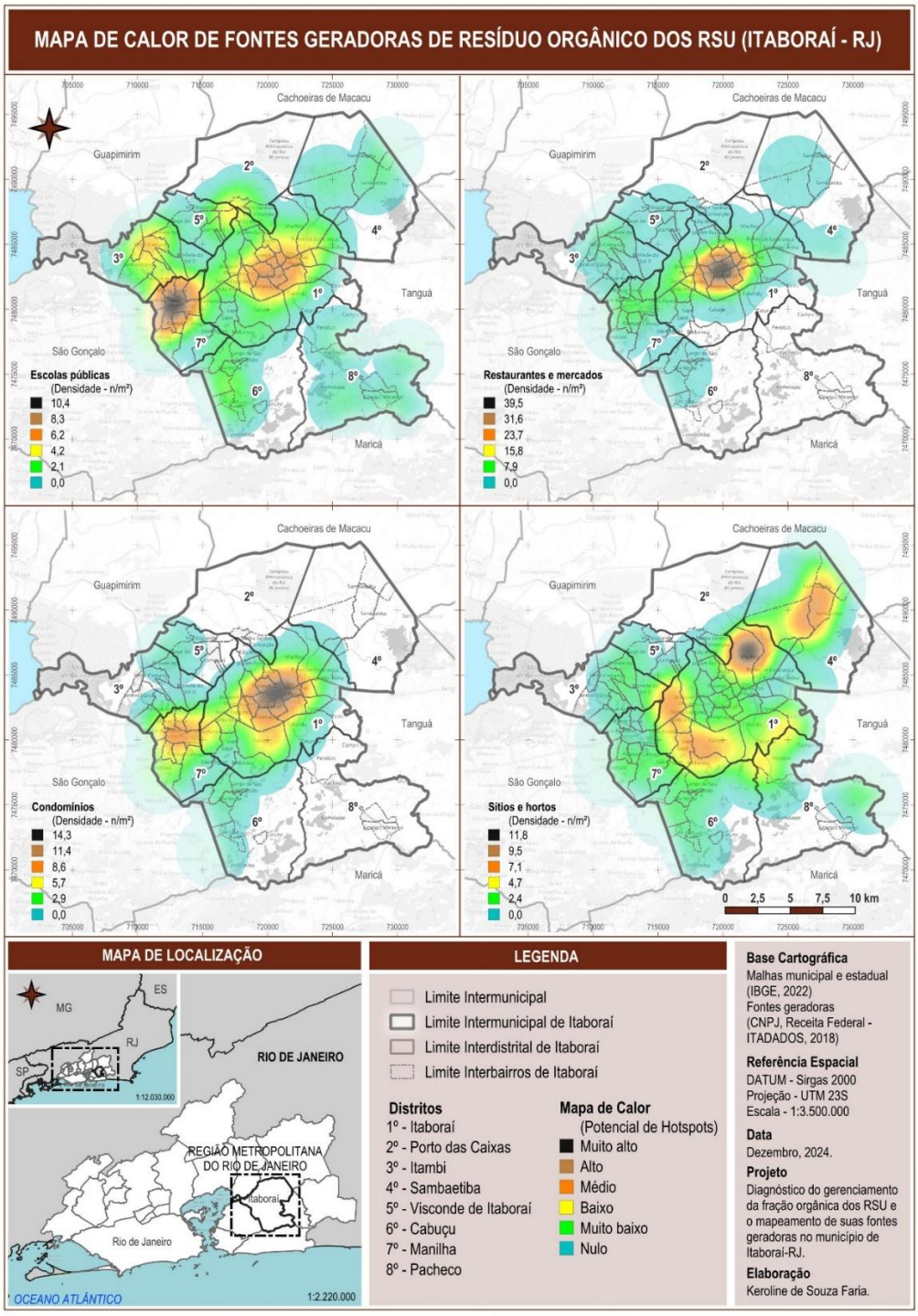
E até 2020, aquela LO estava em processo de acompanhamento e renovação, cujo relatório informava que o CTR estava em condições de cumprimento da lei e bom funcionamento, mas com ressalvas referentes a algumas condicionantes relacionadas a prestação de serviço de terceiros (máquinas e equipamentos) e às lagoas de lixiviados. Este CTR estava em operação sob a gestão da Estre Ambiental S. A. Mas, em 2020, esta empresa de gestão de resíduos entrou em recuperação judicial, por motivos de dificuldades financeiras e cujo processo foi concluído em 2024, conforme relatórios da Wald AJ, empresa responsável por este processo de recuperação judicial (Quadro 2-3).

De modo que, durante o processo, em 2022, a Orizon S. A., outra empresa de gestão de resíduos, comprou o CTR Itaboraí conforme publicado em seu site na seção Fatos Relevantes. Mas, atualmente, o CTR Itaboraí não está em operação, apesar de ser licenciado e mantido em condições operacionais, com o objetivo de ser ativado futuramente como Ecoparque Itaboraí, de acordo com o relatório de resultados publicado no site da Orizon S. A., na seção Central de Resultados (2024) (Quadro 2-3).

3.2 Identificação das áreas de hotspot do município por fonte geradora

Com o objetivo de compreender a distribuição espacial de fontes geradoras de resíduo orgânico urbano no município de Itaboraí para identificar as áreas *hotspot* para instalação de pátios de compostagem, foi aplicada a técnica de Estimativa de Densidade Kernel aos dados georreferenciados de cada tipo de fonte geradora e foram obtidos os mapas de calor das escolas públicas, restaurantes, mercados, condomínios, sítios e hortos (Figura 3-3).

Figura 3-3. Mapa de Calor de Fontes Geradoras de Resíduo Orgânico.



Fonte: Autoria própria (2025).

O resultado das análises revelou altos valores de densidade das fontes geradoras escolas públicas, restaurantes, mercados e condomínios nos distritos urbanos Itaboraí (Centro), Manilha e Itambi, que são as áreas mais populosas e povoadas do município (Tabela 2-1). Por outro lado, as fontes geradoras sítios e hortos apresentaram altos valores de densidade nos distritos Itaboraí, Sambaetiba e Pacheco. Estes dois últimos distritos, apesar de serem os menos populosos e povoados do município (Tabela 2-1), são os mais rurais e têm as maiores áreas rurais do município (Tabela 2-2), onde estão localizadas unidades de conservação e áreas de preservação ambiental e permanente (Figura 2-3).

Estes resultados também revelaram outros detalhes interessantes dessa análise sob o ponto de vista da quantidade de resíduo gerada e o tipo de resíduo (alimentar e/ou poda). Apesar de a análise não ter considerado a quantidade de resíduo orgânico gerada por cada fonte geradora como fator de ponderação no cálculo do mapa de calor (Figura 2-4, item C), os resultados indicam que as áreas urbanas apresentam um grande potencial de geração de resíduos orgânicos evidenciado pela quantidade de fontes geradoras e pela alta demanda populacional por serviços e consumo, que são características sociais e de atividades econômicas urbanas.

Enquanto nas áreas rurais a população não é um fator de influência sobre a densidade das fontes geradoras estudadas. Mas sim, características ambientais de uso e ocupação do solo e atividades econômicas de áreas rurais, que são voltadas para a produção agrícola e setores de solo, como restauração de áreas degradadas e mitigação de impactos ambientais, além de atividades de turismo e lazer. O que demonstra a eficiência da Estimativa de Densidade Kernel para identificar áreas críticas e prioritárias para a gestão de resíduos orgânicos, diferenciando claramente as demandas urbanas e rurais e as variações internas por distrito em relação ao tipo de fonte geradora e resíduo orgânico. Ou seja, embora a finalidade principal da compostagem seja o tratamento adequado do resíduo orgânico, as razões pelas quais uma escola pública, ou supermercado, ou horto, ou imóvel rural, ou unidade de conservação decidem pela adoção à prática de compostagem são diferentes.

Uma escola pública tem uma motivação voltada para a educação ambiental e cuidados com a cidade e as pessoas, um supermercado quer evitar o desperdício de alimentos e reduzir os custos do gerenciamento do resíduo orgânico, já o horto quer gerar receita com a venda do composto, atender sua demanda interna de produção de mudas e evitar impacto ambiental, o imóvel rural quer adubo para sua produção agrícola ou recuperar uma área degradada para atender as condicionantes ambientais, preservar os serviços ecossistêmicos e regularizar seu imóvel, e a unidade de conservação quer evitar impactos ambientais, conservar os serviços ecossistêmicos e promover o uso sustentável pelas atividades de turismo e lazer.

Segundo Hettiarachchi, H. et al (2020), a conexão entre os setores de solo, agricultura e resíduos pode fortalecer a valorização do resíduo orgânico através da compostagem e criar um mercado estável para a fabricação de seus produtos em larga escala. Esta conexão deve ser construída entre os setores público e privado através de políticas e da interação entre os *stakeholders* envolvidos na coleta de resíduos, fabricação

do composto e aplicação no solo. Ou seja, já que as características sociais, econômicas e ambientais de uso e ocupação do solo dos distritos coincidem com as áreas de *hotspot* identificadas, então elas também podem influenciar a localização das fontes geradoras e favorecer a instalação dos pátios de compostagem em relação a fatores ambientais, sociais, econômicos e outras características do município, determinando, por exemplo, a localização dos ecopontos, ajuste de rotas de coleta seletiva, produção e venda do composto e aplicação no solo.

Dessa forma, as atividades econômicas (Quadro 2-1) cujo solo é o recurso natural usado para a produção de alimentos, ou geram resíduos orgânicos compostáveis, ou impacto ambiental no solo e precisam se adequar às normas ambientais ou regularizar seus imóveis rurais, podem se beneficiar com esta gestão integrada do resíduo orgânico e são fatores fundamentais nesse processo. Além de outros setores como de gestão de recursos ambientais, paisagismo e agricultura urbanos, gerando emprego e renda, otimizando a produção agrícola e promovendo a restauração do solo com recuperação da biodiversidade e serviços ecossistêmicos.

Outro resultado importante do estudo é a identificação de áreas estratégicas para a instalação de pátios de compostagem a nível de bairro e por distrito. Porque esta característica de densidade de fontes geradoras atende perfeitamente o critério de Modelo descentralizado de gestão, que define como áreas para intervenção aquelas localizadas dentro da unidade da fonte geradora ou próximas as fontes geradoras, o que está de acordo com o parâmetro de proximidade das fontes geradoras. E, em relação ao parâmetro de quantidade de fontes geradoras, também está de acordo pelo critério de intervenção em vários locais identificados com muito alto ou alto potencial para instalação de pátios de compostagem (Figura 3-3). Considerando também o fato de, atualmente, o modelo descentralizado de gestão ser o mais recomendado por priorizar a segregação na fonte.

E mesmo que a alta densidade de fontes geradoras de resíduos orgânicos em distritos urbanizados, populosos e povoados pareça um resultado previsível pela lógica urbana de alta densidade populacional e demanda por atividades de comércio e prestação de serviço, este estudo vai além da constatação empírica porque aquela análise espacial permite quantificar, espacializar e visualizar com precisão os *hotspot*s de fontes geradoras através de seu mapeamento. O que transforma uma suposição em evidência técnica mensurável e valida hipóteses prévias, fornecendo bases concretas para o planejamento territorial e ambiental.

Outro resultado revelado no estudo foram a ausência ou baixos valores de densidade de todas as fontes geradoras nos distritos Porto das Caixas, Visconde de Itaboraí e Cabuçu, o que coincide com o fato de eles não terem algumas fontes geradoras de resíduo orgânico do estudo e quando tem, são em pouca quantidade e a distribuição espacial delas é dispersa, indicando baixa concentração de pontos e uma grande distância entre os pontos vizinhos que vai além da área circular do raio de influência e impede a formação de zonas com densidade significativa, tendendo a zero.

Estes distritos são pouco populosos e tem baixa densidade demográfica ou há predominância de áreas rurais, UC, APP e APA, dessa forma, indicam escassez de atividades econômicas, consequentemente, baixa

geração de resíduos orgânicos, o que valida a necessidade de diferenciação entre áreas rurais e urbanas e a influência de atividades econômicas, uso e ocupação do solo e características sociais de população sobre a densidade de fontes geradoras. Mas não exclui a possibilidade de instalação de pátio de compostagem a nível distrital, entretanto não são áreas prioritárias ou críticas para a instalação, a nível municipal, e podem se beneficiar por rotas de coleta para pátios de compostagem em distritos vizinhos ou outras alternativas como instalação de ecopontos.

Sobre a quantidade de resíduos orgânicos de cada fonte geradora, vale ressaltar a possibilidade de considerá-la em estudos futuros como dado de ponderação no cálculo do mapa de calor, já que a ferramenta Estimativa de Densidade Kernel possui este campo para inserir a quantidade estimada de resíduo orgânico gerada por cada restaurante, escola pública, ou sítio (Figura 2-4, item C). A aplicação dessa ponderação traz mais precisão ao resultado, porque além de considerar o número de fontes geradoras (n pontos) e a proximidade entre elas (raio de influência - τ), ou seja, a densidade de fontes geradoras, como foi feito neste estudo, também leva em conta a quantidade de resíduos gerada e associada a cada ponto.

Após consulta ao SINIR (2020), foi verificado que não há informações sobre a fração orgânica dos RSU no inventário municipal de resíduos, mas segundo o SNIS (2023), o município de Itaboraí coletou 44.433,8 toneladas de RSU em 2022, o que corresponde a 19.995,21 toneladas de matéria orgânica conforme a proporção nacional de 45,3% (Brasil, 2022). Ou seja, a partir do percentual da proporção nacional de matéria orgânica que compõe o RSU total coletado no Brasil, é possível estimar a quantidade de matéria orgânica do RSU municipal. E a taxa per capita de RSU coletada no município foi 0,54 kg/habitante/dia (SNIS, 2023), então pela mesma lógica, isso equivale a 0,24 kg/habitante/dia de resíduo orgânico gerado.

Dessa forma é possível estimar também a quantidade de resíduo orgânico de fontes geradoras como restaurantes e mercados a partir de relatórios sobre o desperdício de alimentos que apresentam as médias nacional ou mundial e estudos de caso locais, cujos valores podem ser usados para fazer comparações e estimativas por extrapolação (PNUMA, 2024).

5 Considerações finais

No que diz respeito à contribuição do estudo sobre o gerenciamento dos RSU municipal, foram identificadas áreas prioritárias para a instalação de pátios de compostagem em Itaboraí em relação ao tipo de fonte geradora de resíduo orgânico dos RSU nas áreas urbana e rural do município. Estas áreas também indicaram alto potencial de geração de resíduo orgânico e consequentemente áreas de prioridade para a coleta do resíduo e tratamento pela compostagem, conforme o modelo descentralizado de gestão, cujo critério estabelece a unidade de compostagem próxima ou dentro da unidade da fonte geradora.

Em relação a análise espacial, o tipo de fonte geradora por distrito nas áreas com alto potencial, também indicou fatores específicos que podem influenciar a implementação da compostagem relacionados a áreas

urbanas e rurais e ao tipo de resíduo alimentar e/ou poda. De modo que análises mais aprofundadas podem possibilitar a elaboração de modelagem de eventos distribuídos espacialmente, que estão relacionados ao gerenciamento de resíduos orgânicos no município e determinar estratégias de intervenção para cada região.

Somando-se a isto, o mapeamento e análise espacial em ambiente SIG também facilitou a interpretação dos resultados sobre a situação do município e as áreas *hotspot* pela comunicação visual através de mapas temáticos, de calor, de localização e imagem de satélite, contribuindo para compreender e otimizar a gestão de resíduos através de dados técnicos e mensurados. Dessa forma, a ferramenta Estimativa de Densidade Kernel se mostrou eficiente para a identificação das áreas *hotspot*, principalmente em relação ao modelo descentralizado de gestão, além da influência de fatores sociais, econômicos e ambientais sobre a distribuição espacial e a densidade de fontes geradoras.

Entretanto, é importante considerar estudos futuros, mais aprofundados que leve em conta a quantidade de resíduo orgânico gerado por cada fonte geradora, para ter maior precisão nos resultados. Além de considerar outros fatores sociais, econômicos e ambientais, como os hábitos alimentares da população e as atividades econômicas, que podem influenciar a dinâmica de implementação da compostagem no município como solução para evitar impactos ambientais, valorização do resíduo orgânico, produção de alimentos e recuperação de área degradada.

O que torna necessário a realização de estudos de caso locais e a formação de banco de dados com estimativas, uma vez que a implementação da compostagem no Brasil ainda é incipiente, tem poucos dados e precisa ser fortalecida, além de o país ser um membro das Nações Unidas e se dispõe alinhar-se às ações globais da Agenda 2030 para atingir as metas dos ODS em relação a Sustentabilidade.

Referências

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS (ABRELPE). **Panorama dos resíduos sólidos no Brasil 2020.** São Paulo: ABRELPE, 2020.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE RESÍDUOS E MEIO AMBIENTE (ABREMA). **Panorama dos resíduos sólidos no Brasil 2024.** São Paulo: ABREMA, 2024.

BARETTA, D.; SANTOS, J.; SEGAT, J. C.; GEREMIA, E. V. **Fauna edáfica e qualidade do solo.** In: Tópicos em Ciência do Solo. 7. ed. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2011. p. 119-170.

BRASIL. **Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000.** Institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza (SNUC). In: Diário Oficial da União, seção 1, Brasília, DF, n. 138, p. 1-7 (2000).

BRASIL. **Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012.** Código Florestal: Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa. In: Diário Oficial da União, seção 1, Brasília, DF, n. 101, p. 1-8 (2012).

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS): **Lei n. 12.305, de 2 de agosto de 2010**, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei n° 9.605, de 12 de

fevereiro de 1998; e dá outras providências; e legislação correlata. – 3. ed. – Brasília, DF: Edições Câmara, 2016. – (Série legislação; n. 230).

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Programa Nacional de Recuperação de Áreas Contaminadas.** Brasília, DF: MMA, 2020.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Plano Nacional de Resíduos Sólidos – PLANARES.** Brasília, DF: MMA, 2022.

BRASIL. **MMA inaugura consulta pública do Plano Nacional de Redução e Reciclagem de Resíduos Orgânicos Urbanos.** Brasília, DF: Portal de Notícias do Ministério do Meio Ambiente e Mudança do Clima, 13 fev. 2025. Disponível em: https://www.gov.br/mma/pt-br/noticias/. Acesso em: 23 jun. 2025.

CIRCLE ECONOMY. **Climate change mitigation through the circular economy.** Amsterdam: Circle Economy, 2021.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (CONAMA). **Resolução nº 237, de 19 de dezembro de 1997.** Dispõe sobre o licenciamento ambiental e outros procedimentos. In: Diário Oficial da União: seção 1. Brasília, DF, 22 dez. 1997.

D' OLIVEIRA, P. M. S. **Potencial poluidor da disposição final de resíduos sólidos nas águas da bacia hidrografica da Baía de Guanabara/RJ.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental e Sanitária) - Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2020.

ELK, A. G. H. P. VAN., D'OLIVEIRA, P. M. S., GIORDANO, G., & ANDRADE, R. C. DE. **Potencial poluidor da disposição final de resíduos sólidos nas águas da bacia hidrográfica da Baía de Guanabara – RJ.** Engenharia Sanitaria e Ambiental, v. 27, n. 1, p. 195–203, jan. 2022.

ESPER, M. W. Atualização da ABNT NBR 10004. In: Blog Ambiental. **Inovações para a Gestão de Resíduos Sólidos.** São Paulo, 8 dez. 2024. Disponível em: https://blogambiental.com.br/atualizacao-da-abnt-nbr-10004/. Acesso em: 21 jun. 2025.

HETTIARACHCHI, H., BOUMA, J., CAUCCI, S., ZHANG, L. . **Organic Waste Composting Through Nexus Thinking: Linking Soil and Waste as a Substantial Contribution to Sustainable Development.** In: Organic Waste Composting through Nexus Thinking. Springer, Cham (2020), pp 1–15. Dresden, Alemanha.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Panorama do Censo 2022.** Brasil: IBGE, 2022. Disponível em: https://censo2022.ibge.gov.br/panorama/. Acesso em 8 Jan. 2025.

INÁCIO, C. T. & MILLER, P. R. M. **Compostagem: ciência e prática para a gestão de resíduos orgânicos.** Rio de Janeiro/RJ. Embrapa Solos, 2009. 156p.

INEA - Instituto Estadual do Ambiente. **Termo de Ajustamento de Conduta TAC nº005/2010.** Rio de Janeiro: INEA, 2010. Disponível em: https://www.inea.rj.gov.br/. Acesso em: 25 jun. 2025.

INEA - Instituto Estadual do Ambiente. **Termo de Ajustamento de Conduta TAC nº006/2013.** Rio de Janeiro: INEA, 2013. Disponível em: https://www.inea.rj.gov.br/. Acesso em: 25 Jun. 2025.

ITABORAÍ (RJ). **Decreto Municipal nº 043, de 10 de junho de 2010.** Regulamenta a subseção III, da seção III, da Lei Complementar nº 72, de 26 de dezembro de 2008, que dispõe sobre a destinação dos resíduos de serviços de saúde, e dá outras providências. Itaboraí: Prefeitura Municipal de Itaboraí, 2010. Disponível em: https://cespro.com.br/. Acesso em: 21 de junho de 2025.

ITABORAÍ (RJ). Programa de Ensino de Coleta Seletiva de Lixo: **Lei Municipal nº 1.975, de 01 de setembro de 2006.** Autoriza o poder executivo a instituir programa de ensino de coleta seletiva de lixo, a ser implantado nas escolas públicas do município de Itaboraí, e dá outras providências. Itaboraí: Prefeitura Municipal de Itaboraí, 2006. Disponível em: https://cespro.com.br/. Acesso em: junho de 2025.

ITABORAÍ (RJ). Programa de Coleta Seletiva e Educação Ambiental nas escolas da Rede Municipal de Ensino da Cidade de Itaboraí: **Lei Municipal nº 2.570, de 17 de julho de 2015.** Institui o programa de coleta seletiva e educação ambiental nas escolas da rede municipal de ensino da cidade de Itaboraí e dá outras providências. Itaboraí: Prefeitura Municipal de Itaboraí, 2015. Disponível em: https://cespro.com.br/. Acesso em: 21 de junho de 2025.

ITABORAÍ (RJ). Composteiras Orgânicas nas escolas da rede pública municipal de ensino: **Lei Municipal nº 2.985, de 26 de dezembro de 2022.** Dispõe sobre a implantação de composteiras orgânicas nas escolas públicas do município e dá outras providências: Prefeitura Municipal de Itaboraí, 2022. Disponível em: https://cespro.com.br/. Acesso em: 21 junho de 2025.

ITABORAÍ (RJ). **Plano Diretor de Desenvolvimento Integrado do Município de Itaboraí: Lei Complementar nº 054, de 27 de setembro de 2006.** Institui o Plano Diretor do Município de Itaboraí - planta, nos termos do art. 182 da Constituição Federal, do Art. 169 da Lei Orgânica do município, do Capítulo III da Lei Federal nº 10.257, de 10 de julho de 2001 - Estatuto da cidade e dá outras providências. Itaboraí: Prefeitura Municipal de Itaboraí, 2006. Disponível em: https://cespro.com.br/. Acesso em: dezembro de 2024.

ITABORAÍ (RJ). **Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos: Lei Complementar nº 072, de 26 de dezembro de 2008.** Institui os princípios, objetivos e instrumentos que visam estabelecer diretrizes e normas para o gerenciamento dos resíduos sólidos no município de Itaboraí. Itaboraí: Prefeitura Municipal de Itaboraí, 2008. Disponível em: https://cespro.com.br/. Acesso em: dezembro de 2024.

ITABORAÍ (RJ). **Plano Diretor de Desenvolvimento Integrado do Município de Itaboraí: Lei Complementar nº 252, de 14 de outubro de 2019.** Dispõe sobre a revisão do Plano Diretor de Desenvolvimento Integrado do Município de Itaboraí - PDDI-ITA - e o Sistema de Planejamento e Gestão de seu Desenvolvimento, instituídos pela Lei Complementar nº 54, de 27 de setembro de 2006. Itaboraí: Prefeitura Municipal de Itaboraí, 2019. Disponível em: https://cespro.com.br/. Acesso em: 21 jun. 2025.

ITADADOS. Itaboraí (RJ). Prefeitura Municipal de Itaboraí: Secretaria de Meio Ambiente e Urbanismo, 2018.

RIO DE JANEIRO (RJ). **Plano Metropolitano de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos - PMetGIRS:** Diagnóstico Geral, volume 1 de 3. Rio de Janeiro: Instituto Rio Metrópole (IRM) / Governo do Estado do Rio de Janeiro, 2024. Disponível em: https://www.rj.gov.br/. Acesso em: 25 de junho de 2025.

PNUMA. Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente. **Relatório do Índice de Desperdício de Alimentos 2024.** Nairobi, 2024.

SINIR. **Sistema Nacional de Informações sobre a Gestão dos Resíduos Sólidos.** In: Brasília: Ministério do Meio Ambiente, (2020). Recurso eletrônico. Disponível em: https://sinir.gov.br/relatorios/municipal/. Acesso em: ABR. 2025.

SNIS. **Sistema Nacional de Informações Sobre Saneamento.** In: Brasília: Ministério das Cidades, (2023). Recurso eletrônico. Disponível em: https://www.gov.br/cidades/pt-br/. Acesso em: ABR. 2025.

UNEP. United Nations Environment Programme. **Waste Management Outlook 2024: Beyond an age of waste – Turning rubbish into a resource.** Nairobi, 2024.

Xu, Z.; Cao, J.; Qin, X.; Qiu, W.; Mei, J.; Xie, J. **Toxic Effects on Bioaccumulation, Hematological Parameters, Oxidative Stress, Immune Responses and Tissue Structure in Fish Exposed to Ammonia Nitrogen: A Review.** In: Animals, 2021, 11, 3304. MDPI, Basileia, Suiça.