

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA**  
**FACULDADE DE ENGENHARIA**  
**ENGENHARIA AMBIENTAL E SANITÁRIA**

**JESSICA LAINE MENDES BERSAN**

**Diagnóstico de indicadores de re\$íduos sólidos urbanos utilizando a base do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento: uma perspectiva da situação de Juiz de Fora (MG) em relação à realidade nacional.**

**JUIZ DE FORA – MG**

**2022**

**JESSICA LAINE MENDES BERSAN**

**Diagnóstico de indicadores de resíduos sólidos urbanos utilizando a base do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento: uma perspectiva da situação de Juiz de Fora (MG) em relação à realidade nacional.**

Trabalho Final de Curso apresentado ao Colegiado do Curso de Engenharia Ambiental e Sanitária da Universidade Federal de Juiz de Fora, como requisito parcial à obtenção do título de Engenheiro Sanitarista e Ambiental.

Área de concentração: Resíduos Sólidos

Linha de pesquisa: Tratamento de Dados Ambientais

Orientador: Profa. Dr. Julia Righi de Almeida

Coorientador: Prof. Dr. Samuel Rodrigues de Castro

**JUIZ DE FORA – MG**

**2022**

**JESSICA LAINE MENDES BERSAN**

**Diagnóstico de indicadores de resíduos sólidos urbanos utilizando a base do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento: uma perspectiva da situação de Juiz de Fora (MG) em relação à realidade nacional.**

Trabalho Final de Curso apresentado ao Colegiado do Curso de Engenharia Ambiental e Sanitária da Universidade Federal de Juiz de Fora, como requisito parcial à obtenção do título de Engenheiro Sanitarista e Ambiental.

Aprovado em \_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_.

**BANCA EXAMINADORA**

---

Profa. Dr. Julia Righi de Almeida - Orientadora  
Universidade Federal de Juiz de Fora

---

Prof. Dr. Samuel Rodrigues de Castro – Coorientador  
Universidade Federal de Juiz de Fora

---

Profa. Dr. Maria Helena Rodrigues Gomes  
Universidade Federal de Juiz de Fora

---

Prof. Dr. Otávio Eurico de Aquino Branco  
Universidade Federal de Juiz de Fora

## **AGRADECIMENTOS**

A finalização desse TFC representa para mim o encerramento do ciclo mais desafiador da minha vida até o presente momento. A formação em uma universidade, especialmente uma federal, me fez evoluir imensamente como pessoa, cidadã e também como profissional.

Primeiramente agradeço a deus por me dar força durante toda a minha caminhada. Aos meus pais, Rogério e Fátima, que conforme diz Djavan: “Pai e mãe, ouro de mina”. A minha irmã Izabelly, pelo carinho incondicional. Ao meu namorado Braulio, pelo apoio emocional, pelo colo, segurança, motivação e amor. E por fim a mim, por ter lutado bravamente pela conquista desse sonho, ter me superado e não ter desistido diante de todas as dificuldades.

Agradeço também a professora tão querida Julia, exemplo principalmente de pessoa para mim, a quem me deu diversos conselhos e minha primeira chance de mostrar meu trabalho na universidade. Ao professor Samuel, por ter me auxiliado em tantos trabalhos e por ser um exemplo de profissional. E a Maria Helena, minha tutora que me ajudou muitas vezes com ensinamentos valiosos sobre a vida.

Enalteço também com enorme afeição as diversas amizades que fiz nessa caminhada, em especial a Ana, Gisele, Paulo e Brenda, amigos desde o início da faculdade. As mais recentes amizades Talita e Jussara. E também as tantas outras dos projetos que participei, em especial as formadas no GET-ESA/UFJF. Obrigada pelas risadas, pelos choros, conselhos, questionamentos e reconhecimento, sem vocês a caminhada até aqui não teria sido tão especial.

Com amor e com lágrimas nos olhos de saudade

Jessica Laine.

“Fé em Deus que ele é justo! Ei, irmão, nunca se esqueça. Na guarda, guerreiro, levanta a cabeça. Onde estiver, seja lá como for tenha fé porque até no lixão nasce flor (RACIONAIS, 1994).

## RESUMO

**Palavras-chave:** Resíduos sólidos urbanos, indicadores, gerenciamento de resíduos, base de dados, análise histórica.

É crescente a produção de resíduos sólidos nas mais diversas finalidades em nossa sociedade atual. O problema surge quando esses resíduos não são gerenciados corretamente, podendo causar contaminação dos solos, das águas superficiais e subterrâneas. O Sistema Nacional de Informação sobre Saneamento (SNIS) é uma plataforma extremamente importante para o setor de saneamento, uma vez que, por meio de sua base de dados, permite caracterizar a atual situação dos quatro pilares do saneamento básico (água, esgoto, drenagem e resíduos) nos 5.570 municípios brasileiros existentes. Nesse contexto, o presente estudo buscou analisar estatisticamente quatro indicadores de resíduos do SNIS, entre os anos de 2002 a 2020, do município de Juiz de Fora, utilizando a série completa de dados, e também comparando-o, entre 2016 a 2020, com os valores de Uberlândia, estado de Minas Gerais, região Sudeste e Brasil (2016-2020). Os testes estatísticos foram de comparação simples e múltiplas adotando-se um nível de confiança de 95%. Os resultados da pesquisa mostram que o município de Uberlândia apresentou os maiores valores para a maioria dos indicadores analisados, com exceção do IN021. No comparativo com as regiões, Juiz de Fora demonstrou dados inferiores em relação a Uberlândia, porém, com melhorias no decorrer dos anos. Acerca das análises estatísticas, todos os indicadores apresentaram aderência a distribuição normal com exceção do IN015 de Juiz de Fora. O município de Uberlândia apresentou os maiores valores para a maioria dos indicadores analisados, com exceção do IN021. Porém, Juiz de Fora apresentou dados para os demais indicadores (IN006, IN015 e IN031) com melhorias no decorrer dos anos. Sobre os testes paramétricos, a maioria dos indicadores para as áreas estudadas apresentam diferenças que são estatisticamente significativas (teste t; p-valores<0,05), com exceção do IN006 para Juiz de Fora versus Uberlândia e todas as comparações feitas do indicador IN021 (teste t; p-valores>0,05). Já o IN031 (teste t; p-valores>0,05) e o IN015 (teste U de Mann-Whitney; p-valores>0,05), sendo o segundo o único submetido ao teste não paramétrico, também apresentaram diferenças que são estatisticamente significativas. Percebe-se que a dificuldade de entendimento no preenchimento e análise dos dados coletados, insuficiência de investimentos no setor somada à falta de conscientização da população acerca da importância de suas ações individuais apresentam-se como empecilhos para o alcance da universalização do saneamento no contexto dos resíduos. No entanto, Uberlândia exemplifica um modelo bem sucedido a ser seguido para os demais municípios brasileiros, demonstrando que, através de uma gestão eficiente, é possível alcançar bons resultados mesmo com as disparidades econômicas, sociais e políticas existentes no Brasil.

## ABSTRACT

**Keywords:** Urban solid waste, indicators, waste management, database, historical analysis.

The production of solid waste for the most diverse purposes in our current society is growing. The problem arises when these residues are not managed correctly, which can cause contamination of soil, surface and groundwater. The National Sanitation Information System (SNIS) is an extremely important platform for the sanitation sector, since, through its database, it allows characterizing the current situation of the four pillars of basic sanitation (water, sewage, drainage and waste) in the 5,570 existing Brazilian municipalities. In this context, the present study sought to statistically analyze four SNIS waste indicators, between the years 2002 to 2020, in the municipality of Juiz de Fora, using the complete series of data, and also comparing it, between 2016 to 2020, with the values of Uberlândia, state of Minas Gerais, Southeast region and Basil (2016-2020). Statistical tests were simple and multiple comparisons, adopting a confidence level of 95%. The survey results show that the municipality of Uberlândia had the highest values for most of the analyzed indicators, with the exception of IN021. In comparison with the regions, Juiz de Fora showed lower data in relation to Uberlândia, however, with improvements over the years. Regarding the statistical analyses, all indicators showed adherence to normal distribution, with the exception of IN015 in Juiz de Fora. The municipality of Uberlândia had the highest values for most of the analyzed indicators, with the exception of IN021. However, Juiz de Fora presented data for the other indicators (IN006, IN015 and IN031) with improvements over the years. About the parametric tests, most indicators for the areas studied show differences that are statistically significant (t test; p-values<0.05), with the exception of IN006 for Juiz de Fora versus Uberlândia and all comparisons made for indicator IN021 (t-test; p-values>0.05). IN031 (t test; p-values>0.05) and IN015 (Mann-Whitney U test; p-values>0.05), the second being the only one submitted to the non-parametric test, also showed differences that are statistically significant. It is noticed that the difficulty of understanding in filling out and analyzing the collected data, insufficient investments in the sector, added to the population's lack of awareness about the importance of their individual actions, are obstacles to achieving the universalization of sanitation in the context of waste. However, Uberlândia exemplifies a successful model to be followed by other Brazilian municipalities, demonstrating that, through efficient management, it is possible to achieve good results even with the economic, social and political disparities that exist in Brazil.

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> - Geração de resíduos sólidos no território de Juiz de Fora (milhares t/ano).	19
<b>Figura 2 A e B</b> - Aplicação de garrafas plásticas na confecção de quadros de bicicletas (reciclagem) e utilização de garrafas PET como vasos de plantas (reutilização).	20
<b>Figura 3 A e B</b> - Composto sólido e o biofertilizante líquido provenientes de uma composteira doméstica.	21
<b>Figura 4 A e B</b> - Notícias recentes sobre os impactos causados pelos microplásticos.	23
<b>Figura 5</b> - Mosaico das internações hospitalares por doenças relacionadas ao saneamento ambiental inadequado, por 100.000 habitantes, nos estados brasileiros – IDS (2016).	25
<b>Figura 6</b> - Vista da área urbana de Juiz de Fora (MG).	27
<b>Figura 7</b> - Mapa de localização do município de Juiz de Fora (MG).	28
<b>Figura 8</b> - Mapa comparativo da evolução da composição territorial do município de Juiz de Fora (MG) nos anos 1985 x 2021.	29
<b>Figura 9</b> - Legenda dos Gráficos Boxplot.	33
<b>Figura 10</b> - Fluxograma síntese da metodologia de trabalho.	35
<b>Figura 11</b> - Comparação da evolução do Indicador IN006 do SNIS-RS para o município de Juiz de Fora em relação à Uberlândia, Minas Gerais, região Sudeste e Brasil (2002-2020).	37
<b>Figura 12</b> - Comparação da evolução do Indicador IN015 do SNIS-RS para o município de Juiz de Fora em relação à Uberlândia, Minas Gerais, região Sudeste e Brasil (2002-2020).	38
<b>Figura 13</b> - Comparação da evolução do Indicador IN021 do SNIS-RS para o município de Juiz de Fora em relação à Uberlândia, Minas Gerais, região Sudeste e Brasil (2002-2020).	38
<b>Figura 14</b> - Comparação da evolução do Indicador IN031 do SNIS-RS para o município de Juiz de Fora em relação à Uberlândia, Minas Gerais, região Sudeste e Brasil (2002-2020).	39
<b>Figura 15</b> - Mapa dos valores de mediana do indicador IN006 do SNIS-RS nos municípios brasileiros (2002-2020).	41
<b>Figura 16</b> - Mapa dos valores de mediana do indicador IN015 do SNIS-RS nos municípios brasileiros (2002-2020).	42
<b>Figura 17</b> - Mapa dos valores de mediana do indicador IN021 do SNIS-RS nos municípios brasileiros (2002-2020).	43
<b>Figura 18</b> - Mapa dos valores de mediana do indicador IN031 do SNIS-RS nos municípios brasileiros (2002-2020).	44



**Figura 19** - Comparação do Indicador IN006 (R\$/hab.) do SNIS-RS de Juiz de Fora (JF) em relação a Uberlândia (UB), Minas Gerais (MG), Sudeste (SU) e Brasil (BR) (2016-2020). 48

**Figura 20** - Comparação do Indicador IN015 (%) do SNIS-RS de Juiz de Fora (JF) em relação a Uberlândia (UB), Minas Gerais (MG), Sudeste (SU) e Brasil (BR) (2016-2020). 49

**Figura 21** - Comparação do Indicador IN021 (Kg/hab.x dia) do SNIS-RS de Juiz de Fora (JF) em relação a Uberlândia (UB), Minas Gerais (MG), Sudeste (SU) e Brasil (BR) (2016-2020)50

**Figura 22** - Comparação do Indicador IN031 (%) do SNIS-RS de Juiz de Fora (JF) em relação a Uberlândia (UB), Minas Gerais (MG), Sudeste (SU) e Brasil (BR) (2016-2020). 51

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1</b> - Levantamento dos estudos utilizados para a escolha dos indicadores do SNIS-RS no presente trabalho.	31
<b>Tabela 2</b> - Indicadores escolhidos do SNIS-RS para análise no presente trabalho.	32
<b>Tabela 3</b> - Medidas descritivas dos indicadores IN006, IN015, IN021 e IN031 para o município de Juiz de Fora (2002-2020).	36
<b>Tabela 4</b> - Comparativo das medianas dos indicadores de resíduos do SNIS-RS de Juiz de Fora em relação a Uberlândia, Estado de Minas Gerais, ao Sudeste e ao Brasil (2002-2020).	45
<b>Tabela 5</b> - Medidas descritivas dos indicadores IN006, IN015, IN021 e IN031 para o município de Uberlândia, estado de Minas Gerais, região Sudeste e Brasil (2016 - 2020).	47
<b>Tabela 6</b> - Comparativo das medianas dos indicadores de resíduos do SNIS-RS de Juiz de Fora em relação a Uberlândia, Estado de Minas Gerais, ao Sudeste e ao Brasil (2016-2020).	52
<b>Tabela 7</b> - Valores de p-valor para os testes U de Mann-Whitney e Teste “t” dos indicadores IN006, IN015, IN021 e IN031 para Juiz de Fora, Uberlândia, Minas Gerais, Sudeste e Brasil (2016-2020).	53

## **LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

ABES	Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ABRELPE	Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais
ABETRE	Associação Brasileira de Empresas Tratamento de Resíduos e Efluentes
ANA	Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico
ANCAT	Associação Nacional de Catadores
CTE	Central de Tratamento de Resíduos
CEMPRE	Compromisso Empresarial para Reciclagem
DEMLURB	Departamento Municipal de Limpeza Urbana
DMAE	Departamento Municipal de Água e Esgoto
DRSAI	Doenças Relacionadas ao Saneamento Ambiental Inadequado
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IDS	Indicadores do Desenvolvimento Sustentável
IPEA	Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada
NBR	Norma Brasileira
LNSB	Lei Nacional do Saneamento Básico
ODS	Objetivos do Desenvolvimento Sustentável
ONU	Organização das Nações Unidas
PGIRS	Plano de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos
PNRS	Política Nacional de Resíduos Sólidos

PNUMA	Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente
PMSS	Programa de Modernização do Setor Saneamento
RDO	Resíduos Sólidos Domiciliares
RSU	Resíduos Sólidos Urbanos
RPU	Resíduos Sólidos Públicos
SINIR	Sistema Nacional de Informações sobre a Gestão dos Resíduos Sólidos
SNIS	Sistema Nacional de Informação sobre Saneamento
SNS	Secretaria Nacional de Saneamento

## SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO	15
1. INTRODUÇÃO	16
1.1. CONTEXTUALIZAÇÃO	16
1.2. OBJETIVOS	18
1.2.1. OBJETIVO GERAL	18
1.2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	18
1.3 ESTRUTURA DO TRABALHO	18
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	19
2.1 CONCEITO E CLASSIFICAÇÃO	19
2.2 PRODUÇÃO, COLETA E COMPOSIÇÃO GRAVIMÉTRICA	19
2.3 RECICLAGEM E COMPOSTAGEM	21
2.4 MICROPLÁSTICOS	22
2.5 DISPOSIÇÃO X DESTINAÇÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS	23
2.6 DOENÇAS RELACIONADAS AO SANEAMENTO AMBIENTAL INADEQUADO (DRSAI)	25
2.7 INVESTIMENTOS NO SETOR DE RESÍDUOS	26
3. METODOLOGIA	28
3.1 ÁREA DE ESTUDO	28
3.2 BASE DE DADOS: SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO (SNIS)	30
3.3 INDICADORES AVALIADOS NA PESQUISA	31
3.4 TRATAMENTO ESTATÍSTICO DOS DADOS	35
3.4.1. ANÁLISE DESCRITIVA	35
3.4.2. TESTES DE HIPÓTESES	36
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES	38
4.1. UTILIZANDO A SÉRIE COMPLETA DE DADOS (2002-2020)	38
4.1.1 ESTATÍSTICA DESCRITIVA	38
4.1.2. COMPARAÇÃO DA EVOLUÇÃO DOS INDICADORES	40
4.2. COMPARAÇÃO DO MUNICÍPIO DE JUIZ DE FORA COM DEMAIS REGIÕES (2016-2020)	50
4.2.1. ESTATÍSTICA DESCRITIVA	50

4.2.2. TESTE DE ADERÊNCIA À DISTRIBUIÇÃO NORMAL	59
4.2.3. TESTE U DE MANN-WHITNEY E TESTE “T”	59
4.3 REFLEXÕES SOBRE A PROBLEMÁTICA DOS RESÍDUOS SÓLIDOS	61
5. CONCLUSÃO	65
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	66
APÊNDICE A	76
APÊNDICE B	77
APÊNDICE C	78
APÊNDICE D	81

## **APRESENTAÇÃO**

O Presente trabalho foi elaborado e avaliado no formato de trabalho completo: Diagnóstico de indicadores de re\$íduos sólidos urbanos utilizando a base do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento, de acordo com as normas definidas na Resolução nº 14/2019 do Colegiado do curso de Engenharia Ambiental e Sanitária da UFJF, como pré requisito para aprovação na disciplina Trabalho Final de Curso II (ESA098).

# 1. INTRODUÇÃO

## 1.1. CONTEXTUALIZAÇÃO

Em um contexto de acordos mundiais em prol do meio ambiente (Acordo de Paris), em que se discute as bases de uma nova economia (Economia Circular) e as metas para um futuro sustentável (ODS - Objetivos de Desenvolvimento Sustentável), a gestão de resíduos assume um caráter de fundamental importância em virtude de seu impacto na sociedade atual, tornando indispensável que as governanças assegurem recursos específicos para viabilizar o aprimoramento das infraestruturas e operações adequadas à uma gestão integrada e sustentável (ABRELPE, 2015).

A palavra lixo provém do latim *lix*, que significa lixo ou cinzas. Também do latim provém o termo resíduo, *residuu*, que significa o que sobra (PINHO, 2011). A crescente geração de resíduos e as práticas de descarte inadequado estabelecidas resultaram em volumes crescentes e em sérios problemas ambientais e de saúde pública. Como consequência, tem-se inúmeros focos de disposição irregular causando a contaminação de solos, corpos d'água, e também proliferação de doenças como dengue e leptospirose, cujos vetores encontram nesses locais inadequados um ambiente propício para sua disseminação (IPEA, 2020).

A universalização do acesso aos serviços de saneamento e sua efetiva prestação são preconizadas pela Lei Nacional do Saneamento Básico - LNSB (Lei nº 11.445/2007), a qual foi atualizada pelo Novo Marco Legal do Saneamento Básico (Lei nº 14.026/2020), que tem como objetivo central melhorar as condições estruturais do serviço de saneamento no país. Diversas metas foram apresentadas para garantir que 99% da população tenha acesso à água potável e 90% à coleta e tratamento de esgoto até 2033, além de atribuir competências relacionadas ao processo de regulação, fiscalização e controle à Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA), bem como facilitar a introdução do setor privado, como uma tentativa de atrair investidores que atendam às metas propostas (BRASIL, 2020).

Mediante a necessidade de proporcionar um levantamento acerca da situação do saneamento no Brasil, o Sistema Nacional de Informações sobre o Saneamento (SNIS) foi criado através do Programa de Modernização do Setor Saneamento (PMSS), sendo responsável por recolher dos prestadores de serviços informações referentes aos serviços de Água e Esgotos (AE), Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) e Drenagem e Manejo das Águas Pluviais Urbanas (AP). A divulgação



destes resultados é feita anualmente, por meio de índices, indicadores e análises sistemáticas acerca dos quatro pilares do saneamento (MDR, 2022), por meio dos diagnósticos disponibilizados gratuitamente ao público (LEITE *et al.*, 2019).

Segundo o Ranking da Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental – ABES (2021), que identifica o quão próximo os municípios estão da universalização do saneamento a partir de indicadores de AE, RSU e AP, o município de Uberlândia apresenta a vigésima classificação geral e a primeira em Minas Gerais, com índices de 99,01% de coleta de resíduos, 100% de destinação adequada e 28,4% de taxa de internações por doenças relacionadas ao saneamento ambiental inadequado (DRSAI). Já Juiz de Fora ocupa a posição 152º geral e a 20º no estado, apresentando, para os mesmos índices 99,70%, 100% e 46,8% respectivamente.

Os indicadores de saneamento são ferramentas muito úteis no gerenciamento do setor pois, ao passo que operacionalizam o conceito de sustentabilidade, traduzem também a realidade dos municípios, estados e do país e tornam-se importantes para o melhor embasamento na tomada de decisões, auxiliando na priorização de metas e ações aplicáveis às fases de planejamento, monitoramento e avaliação dos resíduos sólidos (POLAZ, 2008). Nesse sentido, a análise da evolução de indicadores de resíduos se mostra como uma ferramenta de fundamental importância não só para um melhor gerenciamento, mas também como norteador de tomadas de decisão do setor. As possíveis relações encontradas no estudo podem auxiliar na compreensão da conjuntura atual do município de Juiz de Fora em relação ao panorama nacional, e promover reflexões acerca dos motivos que o levaram a tal situação, além de ajudar a propor soluções para melhoria desses indicadores.

## **1.2. OBJETIVOS**

### **1.2.1. OBJETIVO GERAL**

O presente trabalho tem como objetivo apresentar um diagnóstico de quatro indicadores de saneamento de resíduos do SNIS da cidade de Juiz de Fora (MG) e demonstrar sua evolução no período de 2002 a 2020 por meio de análises estatísticas.

### **1.2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Comparar os resultados com obtidos com a situação de Uberlândia (UB), Estado de Minas Gerais (MG), Região Sudeste (SU) e Brasil (BR) nos últimos cinco anos;
- Evidenciar os resultados em gráficos e mapas utilizando ferramentas de geoprocessamento para facilitar o entendimento do tema;
- Realizar uma análise crítica da situação atual dos resíduos no município e da problemática social envolvendo o assunto.

## **1.3 ESTRUTURA DO TRABALHO**

O trabalho está dividido em 5 capítulos, incluindo este Capítulo 1 introdutório.

O Capítulo 2 apresenta a revisão bibliográfica a respeito dos resíduos sólidos.

O Capítulo 3 apresenta a metodologia utilizada neste trabalho, trazendo as especificações sobre a área de estudo, base de dados, indicadores e metodologia adotada nas análises realizadas.

O Capítulo 4 apresenta os resultados encontrados nas análises do STATISTICA, discussão a respeito deles, bem como o tópico de reflexão a respeito da problemática que envolve os resíduos.

O Capítulo 5 apresenta as considerações finais e sugestões para futuros trabalhos.

## **2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

### **2.1 CONCEITO E CLASSIFICAÇÃO**

Os resíduos sólidos são definidos como: “resíduos nos estados sólido e semissólido, que resultam de atividades de origem industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição (...)” (ABNT NBR 10.004:2004).

Ainda segundo a norma, podem ser classificados como: i) Resíduos classe I (Perigosos): apresentam características de inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade e/ou patogenicidade; ii.i) Resíduos classe II A (Não perigosos/Não inertes): resíduos não perigosos que possuem características como biodegradabilidade, combustibilidade ou solubilidade em água e ii.ii) Resíduos classe II B (Não perigosos/Inertes): resíduos que não possuem elementos em sua constituição que solubilizem a concentração superior ao padrão de potabilidade de água.

Segundo a Política Nacional de Resíduos Sólidos - PNRS (2010), resíduo, popularmente conhecido como lixo, é tudo aquilo que é descartado pela sociedade e pelas indústrias nas formas sólida (resíduos sólidos), líquida (efluentes) e gasosa (gases e vapores) enquanto que rejeitos são tipos de resíduos que não apresentam mais possibilidades de tratamento e recuperação por processos tecnológicos disponíveis e economicamente viáveis, sendo a única solução a disposição final ambientalmente adequada.

Ainda segundo a lei, a hierarquização na gestão de resíduos é de extrema importância, sendo esta dada pela seguinte ordem: i) não geração, ii) redução, iii) reutilização, iv) reciclagem, v) tratamento dos resíduos sólidos e iv) disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos.

### **2.2 PRODUÇÃO, COLETA E COMPOSIÇÃO GRAVIMÉTRICA**

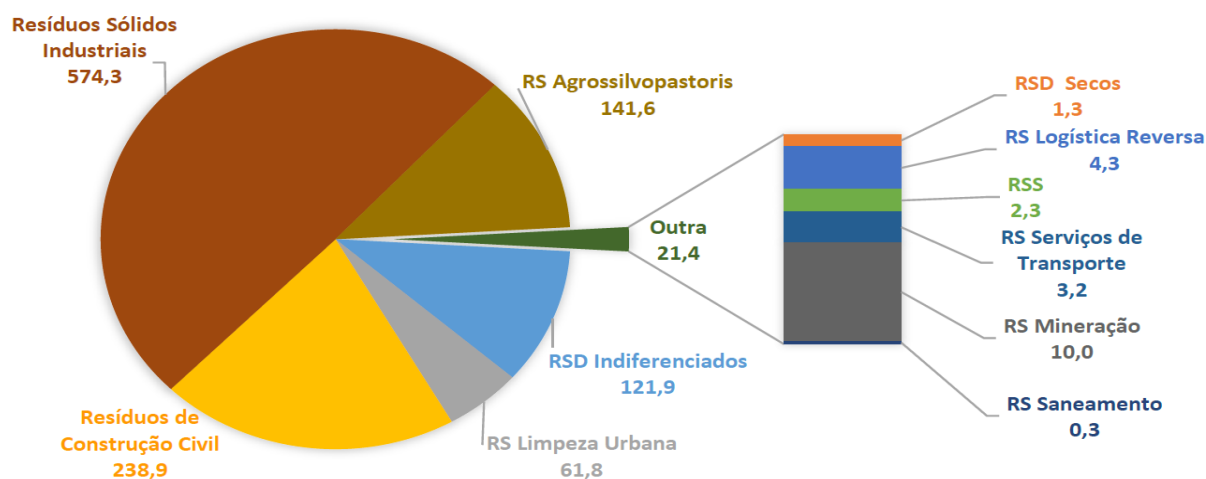
Atualmente, todas as cidades do planeta acumulam em média 1,3 bilhão de toneladas de resíduos sólidos por ano, o que representa em média 1,2 kg/hab./dia e devido ao rápido crescimento populacional e urbanização, espera-se que essa taxa cresça para 2,2 bilhões de toneladas até 2025 (RECICLA SAMPA, 2019 apud PNUMA, 2016).

A geração *per capita* e a caracterização dos resíduos sólidos relaciona-se diretamente com o desenvolvimento econômico de um país, o poder aquisitivo e o consumo de uma população: famílias mais ricas em países desenvolvidos apresentam indicadores de geração *per capita* de resíduos sólidos superiores às famílias mais pobres em países em desenvolvimento (CAMPOS, 2012). Além disso, verifica-se que nos países de maior renda, há uma produção maior de resíduos inorgânicos - como papel, vidro, plástico e metal -, e os de menor renda produzem resíduos com maior porcentagem de orgânicos (OLIVEIRA, 2003).

A coleta média de Resíduos Sólidos Domiciliares (RDO) e Resíduos Sólidos Públicos (RPU) gerados pela população urbana no Brasil é de 1,01 kg/habitante/dia (SNIS-RS, 2020). A composição gravimétrica dos Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) no país é composta por 45,3% de matéria orgânica, seguido por 16,8% plástico e 14,1 % de rejeitos (ABRELPE, 2020). Em relação a geração, a média nacional é de 390 kg/hab/ano, sendo a região Sudeste a detentora da maior porcentagem de produção em relação a outras regiões, com 49,7% de participação na geração de resíduos (ABRELPE, 2021).

A geração total de resíduos sólidos do município de Juiz de Fora é de 1160 mil toneladas por ano, o que corresponde a 3.718 toneladas diárias (PREFEITURA DE JUIZ DE FORA, 2022). O município apresenta uma geração *per capita* de 0,7 kg/hab./dia e sua composição é dada por 43,81% de orgânico, 31,74% recicláveis, 14,36% resíduos potencialmente contaminantes e 10,10% de rejeitos (CASTRO et al., 2017). A Figura 1 ilustra a geração de resíduos sólidos no território de Juiz de Fora (milhares t/ano).

**Figura 1** - Geração de resíduos sólidos no território de Juiz de Fora (milhares t/ano).

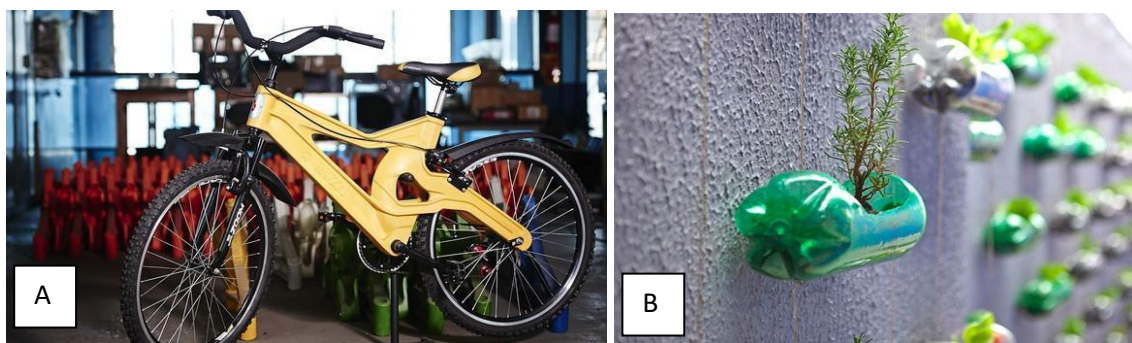


Fonte: (DEMLURB, 2018; FEAM, 2018; PNRs, 2018; I&T, 2018 apud Prefeitura de Juiz de Fora, 2022).

## 2.3 RECICLAGEM E COMPOSTAGEM

Segundo a PNRS, reciclagem consiste na: “(...) transformação dos resíduos sólidos que envolve a alteração de suas propriedades físicas, físico-químicas ou biológicas, com vistas à transformação em insumos ou novos produtos (...)”, enquanto que a reutilização corresponde ao: “(...) aproveitamento dos resíduos sólidos sem sua transformação biológica, física ou físico-química (...)”. A Figura 2 A e B ilustra exemplos de reciclagem e reutilização, respectivamente.

**Figura 2 A e B** - Aplicação de garrafas plásticas na confecção de esquadros de bicicletas (reciclagem) e utilização de garrafas PET como vasos de plantas (reutilização).



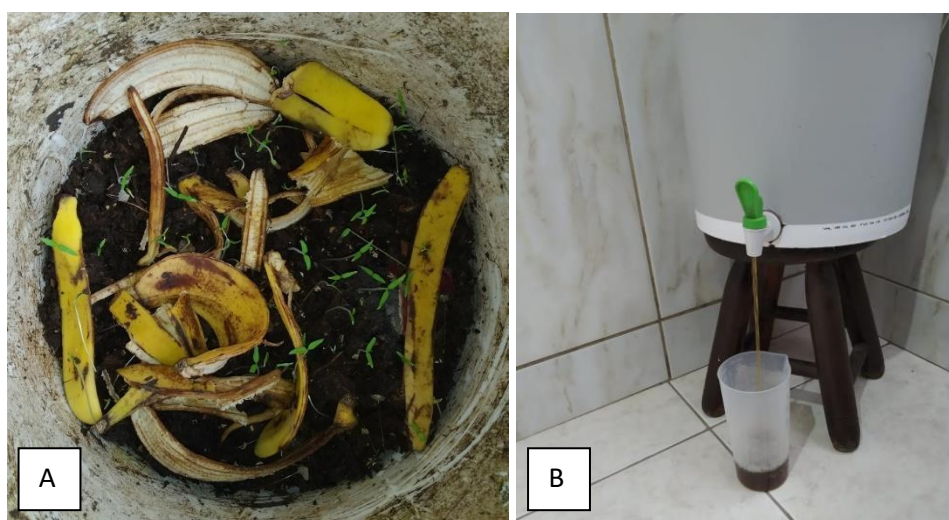
Fonte: Site Medium (2018).

A reciclagem juntamente com a logística reversa, foi estabelecida na PNRS (2010) como um dos instrumentos de implementação do princípio da responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos. Existem iniciativas presentes em 73% das cidades, mas ainda são bastante incipientes, demonstrando a fragilidade das redes existentes, a inexistência de um mercado estruturado para absorver os resíduos e as dificuldades logísticas e tributárias (ABRELPE, 2019).

Uma solução possível, dada a alta porcentagem de resíduos orgânicos nos RSU brasileiros, é a compostagem, processo que consiste na reciclagem da fração orgânica do lixo por meio de processos biológicos que forma dois subprodutos aplicáveis a agricultura: o adubo sólido e o biofertilizante líquido (BERSAN, KELMER, RIGHI, 2020). Somado a isso, outra vantagem é a redução da emissão de metano em uma proporção de 3 kg CH<sub>4</sub>/tonelada de resíduo durante a degradação, inibindo assim a emissão de gases de efeito estufa (IPCC, 2007; ABRELPE, 2020).

A Figura 3 A e B ilustra o composto sólido e o biofertilizante líquido provenientes de uma composteira doméstica.

**Figura 3 A e B** - Composto sólido e o biofertilizante líquido provenientes de uma composteira doméstica.



Fonte: Arquivo pessoal (2019).

O município de Juiz de Fora, no ano de 2019, destinou aproximadamente 450 toneladas de resíduos para a reciclagem, no entanto, não apresentou dados para outras tecnologias alternativas de tratamento como compostagem, incineração e recuperação energética, apresentando um aumento de 28,6% em relação ao ano de 2014, que recuperou aproximadamente 350 toneladas. Ainda segundo a mesma fonte, para o referido ano, o município recuperou cerca de 900 toneladas de material reciclado através da coleta seletiva por meio da Prefeitura, tendo um aumento de 125% em relação ao ano de 2014, que recuperou aproximadamente 300 toneladas através de empresas privadas e 100 toneladas através da Prefeitura (SINIR, 2021).

## 2.4 MICROPLÁSTICOS

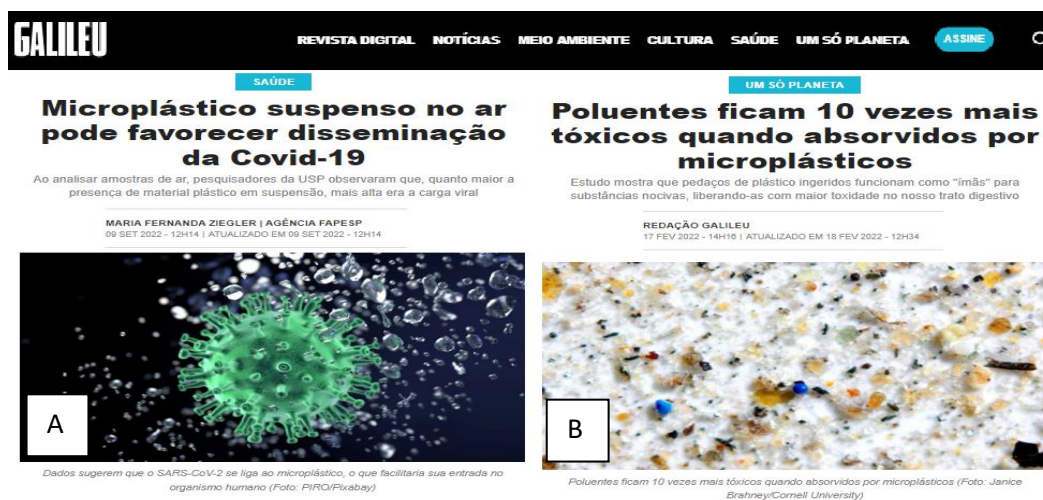
Uma consequência atual da produção crescente de resíduos atrelada a baixa porcentagem da reciclagem é a geração crescente dos microplásticos, que são polímeros - com tamanho menor que 5 mm podendo chegar a 0,001 mm (nanoplásticos) - provenientes da degradação por fatores

bióticos (microrganismos) ou abióticos (radiação UV) -, de resíduos que apresentem plástico em sua composição.

Estes impactam no ambiente, pois podem adsorver compostos altamente tóxicos como hidrocarbonetos e metais pesados devido às suas grandes áreas de superfície, que podem ser adsorvidas pelos organismos e atravessar suas barreiras imunológicas naturais, gerando inúmeras consequências tóxicas e até mesmo letais como afetação de órgãos, tecidos e até mesmo a funcionalidade da célula (RAFIEE et al., 2018). Em um estudo publicado na revista *Polymers*, Ragusa *et al.* (2022) detectou microplásticos em leite materno pela primeira vez, tendo uma resposta positiva de contaminação em 75% das amostras retiradas de 34 mães saudáveis, uma semana após o parto, em Roma, na Itália.

A Figura 4 A e B demonstra algumas matérias recentes da Revista Galileu acerca da diversidade dos impactos causados pelos microplásticos no meio ambiente e na saúde humana.

**Figura 4 A e B** - Notícias recentes sobre os impactos causados pelos microplásticos.



Fonte: Revista Galileu (2022).

## 2.5 DISPOSIÇÃO X DESTINAÇÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS

De acordo com a PNRS, destinação final ambientalmente adequada: “ (...) inclui a reutilização, reciclagem, compostagem, recuperação e aproveitamento energético ou outras destinações admitidas pelos órgãos competentes (...), entre elas a disposição final (...)”, enquanto que a disposição final consiste na: “ (...) distribuição ordenada de rejeitos em aterros, observando



normas operacionais específicas de modo a evitar danos ou riscos à saúde pública e à segurança e a minimizar os impactos ambientais adversos.”

Além dessas, a definição das três formas de destinação mais utilizadas no Brasil também se mostra de fundamental importância. O Aterro Sanitário é uma obra de engenharia destinada para a disposição dos RSU no solo, que emprega técnicas e tecnologias apropriadas para que este procedimento como cobertura diária dos resíduos, queima do metano e tratamento do lixiviado, minimizando os impactos ambientais (ABNT/NBR 8419:1992).

O aterro controlado caracteriza-se como uma técnica de confinamento dos resíduos - uma espécie de alternativa intermediária - comumente utilizada em cidades de pequeno porte, onde os RSU recebem uma cobertura de solo ao final de cada jornada e geralmente não possuem sistemas de impermeabilização de dispersão de chorume e gases, facilitando a contaminação de águas subterrâneas (ABNT/NBR 8849:1985).

Já os lixões representam uma forma inadequada de disposição final, onde ocorre uma simples descarga de resíduos sobre o solo, de forma desordenada e sem compactação, tendo como consequência a poluição do solo, ar e água, bem como a proliferação de vetores e geração de maus odores (RIGHI, 2017). Segundo a Associação Brasileira de Empresas de Tratamento de Resíduos e Efluentes – ABETRE (2021), existem em funcionamento no Brasil aproximadamente 2.612 lixões, estando concentrados em maior número na região Nordeste (1.426), e em menor na Sul (98) (ABETRE, 2021).

Para o ano de 2020, 60,2% dos resíduos apresentaram destinação final ambientalmente correta no Brasil, sendo destinados a aterros sanitários, enquanto que 39,8% foram para áreas de disposição inadequada incluindo lixões e aterros controlados, que infelizmente ainda estão em operação, o que equivale a aproximadamente 30 milhões de toneladas de resíduos para o referido ano (ABRELPE, 2021). Para a região Sudeste, 73,4% foram destinados de maneira correta e 26,6% não foram, o que significa que aproximadamente 10.706.257 toneladas de resíduos foram dispostas em aterros controlados e lixões apenas no ano de 2021 (ABRELPE, 2021). Já para Minas Gerais, 469 dos 545 municípios urbanos destinam seus RSU em aterros sanitários ou unidades de triagem e compostagem licenciadas, ou seja, o atendimento da população urbana é de 71,73% (CORESAB, 2022).

Em relação ao panorama de Juiz de Fora, segundo o Departamento Municipal de Limpeza Urbana – DEMLURB (2020), nos anos de 2002 a 2004 e anteriormente a isso, os resíduos eram dispostos de forma inadequada em lixões e aterros controlados. Em 2005 foi inaugurado o aterro



de Salvaterra em uma área onde já havia um lixão desde 1999 e foi desativado em 2010. Em 2010, foi inaugurado a Central de Tratamento de Resíduos (CTR) em Dias Tavares, onde os resíduos são prioritariamente destinados desde então. Aproximadamente 170.000 toneladas de resíduos sólidos foram dispostas em aterros sanitários no município em 2019, tendo uma redução de 47% em relação ao ano de 2014, que apresentou 250.000 (SINIR, 2021).

## **2.6 DOENÇAS RELACIONADAS AO SANEAMENTO AMBIENTAL INADEQUADO (DRSAI)**

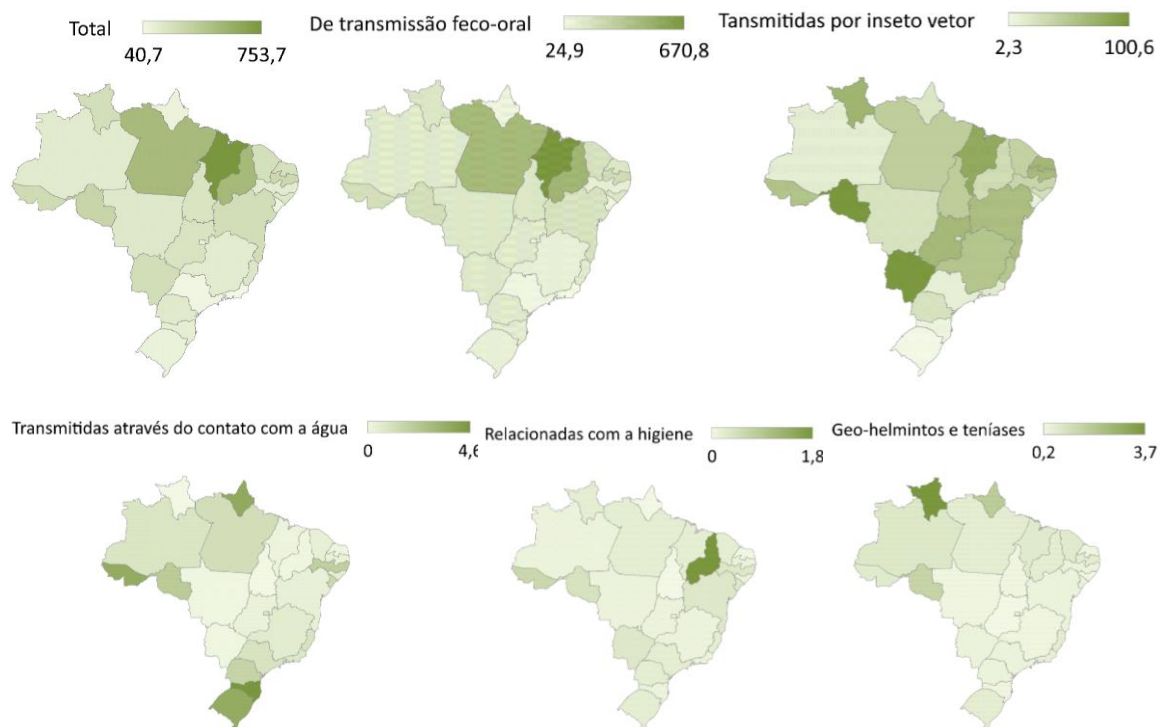
Nesse contexto, a complexa situação do saneamento do Brasil somada às recorrentes concentrações populacionais principalmente nos centros urbanos, corroboram para o surgimento das chamadas Doenças Relacionadas ao Saneamento Ambiental Inadequado (DRSAI), que têm relação direta com o ambiente degradado (FONSECA & VASCONCELOS, 2011). Essas doenças estão relacionadas a falta ou insuficiência de saneamento ambiental e condições de moradia precárias (SIQUEIRA *et al.*, 2017), e são transmitidas por meio do contato com esgotos e excrementos humanos (MALHEIROS, PHILIPPI & COUTINHO, 2008).

De acordo com Turolla (2022), são exemplos dessas doenças: diarreias, leptospirose, doença de Chagas, teníases, hepatite A, entre outras. Segundo o Instituto Trata Brasil (2017), no ano de 2013, foram notificadas mais de 391 mil internações por doenças gastrointestinais infecciosas no Brasil, sendo as regiões Norte e Nordeste as detentoras dos piores índices, com 91,3% e 75,3% dos habitantes sem acesso a coleta de esgoto em suas residências, respectivamente.

Dada a importância do tema, as DRSAI foram inseridas nos Indicadores de Desenvolvimento Sustentável (IDS) a partir do ano de 2004, que permite visualizar a precariedade nos sistemas de saneamento além de serem um risco para a saúde da população, sobretudo para as pessoas mais pobres vivendo em condições insalubres (IBGE, 2012).

As internações por DRSAI no Brasil mostram as desigualdades regionais existentes no país (Lobato & Jardim, 2014) especialmente na diferença de investimentos nas regiões, sendo maiores no Sul e Sudeste (SNIS, 2020), as quais podem ser visualizadas na Figura 5, para o ano de 2016.

**Figura 5** - Mosaico das internações hospitalares por doenças relacionadas ao saneamento ambiental inadequado, por 100.000 habitantes, nos estados brasileiros – IDS (2016).



Fonte: O autor (2022).

## 2.7 INVESTIMENTOS NO SETOR DE RESÍDUOS

A falta de recursos aplicados no setor de resíduos, que gira em torno de R\$10,75 habitante/mês para custeio de todos os serviços - incluindo coleta, transporte, a destinação final e os serviços de varrição, capina, limpeza e manutenção de parques e jardins, limpeza de córregos, entre outros -, explica os índices preocupantes existentes atualmente, uma vez que o volume de RSU que segue para unidades de disposição inadequada continua aumentando, denotando a falta de prioridade para o tema e a carência de recursos para financiar soluções (ABRELPE, 2021).

Apesar da deficiência de investimentos, é interessante percebermos as oportunidades de mercado que o setor de resíduos apresenta. As cooperativas e associações de catadores acompanhadas pela Associação Nacional dos Catadores (ANCAT) registraram, em 2017, uma coleta de 84.303 toneladas de resíduos recicláveis, faturando aproximadamente R\$ 39,1 milhões (ABRELPE, 2019).

Em entrevista ao portal Brasil 61 (2021), o presidente da ABRELPE, Carlos Silva Filho, afirmou que “o mercado de gestão de RSU nos mostra uma perspectiva de crescimento considerável, apresentando índices reduzidos de reciclagem que podem ser ampliados além de diversas outras oportunidades em escala comercial, como recuperação energética e digestão anaeróbia”. Conforme um estudo realizado pela Pipe Social, apresentado no 3º Mapa de Negócios de Impacto do Relatório Nacional (2021), no país houve um crescimento de 42% nos negócios focados na gestão de resíduos, o que vai de encontro ao grande potencial dos resíduos em se tornarem um negócio de impacto e lucrativo.

Uma proposta para a melhoria do saneamento no país foi trazida a partir das disposições do Novo Marco Legal do Saneamento (Lei nº 14.026/2020), que determina que a sustentabilidade econômico-financeira dos serviços de limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos deve ser assegurada por meio de instrumento de remuneração com cobrança dos usuários, garantindo por consequência maior receita e maiores investimentos no setor. Tal regulamento também prorroga novamente o prazo para o fim dos lixões até o ano de 2024, remontando ao Decreto nº 7.217 (2010), que estipulou o primeiro prazo máximo até o ano de 2014.

### 3. METODOLOGIA

#### 3.1 ÁREA DE ESTUDO

Conhecida no final do século XIX e início do século XX como a “Manchester Mineira”, a cidade de Juiz de Fora foi vista como exemplo de desenvolvimento e modernidade devido ao seu pioneirismo no desenvolvimento industrial tornando-a à época a mais importante do estado (Cordovil, 2013). Como consequência disto, atualmente é uma das cidades brasileiras com melhores índices de qualidade de vida, se destacando no ranking de desenvolvimento humano da ONU e apresentando uma das mais altas expectativas de vida do Brasil (Prefeitura de Juiz de Fora, 2022). A Figura 6 ilustra a situação atual da área urbana do município.

**Figura 6** - Vista da área urbana de Juiz de Fora (MG).

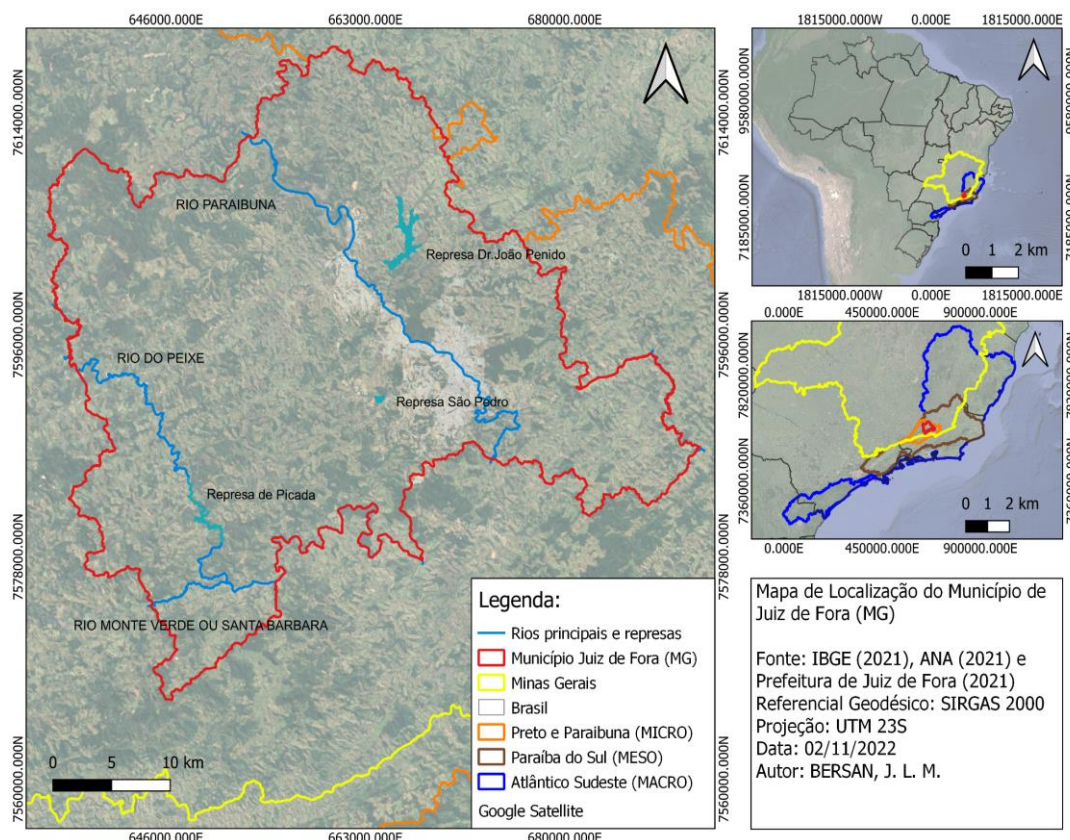


Fonte: Prefeitura de Juiz de Fora (2022).

O município de Juiz de Fora está localizado na bacia hidrográfica dos Afluentes Mineiros dos Rios Preto e Paraibuna, pertencente à bacia do Rio Paraíba do Sul que por sua vez, pertence à bacia do Atlântico Sudeste. Está compreendido na Zona da Mata Mineira, situado a 698 metros de altitude e localizado nas coordenadas geográficas 21° 41' 20" Sul (Latitude) e 43° 20' 40" Oeste (Longitude).

Segundo dados do IBGE (2021), a área territorial do município é de 1.435,749 km<sup>2</sup>, está dividido em nove distritos e apresenta diversos cursos d'água como o Rio Paraibuna, Rio Cágado, Grão-Mongol, Monte Verde e Rio do Peixe, além das represas Dr. João Penido, São Pedro e Picada. A Figura 7 apresenta o mapa de localização do município.

**Figura 7** - Mapa de localização do município de Juiz de Fora (MG).



Fonte: O autor (2022).

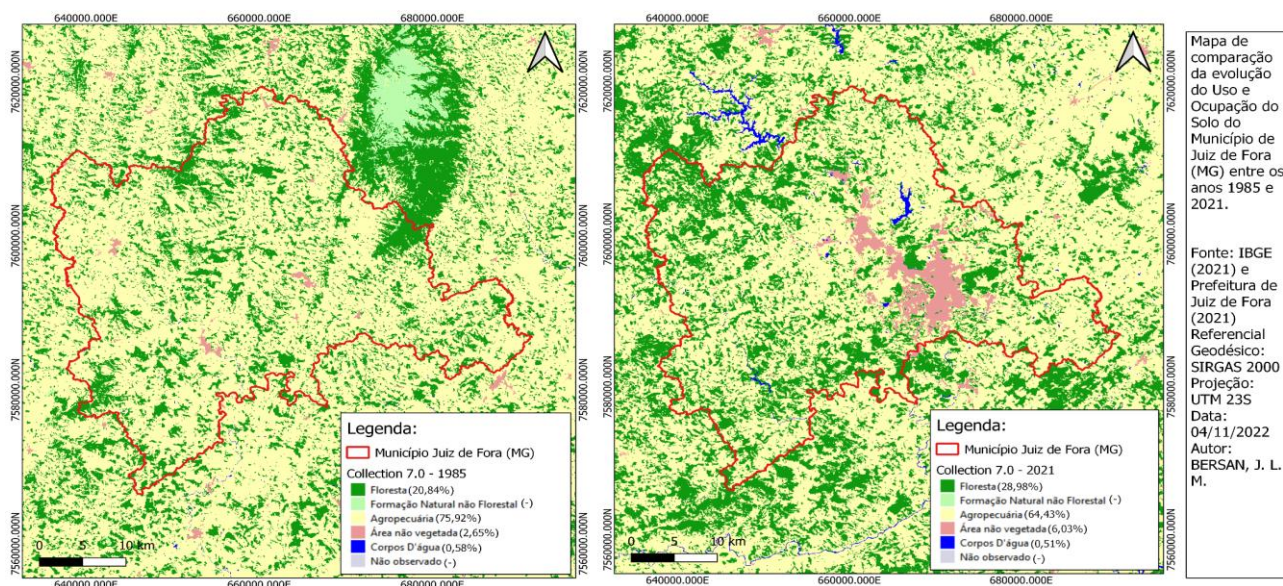
De acordo com o Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano de Juiz de Fora (2018), são outras informações importantes a respeito da caracterização do município: i) relevo: região montanhosa, com altitudes próximas a 1.000m e vales profundos localizados próximo à calha do rio Paraibuna (670 a 750 m); ii) dinâmica superficial: atividade intensa devido aos intensos processos erosivos, desmatamentos e movimentos de terra (escorregamentos e queda de blocos rochosos), iii) clima: duas estações bem definidas sendo uma de outubro a abril (com temperaturas mais elevadas e maiores precipitações) e outra de maio a setembro (mais fria e com menor pluviosidade) e iv) alterações ambientais: causadas principalmente por processos



antrópicos tendem a fenômenos como o da "Ilha de Calor", responsáveis por temperaturas mais elevadas na região central, além maiores pluviosidades nas áreas mais urbanizadas.

A evolução do uso e ocupação do solo do município apresenta uma modificação considerável quando comparada entre os anos 1985 e 2021, a qual pode ser consultada na Figura 8.

**Figura 8** - Mapa comparativo da evolução da composição territorial do município de Juiz de Fora (MG) nos anos 1985 x 2021.



Fonte: O autor (2022).

De acordo com a Figura 8, pode-se observar, por meio das informações do MapBiomias (2022), um aumento da área não vegetada, de cultivo agropecuário e da área desmatada, além de uma diminuição da ocupação por corpos d'água.

### 3.2 BASE DE DADOS: SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO (SNIS)

O Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS), criado em 1996, é uma unidade vinculada à Secretaria Nacional de Saneamento (SNS) do Ministério do Desenvolvimento Regional (MDR), e caracteriza-se como o sistema de mais consolidado no setor de saneamento

no Brasil (BRASIL, 2019). Este sistema de informação surgiu pelo intermédio do Programa de Modernização do Setor Saneamento (PMSS) (BRASIL, 2013).

Por meio do SNIS, é possível consultar gratuitamente, através de seu endereço eletrônico e no ambiente Série Histórica, as informações e indicadores de saneamento desde os primeiros anos de coleta, referentes aos serviços de Água e Esgoto (dados desde 1995), Manejo de Resíduos Sólidos Urbanos (desde 2002) e Drenagem e Manejo das Águas Pluviais Urbanas (desde 2015). A divulgação destes resultados é feita anualmente por meio dos diagnósticos dos quatro pilares do saneamento, onde os dados são disponibilizados tanto em planilhas quanto documentos contendo análises críticas de determinadas informações e indicadores de todo o território nacional.

Até o ano de 2008, somente uma restrita amostra de municípios era convidada a responder ao SNIS e, a partir de 2009, o convite foi estendido a todos os municípios brasileiros. Os dados do SNIS são coletados anualmente por meio do preenchimento voluntário dos prestadores dos serviços, como prefeitura municipal, companhias estaduais, autarquias e empresas privadas e corroboram para, dentre outros, monitorar e avaliar a prestação de serviços, definir políticas, projetos e ações para qualificar a gestão, orientar atividades regulatórias, e ampliar o atendimento à população (SNIS, 2018).

Segundo o SNIS-RS (2020), o crescimento dos municípios participantes do diagnóstico cresceu aproximadamente 4.200% em 18 anos, evoluindo de 108 (2002) para 4.589 em (2020) e a região Sudeste foi a detentora da maior porcentagem de participação (97,3% da população urbana e 97,7% da rural), enquanto a norte a menor (16,1% da população urbana e 12,5% da rural). É importante destacar que a adimplência do envio regular dos dados é um critério de seleção, hierarquização e liberação de recursos financeiros para cada tipo de serviço prestado dos programas de investimentos do Ministério do Desenvolvimento Regional (SNIS, 2019).

### **3.3 INDICADORES AVALIADOS NA PESQUISA**

Foi feito um levantamento bibliográfico na literatura a respeito de estudos recentes que utilizavam indicadores de resíduos, provenientes da base de dados do SNIS, para a escolha dos indicadores a serem adotados no presente trabalho, que podem ser visualizados na Tabela 1.

**Tabela 1** - Levantamento dos estudos utilizados para a escolha dos indicadores do SNIS-RS no presente trabalho.

<b>Autor</b>	<b>Indicadores de resíduos avaliados</b>	<b>Período</b>	<b>Local</b>
Salimena <i>et al.</i> (2021)	IN006 <sup>1</sup> , IN014 <sup>2</sup> , IN021 <sup>3</sup> , IN026 <sup>4</sup> , IN031 <sup>5</sup> e IN037 <sup>6</sup>	2016 a 2020	Centro-Oeste (CO), Norte (N), Nordeste (NE), Sul (S) e Sudeste (SE)
Ranking da ABES da Universalização do Saneamento (2021)	IN015 <sup>7</sup>	2021	Todos os municípios brasileiros
Canella (2021)	IN006 <sup>1</sup> , IN011 <sup>8</sup> , IN015 <sup>7</sup> , IN016 <sup>9</sup> , IN021 <sup>3</sup> , IN022 <sup>10</sup> , IN023 <sup>11</sup> , IN031 <sup>5</sup> e IN032 <sup>12</sup>	2009 a 2018	Municípios do Estado de Minas Gerais

Fonte: O autor (2022).

Dada a importância dos indicadores e para a melhor compreensão da problemática dos resíduos no município, foram elencados quatro indicadores chave, sendo estes IN006, IN015, IN021 e IN031, em função da sua abrangência de dados dentro do conceito da sustentabilidade e da importância de cada um com a gestão de RSU. A escolha desses indicadores visou abarcar alguns dos pilares chaves do gerenciamento de resíduos como despesas, coleta, geração e reciclagem, os quais foram especificados na Tabela 2.

<sup>1</sup> Despesa per capita com manejo de RSU em relação à população urbana (R\$/hab)

<sup>2</sup> Taxa de cobertura do serviço de coleta domiciliar direta (porta-a-porta) da população urbana do município (%)

<sup>3</sup> Massa coletada (RDO + RPU) per capita em relação à população urbana (kg/hab./dia)

<sup>4</sup> Taxa de resíduos sólidos da construção civil (RCC) coletada pela prefeitura em relação à quantidade total coletada (%)

<sup>5</sup> Taxa de recuperação de materiais recicláveis (exceto matéria orgânica e rejeitos) em relação à quantidade total (RDO + RPU) coletada (%)

<sup>6</sup> Taxa de RSS coletada em relação à quantidade total coletada (%)

<sup>7</sup> Taxa de cobertura da coleta RDO em relação à pop. total (%)

<sup>8</sup> Receita arrecadada per capita com taxas ou outras formas de cobrança pela prestação de serviços de manejo RSU (R\$/hab/ano)

<sup>9</sup> Taxa de cobertura do serviço de coleta de RDO em relação à população urbana (%)

<sup>10</sup> Massa (RDO) coletada per capita em relação à população atendida com serviço de coleta (kg/hab./dia)

<sup>11</sup> Custo unitário médio do serviço de coleta (RDO + RPU) (R\$/t)

<sup>12</sup> Massa recuperada per capita de materiais recicláveis (exceto material orgânico e rejeito) em relação à população urbana (kg/hab/ano)



**Tabela 2** - Indicadores escolhidos do SNIS-RS para análise no presente trabalho.

<b>Indicador</b>	<b>Descrição</b>	<b>Unidade</b>
IN006	Despesa per capita com manejo de RSU em relação à população urbana	R\$/hab
IN015	Taxa de cobertura da coleta RDO em relação à pop. total	%
IN021	Massa [RDO+RPU] coletada per capita em relação à pop. urbana	Kg/hab.xdia
IN031	Taxa de recuperação de recicláveis em relação à quantidade de RDO e RPU	%

Fonte: O autor (2022).

As fórmulas dos indicadores IN006, IN015, IN021 e IN031 podem ser consultadas nas Equações, 1, 3, 3 e 4 respectivamente.

$$IN015 = \frac{F2220}{POP\_URB} \quad \text{Eq. 1}$$

Onde:

IN006: Despesa per capita com manejo de RSU em relação à população urbana (R\$/hab.)

FE220: Despesa total com serviços de manejo de RSU (R\$)

POP\_URB: População urbana do município de acordo com o IBGE (hab.)

$$IN015 = \frac{COI64}{POP\_TOT} \cdot 100 \quad \text{Eq. 2}$$

Onde:

IN015: Taxa de cobertura da coleta RDO em relação à população total (%)

COI64: População total atendida no município (hab.)

POP\_TOT: População total do município de acordo com o IBGE (hab.)

$$IN021 = \frac{CO116 + CO117 + CS048 + CS042}{POP\_URB} \cdot \frac{1000}{365} \quad \text{Eq. 3}$$

Onde:

IN021: Massa [RDO+RPU] coletada per capita em relação à população urbana (Kg/hab.xdia)

CO116: Quantidade de RDO e RPU coletada pelo agente público (kg)

CO117: Quantidade de RDO e RPU coletada pelos agentes privados (kg)

CS048: Quantidade recolhida na coleta seletiva executada por associações ou cooperativas de catadores com parceria/apoio da Prefeitura (kg)

CS042: Quantidade de RDO e RPU coletada por outros agentes executores (kg)

POP\_URB: População urbana do município de acordo com o IBGE (hab.)

$$IN031 = \frac{CS009}{CO116 + CO117 + CS048 + CO142} \cdot 100 \quad \text{Eq. 4}$$

Onde:

IN031: Taxa de recuperação de recicláveis em relação à quantidade de RDO e RPU (%)

CS009: Quantidade total de materiais recicláveis recuperados (kg)

CO116: Quantidade de RDO e RPU coletada pelo agente público (kg)

CO117: Quantidade de RDO e RPU coletada pelos agentes privados (kg)

CS048: Quantidade recolhida na coleta seletiva executada por associações ou cooperativas de catadores com parceria/apoio da Prefeitura (kg)

CO142: Quantidade de RDO e RPU coletada por outros agentes executores (kg)

O período de análise de dados foi dividido em duas abordagens. A primeira de 2002 a 2020 - com exceção do IN015, que apresentou dados somente a partir de 2008 -, em virtude de ser o

intervalo de dados disponível no SNIS até o momento de confecção do presente trabalho e a segunda de 2016 a 2020, com o objetivo de apresentar uma versão que representa melhor a realidade atual.

Para melhor visualização dos dados, foram construídos gráficos com o auxílio do programa Excel e mapas processados pela ferramenta QGIS 3.20.2 (Odense). Os dados foram obtidos a partir da ANA (2021), do IBGE (2021) e da Prefeitura de Juiz de Fora (2021), além do Google Satélite e da Ferramenta MapBiomias.

### **3.4 TRATAMENTO ESTATÍSTICO DOS DADOS**

A compilação dos dados foi realizada pelo uso dos softwares Microsoft Excel 2019 e STATISTICA 8, sendo este último um programa de visualização e análise de dados estatísticos que apresenta diversas funções tais como modelagem não-linear, modelos lineares generalizados e séries de métodos temporais (INFORMER, 2022).

No tratamento estatístico dos dados, estabeleceu-se o objetivo de avaliar a evolução dos indicadores na série histórica apenas de Juiz de Fora, no período de 2002 a 2020, além de uma análise comparativa entre os indicadores do município de Juiz de Fora com o município de Uberlândia (MG), estado de Minas Gerais, região Sudeste e Brasil, entre os anos 2016 a 2020. O motivo da escolha de Uberlândia foi devido a sua classificação em primeiro lugar entre os municípios mineiros no Ranking da ABES (2021), que identifica o quão próximo os municípios estão da universalização do saneamento a partir de indicadores de AE, RSU e AP.

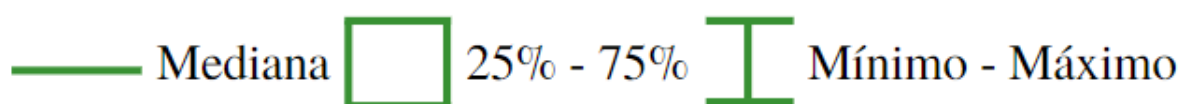
#### **3.4.1. ANÁLISE DESCRITIVA**

Após a seleção dos indicadores chave, os mesmos foram submetidos a uma análise estatística descritiva, dividida em medidas de tendência central, com os valores de média, mediana, moda, máximo, mínimo, e medidas de dispersão, com os valores de desvio padrão e coeficiente de assimetria. Na comparação da série de dados, utilizou-se as medidas de mediana de cada indicador.

A análise dos dados dos agrupamentos foi realizada através de dois grupos: o primeiro da série temporal inteira, de 2002 a 2020, com ênfase para Juiz de Fora, e o segundo, comparando os quatro indicadores de Juiz de Fora com os de Uberlândia, Minas Gerais, Região Sudeste e Brasil, de 2016 a 2020.

Utilizou-se gráficos do tipo Boxplot com o intuito de evidenciar possíveis tendências ou sazonalidades, bem como avaliar a presença de *outliers* (medidas que extrapolam os valores padrão em cada agrupamento) ou possíveis erros de preenchimento ao SNIS. Com o intuito de promover a melhor compreensão desses gráficos, a Figura 9 representa os símbolos relacionados ao gráfico.

**Figura 9** - Legenda dos Gráficos Boxplot.



Fonte: O autor (2022).

O retângulo central representa a área onde estão contidos 50 % dos dados, já os valores máximos e mínimos são representados valores extremos da distribuição. Além disso, existem dois quartis, sendo que o primeiro delimita os 25 % menores valores do conjunto amostral; e o terceiro, 75 %. Por fim, a linha contida no interior do retângulo central representa a mediana da distribuição.

### 3.4.2. TESTES DE HIPÓTESES

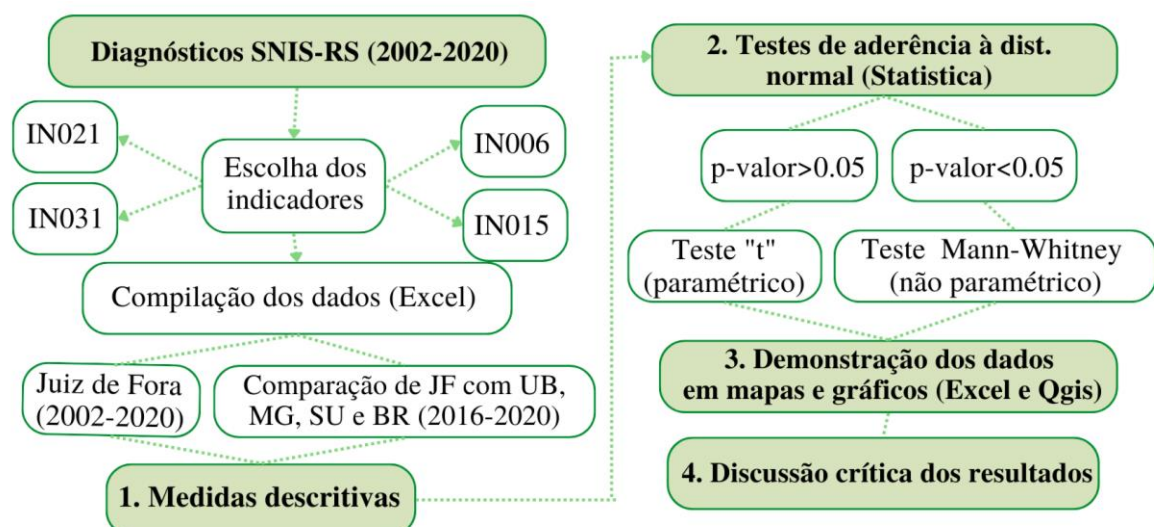
A inferência estatística foi feita inicialmente por meio do teste de aderência à distribuição normal das amostras, por meio do teste de Shapiro-Wilk, de forma a determinar se os agrupamentos seguiam esse tipo de distribuição, a um nível de confiança (NC) de 95% ( $\alpha=5\%$ ). Os testes de normalidade são influenciados em relação ao tamanho amostral, assim sendo, para amostras pequenas (entre 4 e 30 unidades), há inflação do erro tipo I, sendo preferidos os testes de Shapiro-Wilk e Shapiro-Francia, que apresentam maior especificidade (MIOT, 2017). Identificada a normalidade, os agrupamentos foram submetidos ao teste "t".

Caso contrário, os agrupamentos foram submetidos ao teste não paramétrico de hipótese para comparação simples por meio do Teste U de Mann-Whitney de comparação simples, a fim de testar a hipótese nula em que as medianas das populações são iguais e, portanto, não apresentam diferenças significativas, contra a hipótese alternativa na qual as amostras possuem medianas com desvios significativos. Para esse teste, foi utilizado igualmente um nível de confiança (NC) de 95% ( $\alpha=5\%$ ), de forma a analisar possíveis correlações entre os indicadores, considerando a série temporal objeto do estudo.

O teste Mann-Whitney é usado para testar se duas amostras independentes foram retiradas de populações com médias iguais, sendo adotado como uma alternativa para o teste “t” para amostras independentes quando esta for pequena e/ou as pressuposições, exigidas pelo teste “t”, estiverem seriamente comprometidas, apresentando, como única exigência, que as observações sejam medidas em escala ordinal ou numérica (FGV, 2009). Para aplicação dos testes é necessário que as amostras sejam aleatórias e independentes, possuírem a mesma variabilidade e distribuição (CANELLA, 2021 apud ZAROS & MEDEIROS, 2011).

A Figura 10 ilustra resumidamente a metodologia de análise dos dados aplicada no presente trabalho.

**Figura 10** - Fluxograma síntese da metodologia de trabalho.



Fonte: O autor (2022).

## **4. RESULTADOS E DISCUSSÕES**

Inicialmente, fez-se o compilado dos indicadores em dois blocos, o primeiro com foco na série temporal completa de dados existentes no SNIS até o momento de confecção deste trabalho, ou seja, dos anos 2002 a 2020, e o segundo comparando o município de Juiz de Fora (JF) com Uberlândia (UB), Minas Gerais (MG), região Sudeste (SU) e Brasil (BR) para os anos 2016 a 2020, com o objetivo de apresentar uma comparação que mais se adequa a realidade atual. Para ambos, foi utilizado o programa Excel. Posteriormente a computação dos dados, fez-se as medidas descritivas da série e a comparação dos valores do município com os demais entes.

### **4.1. UTILIZANDO A SÉRIE COMPLETA DE DADOS (2002-2020)**

#### **4.1.1 ESTATÍSTICA DESCRITIVA**

A estatística descritiva é considerada um passo inicial para a escolha adequada dos testes estatísticos, e sua aplicação se dá por meio da descrição dos dados de interesse através de números ou medidas que possam melhor retratar todos os dados coletados durante a execução de uma pesquisa (RODRIGUES, LIMA & BARBOSA, 2015).

As medidas descritivas de maior interesse, utilizando a série inteira de dados (2002-2020), como média, mediana e contagem de Juiz de Fora podem ser vistas na Tabela 3. No Apêndice A é possível consultar a tabela completa com todas as demais medidas descritivas.

**Tabela 3** - Medidas descritivas dos indicadores IN006, IN015, IN021 e IN031 para o município de Juiz de Fora (2002-2020).

Variáveis	IN006	IN015	IN021	IN031
Média	93,10	99,30	0,88	1,09
Mediana	85,13	99,69	0,83	0,16
Moda	-	99,70	0,62	0,15
Desvio padrão	46,50	0,86	0,26	3,56
Mínimo	36,10	97,87	0,57	0,03
Máximo	156,36	100	1,43	13,94
Contagem	15	12	17	15
NC (95,0%)	25,75	0,55	0,14	1,97

Fonte: O autor (2022).

Os indicadores IN006 (Despesa per capita com manejo de RSU em relação à população urbana - R\$/hab), IN015 (Taxa de cobertura da coleta RDO em relação à pop. total - %) e IN021 (Massa [RDO+RPU] coletada per capita em relação à pop. urbana - Kg/hab.xdia) apresentam valores de média e mediana próximos, o que apontam uma tendência de simetria da distribuição. Ainda sobre o IN015, seu valor de moda também se assemelha ao de média e mediana, o que indica que ele apresenta uma distribuição normal. O maior desvio padrão entre dos indicadores foi para o IN006, o que significa uma maior dispersão dos dados. Os valores de máximo e mínimo do indicador IN006 apresentaram a maior diferença, portanto, espera-se que tenha uma maior amplitude em relação aos demais.

É interessante ressaltar que o município de Juiz de Fora apresentou diversos anos com dados faltantes ( $C < 19$ ). Isso pode ser explicado devido a forma auto declarativa dos dados ao SNIS pelos prestadores dos serviços de saneamento básico, passível de erros de preenchimento e dados em branco, provocados por desconhecimento das informações solicitadas, incompreensão do questionário ou pela omissão dos dados (TEIXEIRA, 2011). Apenas o indicador IN015<sup>13</sup> (Taxa de cobertura da coleta RDO em relação à pop. total - %) apresentou a

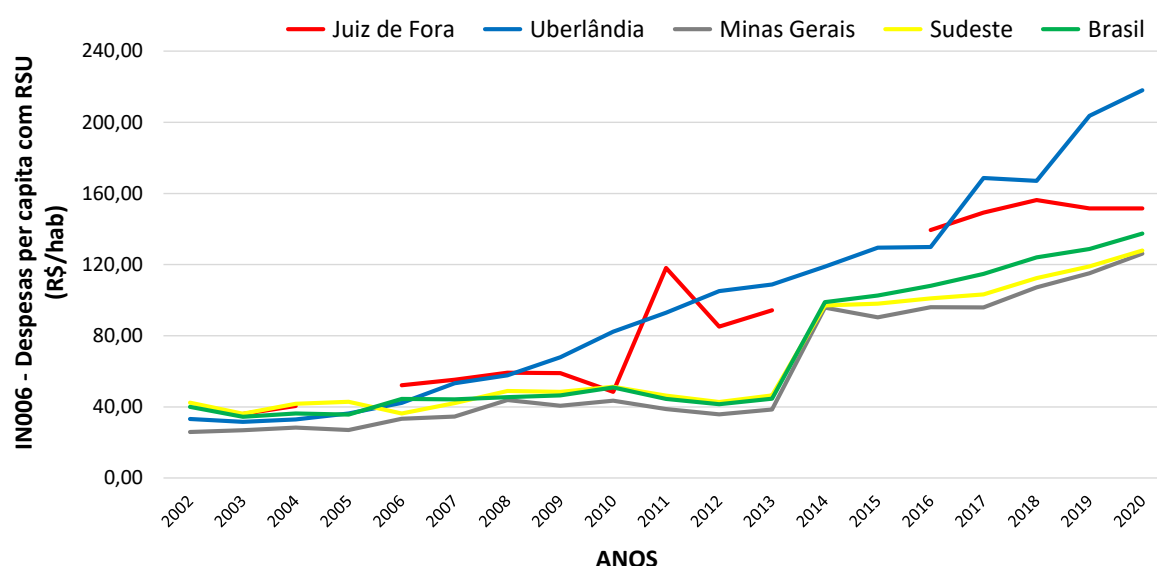
<sup>13</sup> Faz-se importante ressaltar que o valor de contagem (número de elementos) do indicador IN015 foi igual a 13 ( $C=13$ ) devido a sua criação ter sido apenas a partir do ano de 2009.

série completa. Os anos faltantes de dados foram: i) 2002, 2005, 2014 e 2015 (IN006), ii) 2002 e 2010 (IN021) e iii) 2002, 2005, 2009 e 2010 (IN031).

#### 4.1.2. COMPARAÇÃO DA EVOLUÇÃO DOS INDICADORES

A fim de avaliar comparativamente o comportamento dos indicadores no decorrer dos anos, compilou-se a série inteira de dados, os quais podem ser vistos nas Figuras 11, 12, 13 e 14.

**Figura 11** - Evolução do Indicador IN006 do SNIS-RS para o município de Juiz de Fora (JF) em relação à Uberlândia, Minas Gerais, Sudeste e Brasil (BR) (2002-2020).



Fonte: O autor (2022).

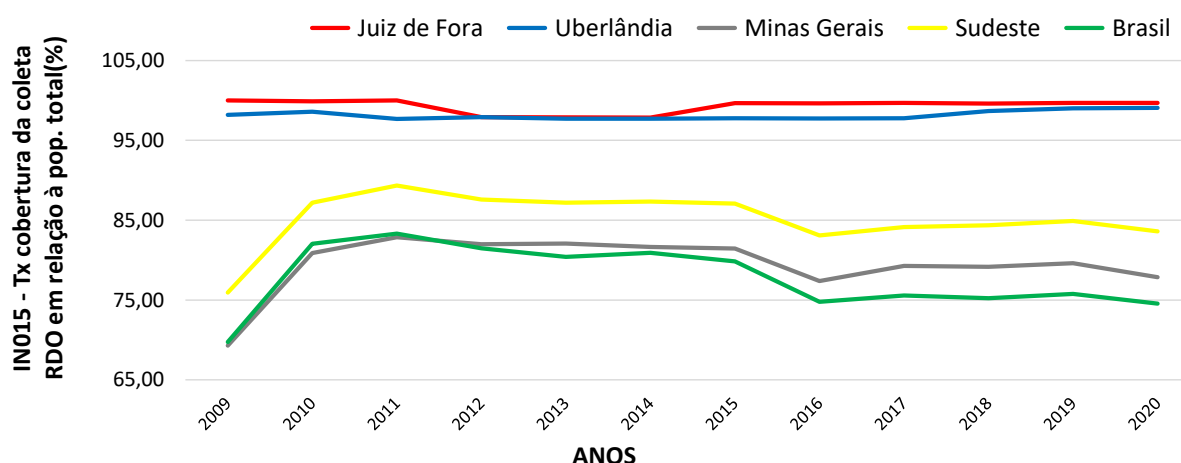
Para o indicador IN006, JF apresentou valores acima dos observados para UB em três anos (2006, 2012 e 2016) e superiores nos demais períodos para os demais entes. O município de UB apresenta os maiores valores para o índice, enquanto que o MG apresenta os menores. Pressupõe-se que locais com maiores despesas com RSU também apresentam um gerenciamento mais eficiente em função dos maiores investimentos no setor, o que confronta a realidade nacional conforme elucida um estudo da ONU (2019), que mostra que os brasileiros



estão entre os povos menos satisfeitos em ter que pagar taxas para financiar bens públicos como saúde e educação (DW, 2019).

Os custos do gerenciamento dos RSU dependem de diversos fatores como topografia da localidade, densidade demográfica, tipo de serviço prestado (público ou privado) além do hábito cultural da população, já que sociedades que apresentam maior engajamento tendem a apresentar custos menores com limpeza, logo maior a facilidade de implantação de programas de coleta seletiva (VASCONCELOS *et al.*, 2016). Ainda segundo o autor, uma alternativa para diminuir o valor do custo se refere a criação de usinas de biogás e/ou digestores com o objetivo de produzir gás combustível ou energia elétrica para suprir a demanda da população.

**Figura 12** - Evolução do Indicador IN015 do SNIS-RS para o município de Juiz de Fora (JF) em relação à Uberlândia (UB), Minas Gerais (MG), Sudeste (SU) e Brasil (BR) (2002-2020).



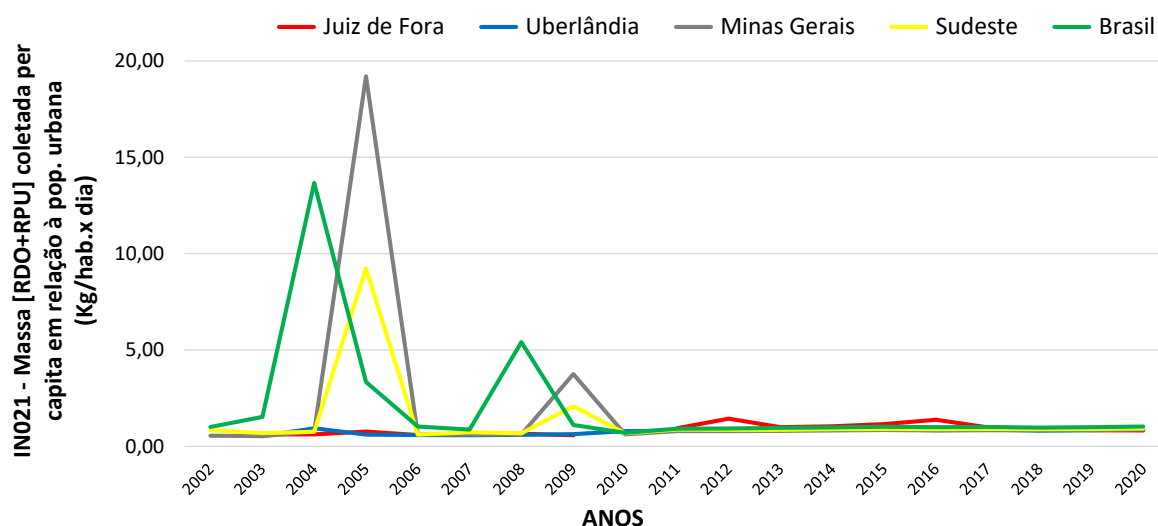
Fonte: O autor (2022).

Já para o IN015, em toda a série histórica, JF acompanhou a tendência de superioridade dos valores observados para UB em relação a MG, SU e BR. O município de JF apresenta os maiores valores para o índice (com exceção dos anos de 2012 a 2014, que apresentaram valores iguais), enquanto que o BR apresenta os menores.

O serviço de coleta de RSU no município de Juiz de Fora apresenta 79 rotas, sendo 69 para resíduos exclusivamente domiciliares, 4 para resíduos comerciais, 01 para resíduos especiais (industrial e comercial) e 2 para hospitalares e além disso, existem 3 veículos dedicados exclusivamente à coleta seletiva (DEMLURB, 2022). A frequência de coleta é de três vezes semanais em rotas alternadas e com dois turnos, e o valor para coleta e transporte de RSU,

disposição final em aterro sanitário e coleta seletiva são, respectivamente, R\$ 172,86/t, R\$ 48,39/t e R\$ 1.112,45/t (PINHEIRO & FERREIRA, 2017).

**Figura 13** - Evolução do Indicador IN021 do SNIS-RS para o município de Juiz de Fora (JF) em relação à Uberlândia (UB), Minas Gerais (MG), Sudeste (SU) e Brasil (BR) (2002-2020).

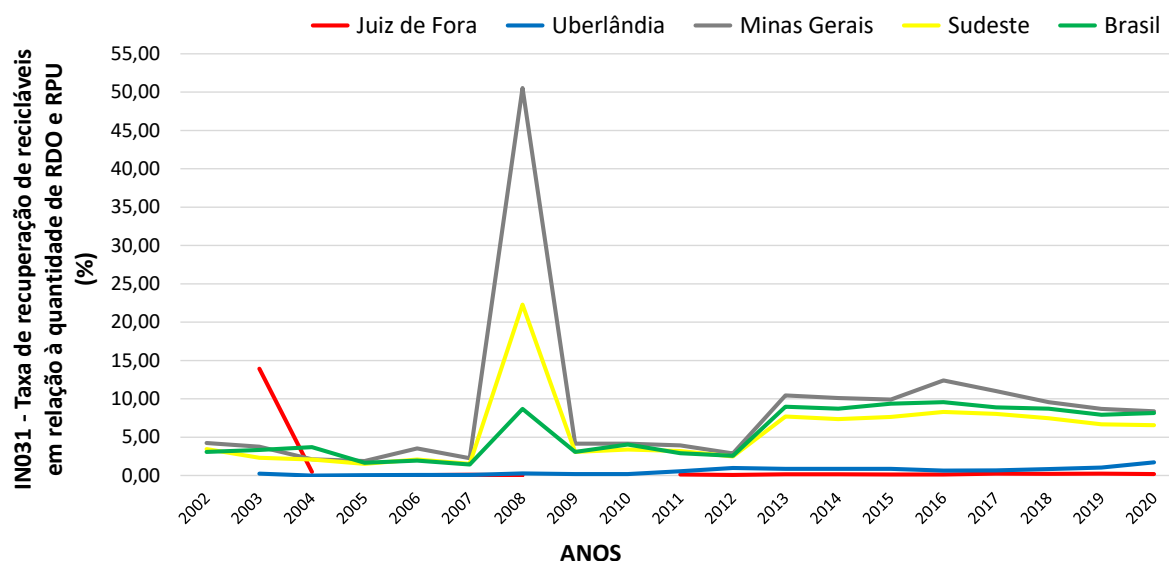


Fonte: O autor (2022).

Sobre o IN021, JF ficou abaixo dos demais acompanhando a tendência de UB, sendo que, o Estado, Região e País, apresentaram picos de crescimento entre 2003 a 2005 e 2007 a 2009.

Especialmente entre os anos de 2000 a 2008, foi registrado no Brasil um aumento da renda da população mais pobre (Barros et al., 2009), resultando em aumentos de consumo (Campos, 2012) e, por consequência, ampliação da quantidade de resíduos produzida. Segundo dados da Demlurb (2022), a geração *per capita* de resíduos sólidos domiciliares de Juiz de Fora é de 0,84 Kg/hab.xdia.

**Figura 14** - Evolução do Indicador IN031 do SNIS-RS para o município de Juiz de Fora (JF) em relação à Uberlândia (UB), Minas Gerais (MG), Sudeste (SU) e Brasil (BR) (2002-2020).



Fonte: O autor (2022).

Por fim, para o IN031, JF apresentou o maior valor em relação aos outros entes no ano de 2003. Porém, semelhante ao indicador anterior, o município também ficou abaixo dos demais acompanhando a tendência de UB, sendo que o Estado, Região e País apresentaram picos de crescimento entre 2007 a 2008 e 2012 a 2013.

Em suma, a partir dos gráficos das Figuras 11, 12, 13 e 14, é possível observar que o município de Juiz de Fora tende a acompanhar principalmente as médias de Uberlândia no decorrer dos anos e que as tendências de crescimento de decréscimo dos indicadores no decorrer dos anos são comuns a MG, SU e BR.

A coleta seletiva implantada a mais de 20 anos em Juiz de Fora apresenta diversas problemáticas que fazem com que o município esteja abaixo da média nacional em reciclagem de lixo, com apenas 62% dos bairros contemplados com o serviço (TRIBUNA DE MINAS, 2019). Ainda segundo o jornal, isso se deve à não abrangência de todas as regiões do município, se restringindo apenas às regiões Norte, Centro, Oeste e Sul, carência de programas de educação ambiental para conscientizar a população acerca da importância da separação dos resíduos em casa, falta de regularidade no recolhimento, baixa adesão dos moradores além de péssimas condições trabalhistas dos catadores. De acordo com o estudo de Castilho (2017), que apresentou dados acerca dos catadores de resíduos sólidos e de materiais recicláveis de Juiz de

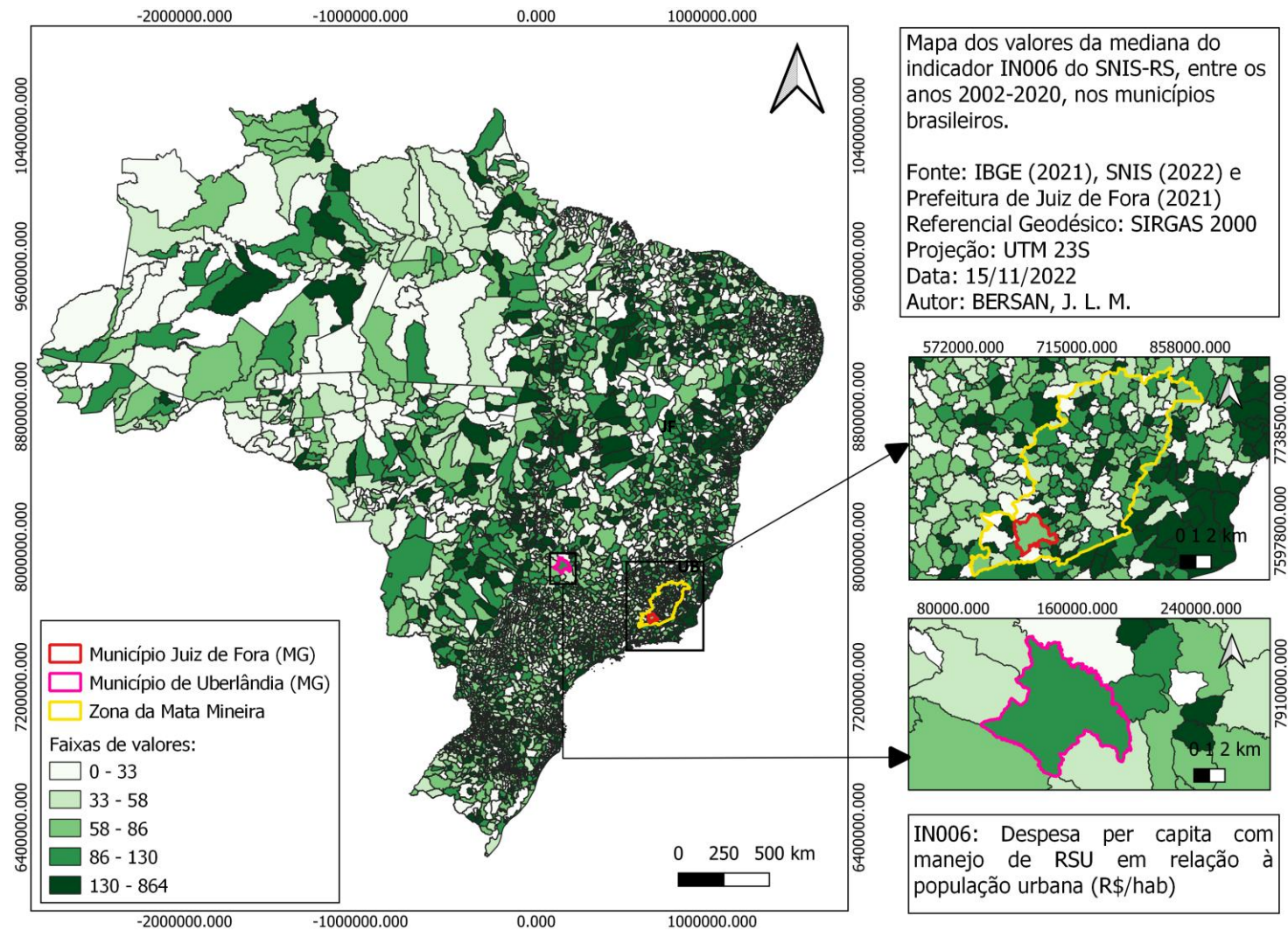
Fora, a maioria declarou não haver segurança e proteção no manuseio dos materiais devido a não utilização de Equipamentos de Proteção Individual (EPIs), baixo auxílio da Prefeitura, se atendo única e exclusivamente à coleta seletiva, além de baixos salários, com valores médios de 600 a 800 reais mensais, recebendo R\$ 0,60 por kg de material reciclado. Com o intuito de melhorar a situação do município frente a reciclagem, a prefeitura aprovou o Decreto nº 14851 (2021), que dispõe sobre as ações de incentivo às cooperativas e associações de catadores de materiais recicláveis no âmbito do Município de Juiz de Fora.

Ainda no que diz respeito aos dados apresentados nas Figuras 11, 12, 13 e 14 é interessante ressaltar a maior variação dos dados a partir dos anos de 2008. Até o referido ano, somente uma restrita amostra de municípios era convidada a responder ao SNIS. A partir de 2009, o convite foi estendido a todos os municípios brasileiros, sendo que dos 5.570 existentes, no ano de 2018, foram obtidas respostas válidas de 4.589, resultando numa taxa de resposta de 82,4% (SNIS, 2020). Além disso, a Lei nº 6514/2008, que dispõe sobre as infrações e sanções administrativas relacionadas ao Meio Ambiente, também pode ter influenciado no aumento da quantidade de dados coletados pelo sistema.

Vale ressaltar que em 2010, ano que antecede o aumento de quase todos os indicadores, foi instituída a Política Nacional de Resíduos Sólidos (Lei nº 12305/2010), que surge como incentivadora da prática da reciclagem e do investimento do setor de resíduos nos municípios. Essa lei contém instrumentos importantes para permitir o avanço do país no enfrentamento a diversos problemas ambientais, sociais e econômicos decorrentes do manejo inadequado dos resíduos sólidos, seja por meio da prevenção e redução no consumo e da geração de resíduos, ou através da hierarquização dos mesmos (BERSAN, KELMER & RIGHI, 2020).

Após a compilação dos indicadores de todos os municípios brasileiros no período de 2002 a 2020, avaliou-se se os valores de mediana eram semelhantes com o valor do ano de 2020. Assim sendo, em virtude da apresentação de alguns *outliers*, adotou-se os valores de mediana como o valor mais adequado de tendência central para a confecção do mapa a fim de facilitar a visualização dos dados. A mediana, diferentemente da média, deve ser usada preferencialmente para distribuições assimétricas pois não sofre influência de valores extremos (ALTMAN, 1997; MASSAD *et al.*, 2004). A representação espacial dos indicadores IN006, IN015, IN021 e IN031 com ênfase na comparação dos valores do município de Juiz de Fora em relação a Zona da Mata Mineira, foram feitas por meio do Qgis, e podem ser visualizados nas Figura 15, 16, 17 e 18, respectivamente.

**Figura 15** - Mapa dos valores de mediana do indicador IN006 do SNIS-RS nos municípios brasileiros (2002-2020).



Fonte: O autor (2022).



Mapa dos valores da mediana do indicador IN015 do SNIS-RS, entre os anos 2002-2020, nos municípios brasileiros.

Fonte: IBGE (2021), SNIS (2022) e Prefeitura de Juiz de Fora (2021)  
Referencial Geodésico: SIRGAS 2000  
Projeção: UTM 23S  
Data: 15/11/2022  
Autor: BERSAN, J. L. M.

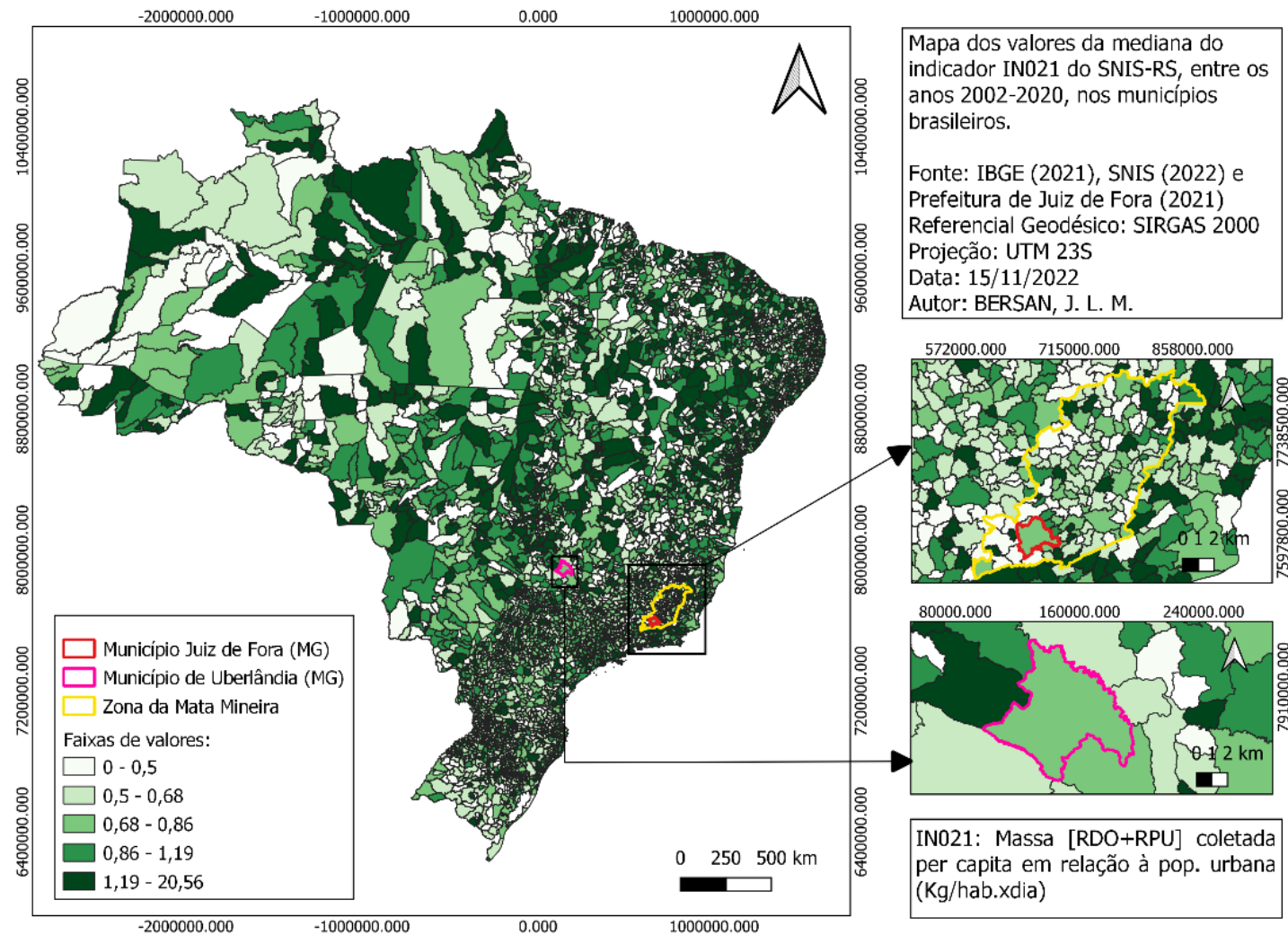
572000.000 715000.000 858000.000  
7738500.000  
7597800.000  
0 1 2 km

80000.000 160000.000 240000.000  
7910000.000  
7738500.000  
0 1 2 km

IN015: Taxa de cobertura da coleta RDO em relação à pop. total (%)

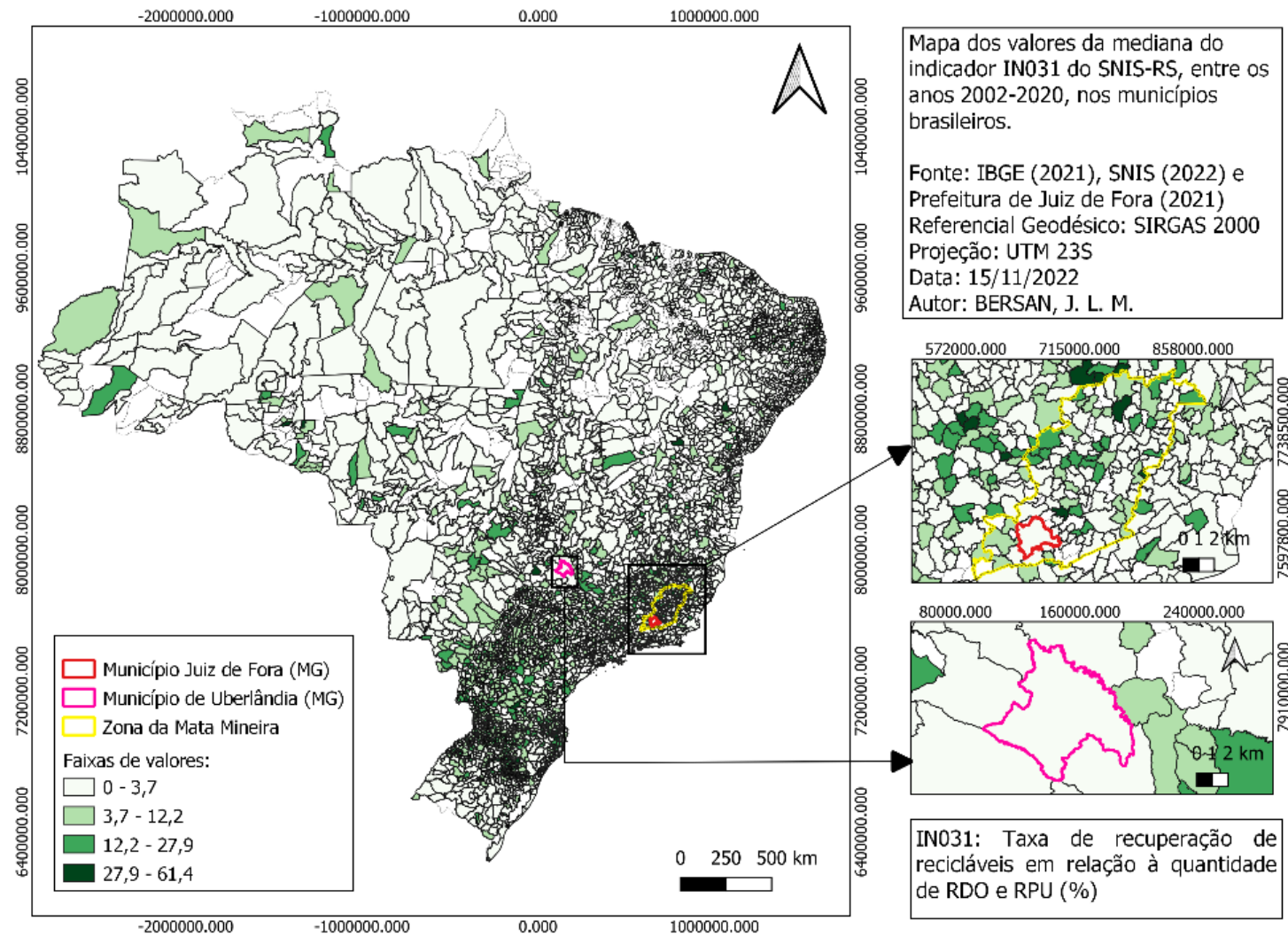
Fonte: O autor (2022).

**Figura 17** - Mapa dos valores de mediana do indicador IN021 do SNIS-RS nos municípios brasileiros (2002-2020).



Fonte: O autor (2022).

**Figura 18** - Mapa dos valores de mediana do indicador IN031 do SNIS-RS nos municípios brasileiros (2002-2020).



Fonte: O autor (2022).



















A partir das Figuras 15, 16, 17 e 18 é possível perceber que no indicador IN006, JF (33-58) apresentou valores menores que UB (86-130), porém, medianos em relação aos municípios que compõe a Zona da Mata. Já para o IN015 e IN021, JF apresentou valores na mesma faixa que UB, com valores próximos a 99.99% e entre 0,68 a 0,86, respectivamente, e superiores a outros municípios da Zona da Mata. Por fim, para o IN031, o município acompanhou a tendência de UB (0-3,7) e demais estados brasileiros, com valores abaixo da média em comparação a Zona da Mata. Ressalta-se a diversidade de municípios em todos os indicadores analisados que não responderam ao SNIS, ou seja, aqueles que aparecem na coloração branca. A inadimplência dos municípios ao não responderem o SNIS mascara a necessidade de investimentos ou readequações das ações no setor, comprometendo ainda repasse de emendas parlamentares, empréstimos e projetos aprovados nas áreas das temáticas (LEAL & SAMPAIO, 2021).

O investimento constante do município de Uberlândia em soluções ambientais apresenta-se como a melhor justificativa para os valores superiores dos indicadores em comparação a Juiz de Fora. Somente em 2022, a Prefeitura de Uberlândia investiu mais de R\$ 110 milhões para a ampliação e reforma da Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) que trata 95% do esgoto coletado (PREFEITURA DE UBERLÂNDIA, 2022). Já com relação ao de Juiz de Fora, o município ficou abaixo da média na avaliação dos investimentos para o saneamento básico (TRATA BRASIL, 2022), apresenta taxa de tratamento de esgoto de apenas 31% (CESAMA, 2022) e a ETE União-Indústria ainda opera aquém da capacidade máxima devido a atrasos nas obras de captação e transporte do esgoto, além de ocorrer furtos de fios elétricos e materiais metálicos nas unidades (TRIBUNA DE MINAS, 2022). Segundo a reportagem do G1 de março de 2022, o saneamento básico existente em Uberlândia é suficiente para atender o dobro da população do município.

A Tabela 4 demonstra o resumo comparativo das medianas dos indicadores de gestão dos resíduos sólidos de Juiz de Fora em relação ao Município de Uberlândia, Estado de Minas Gerais, ao Sudeste e ao Brasil, entre os anos 2002 a 2020.

**Tabela 4** - Comparativo das medianas dos indicadores de resíduos do SNIS-RS de Juiz de Fora em relação a Uberlândia, Estado de Minas Gerais, ao Sudeste e ao Brasil (2002-2020).

Descrição Indicador	Indicador	JF	Comparação da situação de JF em relação a:			
			Uberlândia	Estado MG	Sudeste	Brasil
Despesa per capita em relação à pop. urbana (R\$/hab.)	IN006	85,13	93,00 	40,69 	48,45 	45,44 
Taxa de cobertura da coleta em relação à pop. total do município (%)	IN015	99,69	97,84 	80,26 	85,99 	77,80 
Massa coletada per capita em relação à pop. urbana (Kg/hab.x dia)	IN021	0,83	0,81 	0,79 	0,87 	1,00 
Taxa de recuperação de materiais recicláveis (%)	IN031	0,16	0,62 	4,25 	3,45 	4,05 

Legenda:  Situação melhor;  
 Situação pior.

De acordo com a Tabela 4 (2002-2020), é possível perceber que para os indicadores IN015 e IN021, JF apresentou diferenças significativas dos valores de mediana em relação a UB. Para o IN006, JF apresentou valores superiores a todos os entes com exceção de UB e apenas para o IN031, JF ficou abaixo de todos os entes.

## 4.2. COMPARAÇÃO DO MUNICÍPIO DE JUIZ DE FORA COM DEMAIS REGIÕES (2016-2020)

### 4.2.1. ESTATÍSTICA DESCRITIVA

Semelhante ao tópico anterior, fez-se um compilado das medidas descritivas de maior interesse para o município de Uberlândia, Minas Gerais, Sudeste e Brasil, entre os anos 2016 a 2020, os

quais podem ser vistos na Tabela 5. A Tabela completa com as demais medidas pode ser consultada no Apêndice B.

**Tabela 5** - Medidas descritivas dos indicadores IN006, IN015, IN021 e IN031 para o município de Uberlândia, estado de Minas Gerais, região Sudeste e Brasil (2016 - 2020).

	Uberlândia (MG)				Estado de Minas Gerais				Região Sudeste				Brasil			
Variáveis	IN006	IN015	IN021	IN031	IN006	IN015	IN021	IN031	IN006	IN015	IN021	IN031	IN006	IN015	IN021	IN031
Média	177,46	98,46	0,84	0,99	107,58	78,91	0,84	51,70	111,99	84,75	0,89	52,08	122,88	75,44	0,99	43,39
Mediana	168,64	98,68	0,83	0,84	106,66	79,41	0,83	53,58	111,57	84,88	0,90	53,12	124,28	75,57	0,98	43,71
Moda	-	-	0,83	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Desvio padrão	34,59	0,65	0,03	0,44	13,11	0,98	0,02	4,61	11,04	0,67	0,01	2,82	11,61	0,53	0,02	2,82
Mínimo	129,87	97,75	0,81	0,66	95,06	77,58	0,82	46,67	100,67	83,73	0,88	48,48	108,21	74,75	0,96	39,95
Máximo	218,07	99,06	0,88	1,72	125,95	79,81	0,87	56,63	127,04	85,51	0,91	55,13	137,82	76,04	1,02	46,80
Contagem	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
NC (95,0%)	42,95	0,80	0,03	0,54	16,28	1,22	0,03	5,72	13,70	0,83	0,01	3,50	14,41	0,66	0,03	3,50

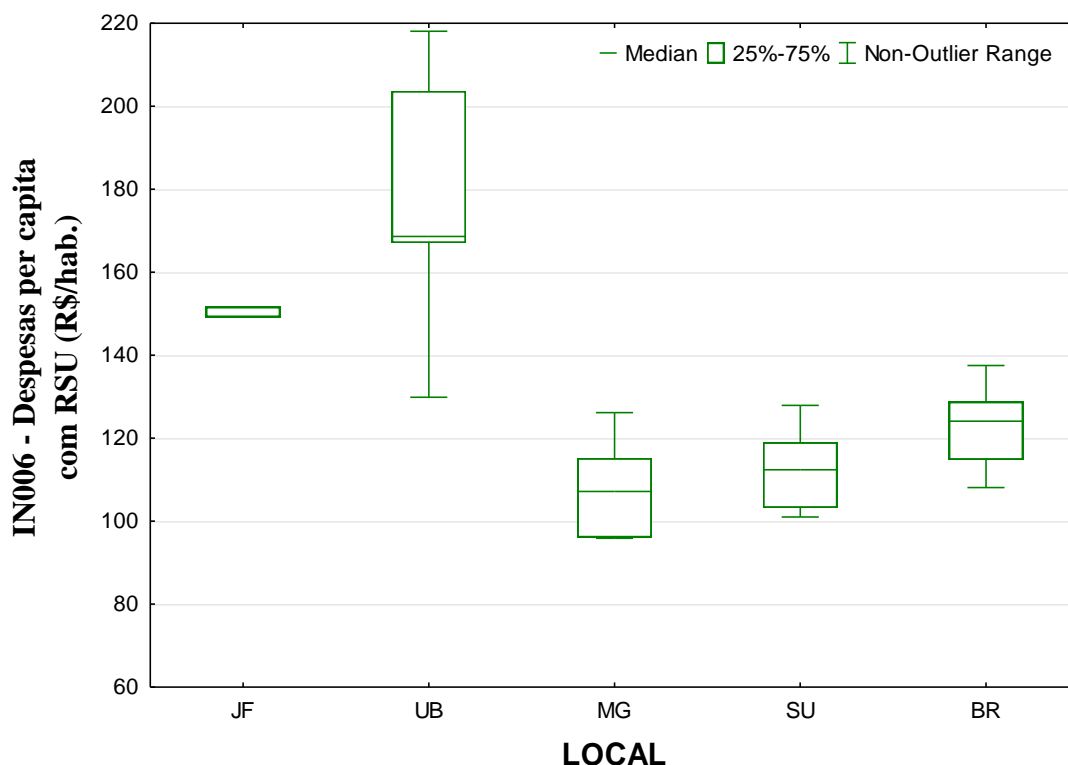
Fonte: O autor (2022).

Semelhante às medidas descritivas contidas na Tabela 3, os indicadores IN006, IN015 e IN021 apresentam, em sua maioria, valores de média e mediana próximos, para UB, MG e SU, o que apontam uma tendência de simetria da distribuição. Apenas o indicador IN021 de UB apresentou valor de moda, que por se assemelhar ao de média e mediana, indica uma tendência à distribuição normal. Os maiores desvios padrão entre dos indicadores também foi para o IN006, em especial para UB e BR, o que significa uma maior variabilidade dos dados. Os valores de máximo e mínimo do indicador IN006 apresentaram a maior diferença, portanto, espera-se que tenha uma maior amplitude em relação aos demais.

Após a análise descritiva das séries de dados, adotou-se a representação por meio dos gráficos Boxplot entre o município de Juiz de Fora (JF), Uberlândia (UB), Minas Gerais (MG), Sudeste (SU) e Brasil (BR), os quais serão demonstrados a seguir. Faz-se importante destacar que esses gráficos não foram produtos de comparações e nem resultados de testes de hipótese. Foram dispostos lado a lado com o intuito de promover uma melhor visualização comparativamente, semelhante ao elaborado por Salimena *et al.* (2021).

O Indicador IN006 - Despesa *per capita* com manejo de RSU em relação à população urbana (R\$/hab.), é calculado através da divisão das despesas totais com serviços de manejo de RSU pela população urbana do município, segundo o IBGE. A Figura 19 apresenta dados do indicador IN006 (R\$/hab.) entre os anos de 2016 a 2020.

**Figura 19** - Comparação do Indicador IN006 (R\$/hab.) do SNIS-RS de Juiz de Fora (JF) em relação a Uberlândia (UB), Minas Gerais (MG), Sudeste (SU) e Brasil (BR) (2016-2020).

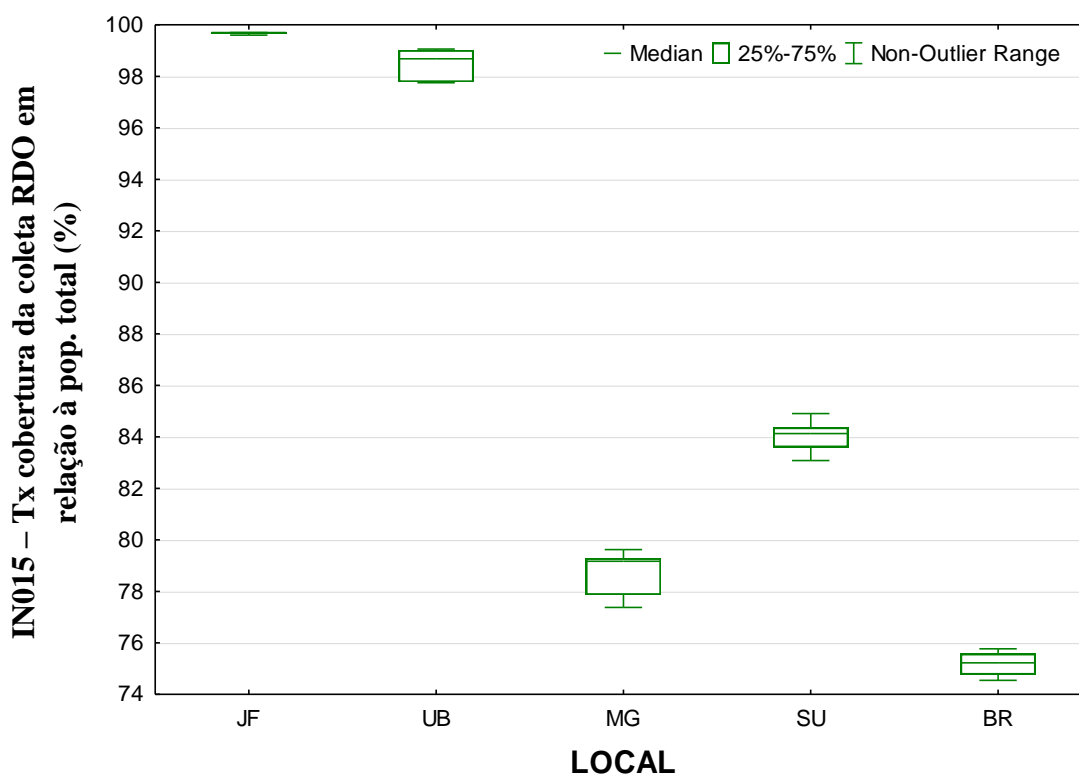


Fonte: O autor (2022).

De acordo com a Figura 19, observa-se que JF apresenta mediana acima de 140, UB acima de 160 e os demais entes, valores medianos entre 100 e 130, aproximadamente. Além disso, nota-se uma maior amplitude de valores para o município de UB em comparação aos demais entes e os menores valores da série pertencentes ao estado de MG. Segundo o Perfil dos Municípios Brasileiros do IBGE (2019), dos 5194 municípios que cobravam algum tipo de tributo, apenas 2844 cobravam taxas de coleta de lixo (52,2 %). Tal fato revela uma carência de investimentos no setor, já que apenas 51% dos municípios brasileiros cobram impostos que poderiam ser convertidos em maiores investimentos. O Novo Marco Legal do Saneamento Básico (Lei nº 14.026/2020) aponta, entre outras coisas, para a obrigatoriedade da cobrança da taxa da coleta de resíduos para os municípios que ainda não executam a arrecadação de recursos para a gestão de resíduos sólidos. Acerca dos resíduos domiciliares para o município de Juiz de Fora, a coleta e transporte custaram cerca de R\$ 311,80 por tonelada, enquanto a disposição custou aos cofres públicos R\$ 55,78 por tonelada (PMGIRS, 2020).

O indicador IN015 - Taxa de cobertura regular do serviço de coleta de RDO em relação à população total do município (%), é calculado através da divisão população urbana atendida no município, abrangendo o distrito-sede e localidades pela população urbana do município, segundo o IBGE. A Figura 20 apresenta dados do indicador IN015 (%) entre 2016 a 2020.

**Figura 20** - Comparação do Indicador IN015 (%) do SNIS-RS de Juiz de Fora (JF) em relação a Uberlândia (UB), Minas Gerais (MG), Sudeste (SU) e Brasil (BR) (2016-2020).

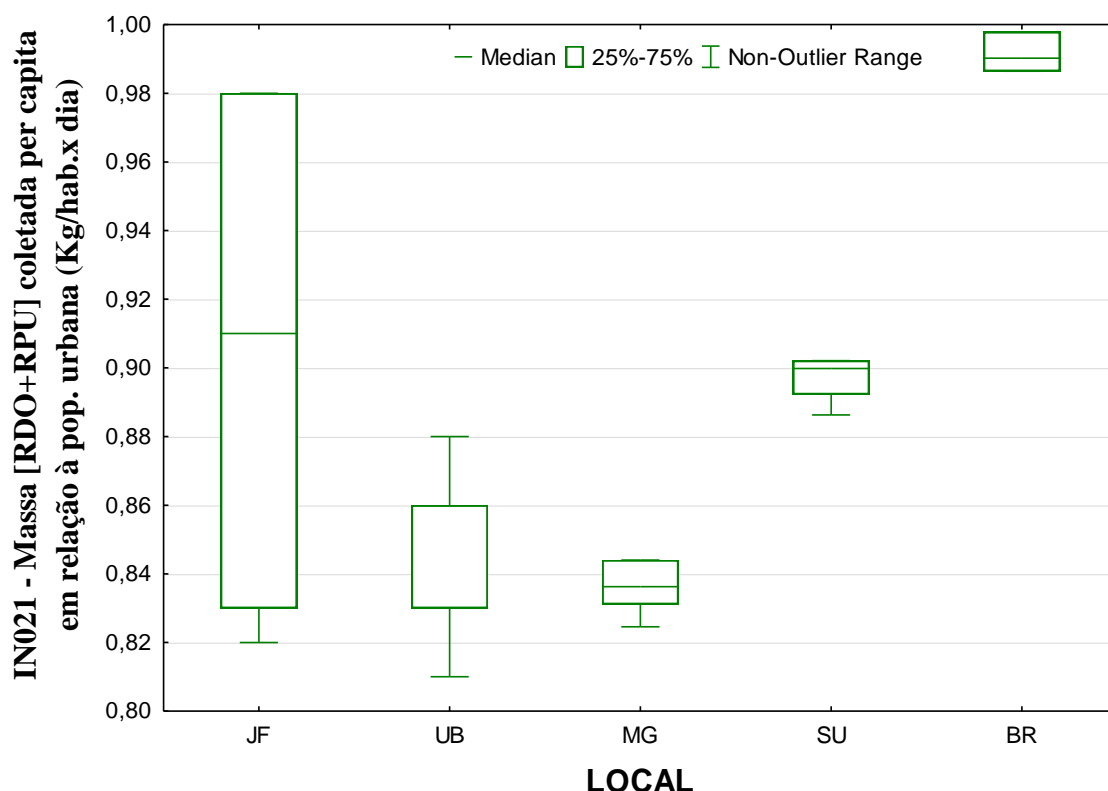


Fonte: O autor (2022).

De acordo com a Figura 20, observa-se que JF e UB apresentam valores de mediana muito acima dos demais entes (maiores que 98%). MG apresentou valores medianos entre 78 e 80, SU entre 82 e 86 e BR, entre 74 e 76. Além disso, nota-se uma maior amplitude de valores para o município de UB em comparação aos demais entes. Ressalta-se que o país apresentou os menores valores e JF os maiores para esse indicador. Foram coletadas aproximadamente 57.333.328,10 toneladas de resíduos nos municípios brasileiros em 2019, sendo que 94,63% apresentavam cobertura de coleta indiferenciada, ou seja, quando não ocorre nenhum tipo de seleção na sua coleta e acabam rotulados como lixo comum (SINIR, 2022).

O indicador IN021 - Massa coletada (RDO + RPU) *per capita* em relação à população urbana (Kg/hab.x dia), é calculado através da divisão da quantidade de RDO e RPU coletada pelo agente público, privado, outros agentes executores e associações ou cooperativas de catadores com parceria/apoio da prefeitura pela população urbana do município, segundo o IBGE. A Figura 21 apresenta dados do indicador IN021 (Kg/hab.x dia) entre os anos de 2016 a 2020.

**Figura 21** - Comparação do Indicador IN021 (Kg/hab.x dia) do SNIS-RS de Juiz de Fora (JF) em relação a Uberlândia (UB), Minas Gerais (MG), Sudeste (SU) e Brasil (BR) (2016-2020).



Fonte: O autor (2022).

De acordo com a Figura 21, observa-se que JF apresenta o valor de mediana próximo a 0,91, enquanto que UB, entre 0,82 e 0,86, MG próximo a 0,83, SU 0,90 e BR entre 0,98 e 1,00. Além disso, nota-se uma maior amplitude de valores para o município de Juiz de Fora em comparação aos demais entes, o que pode ser um indicio de evolução do indicador no período estudado. Ressalta-se que o país apresentou os maiores valores para esse indicador.

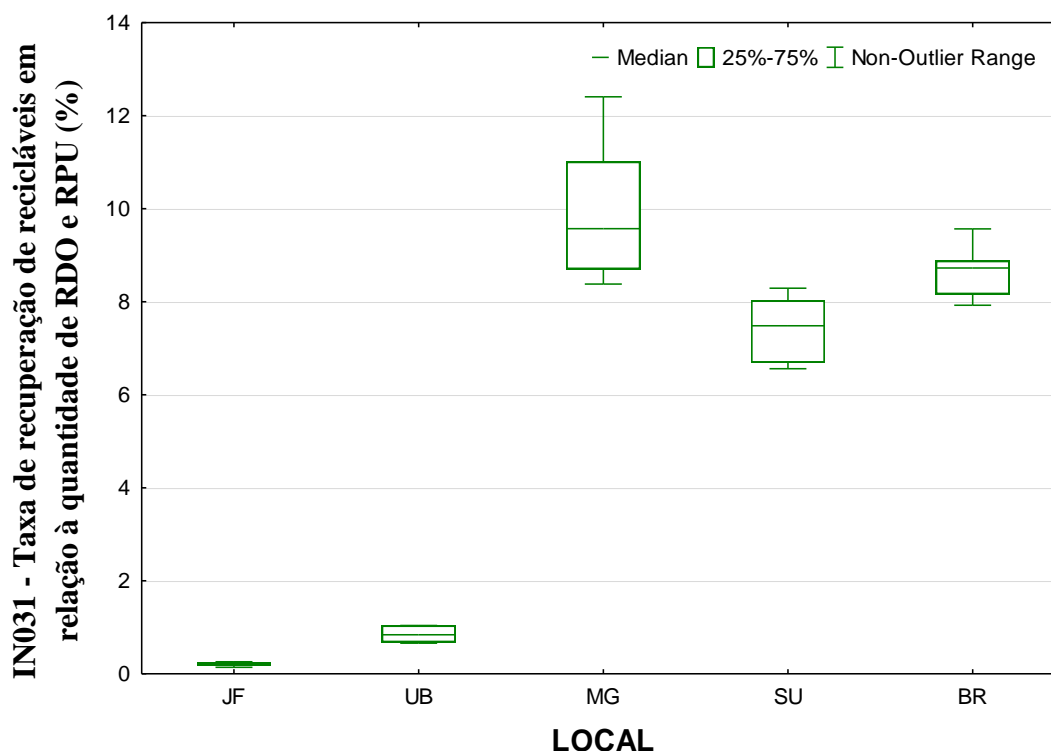
Segundo o PMGIS de Juiz de Fora (2020), a compostagem individual, coletiva e em galpões cobertos são apontadas como soluções para a destinação dos resíduos orgânicos, sendo



necessários a segregação na fonte geradora, sendo esta, de acordo com Ma *et al.*, (2018), uma etapa crítica na determinação da qualidade dos resíduos que evita muitas vezes gastos desnecessários com tecnologias de fim de tubo. Além disso, o documento ressalta também a adoção do aproveitamento de óleo comestível usado, além do composto orgânico visando recuperação de biogás. Por fim, era esperado que houvesse um aumento da geração de resíduos no ano de 2020 em virtude do COVID-19. Porém isso não foi observado pois os diagnósticos do SNIS sempre se referem a um ano antes, ou seja, o produto de 2020 apresenta 2019 como ano de referência.

O indicador IN031 - Taxa de recuperação de materiais recicláveis (exceto matéria orgânica e rejeitos) em relação à quantidade total (RDO + RPU) coletada (%), é calculado através da divisão da quantidade total de materiais recicláveis recuperados pela soma da quantidade de RDO e RPU coletada pelo agente público, privado, outros agentes executores e por associações ou cooperativas de catadores com parceria/apoio da Prefeitura. A Figura 22 apresenta dados do indicador IN031 (%) entre os anos de 2016 a 2020.

**Figura 22** - Comparação do Indicador IN031 (%) do SNIS-RS de Juiz de Fora (JF) em relação a Uberlândia (UB), Minas Gerais (MG), Sudeste (SU) e Brasil (BR) (2016-2020).



















Fonte: O autor (2022).

De acordo com a Figura 22, observa-se que JF e UB apresentam valores de mediana entre 0 e 2% enquanto que MG, entre 8 e 10%, SU entre 6 e 8% e BR entre 8 e 10%. Além disso, nota-se uma maior amplitude de valores para MG em comparação aos demais entes. A taxa potencialmente recuperável de materiais recicláveis usualmente é de 30 % (SNIS-RS, 2019). Ressalta-se que JF e UB ficaram muito abaixo dos valores medianos que os demais entes valores para esse indicador, e MG, SU e BR obtiveram valores acima da taxa usual.

Por fim, para os Indicadores IN006, IN015 e IN031, os menores valores para esses indicadores no BR podem estar relacionados as grandes desigualdades de acesso ao saneamento no país. Segundo a última edição do Ranking do Saneamento Básico (2022), do Instituto Trata Brasil, que pontua as 100 melhores cidades, as 20 melhores estão situadas prioritariamente no Sudeste, onde o investimento médio em saneamento básico é de R\$ 135 por ano por habitante, enquanto que as 20 piores cidades, grande parte está localizada no Norte e no Nordeste, onde o investimento médio é de R\$ 48 por ano, por habitante. Segundo o mesmo documento, Uberlândia (MG) ocupa a segunda posição entre as vinte melhores, ficando atrás somente de Santos (SP), enquanto que Juiz de Fora ocupa a posição 70.

A Tabela 6 demonstra o comparativo das medianas dos indicadores de gestão dos resíduos sólidos de Juiz de Fora em relação ao Município de Uberlândia, Estado de Minas Gerais, ao Sudeste e ao Brasil, entre os anos 2016 a 2020.

**Tabela 6** - Comparativo das medianas dos indicadores de resíduos do SNIS-RS de Juiz de Fora em relação a Uberlândia, Estado de Minas Gerais, ao Sudeste e ao Brasil (2016-2020).

Descrição Indicador	Indicador	JF	Comparação da situação de JF em relação a:			
			Uberlândia	Estado MG	Sudeste	Brasil
Despesa per capita em relação à pop. urbana (R\$/hab.)	IN006	151,60	168,64 	107,15 	112,40 	124,08 
Taxa de cobertura da coleta em relação à pop. total do município (%)	IN015	99,70	98,68 	79,17 	84,13 	75,22 
Massa coletada per capita em relação à pop. urbana (Kg/hab.x dia)	IN021	0,91	0,83 	0,84 	0,90 	0,99 
Taxa de recuperação de materiais recicláveis (%)	IN031	0,22	0,84 	9,57 	7,48 	8,73 

Legenda:  Situação melhor;  
 Situação pior.

Ao compararmos os resultados da Tabela 5 (2002-2020) com a Tabela 6 (2016-2020), é possível perceber que Juiz de Fora apresentou valores de mediana superiores aos mesmos entes, com exceção do IN021, onde JF apresentou uma melhoria em relação à região SU. Para as demais comparações, ressalta-se que o município demonstrou melhoria em todos os indicadores, com destaque ao IN006 (crescimento de 78%), enquanto que as demais taxas de crescimento para os indicadores IN015, IN021 e IN031 foram 0,01%, 9,6% e 37,5% respectivamente. Semelhante ao “Estudo de perdas de água: Desafios para disponibilidade hídrica e avanço da eficiência do saneamento básico no Brasil”, feito pelo Instituto Trata Brasil (2022) para indicadores de água, é possível identificar melhores condições para Minas Gerais e região Sudeste em comparação a realidade brasileira, em função principalmente das disparidades regionais existentes.

#### **4.2.2. TESTE DE ADERÊNCIA À DISTRIBUIÇÃO NORMAL**

Após a análise acima, fez-se a comparação dos valores obtidos no teste de aderência à distribuição normal dos quatro indicadores do município de Juiz de Fora (MG), com o município de Uberlândia (MG), estado de Minas Gerais, região Sudeste e Brasil nos anos de 2016 a 2020. Todos os indicadores apresentaram aderência à distribuição normal (Teste de aderência à distribuição normal;  $p\text{-valor} > 0,05$ ) com exceção do IN015 de Juiz de Fora (Teste de aderência à distribuição normal;  $p\text{-valor} < 0,05$ ). Os histogramas produzidos pelo STATISTICA podem ser consultados no Apêndice C.

A distribuição normal, caracterizada por uma função de probabilidade, é considerada a distribuição mais importante na estatística pois permite modelar uma infinidade de fenômenos naturais além de possibilitar aproximações de muitas variáveis aleatórias que apresentam outras distribuições (UFSC, 2009). Hamndan (2016) em seu estudo a respeito de indicadores do SNIS, avaliou-se a aderência dos dados dos resíduos a uma reta e concluiu que não houveram desvios substanciais em relação à normalidade.

Apesar da maioria dos indicadores deste estudo apresentarem aderência a distribuição normal, de acordo com Sabino, Lage & Almeida (2014), os dados ambientais dificilmente seguem essa distribuição ou a Log-normal devidos aos seus valores censurados, perdidos e/ou discrepantes (*outliers*). Isso se aplica especialmente a plataforma do SNIS, que apresenta algumas limitações devido a problemas de preenchimento captados pelos testes de consistência aplicados pelo sistema, os quais são feitos na maioria das vezes de maneira manual e sem a correta preparação profissional (SCRIPTORE & JÚNIOR, 2012).

#### **4.2.3. TESTE U DE MANN-WHITNEY E TESTE “T”**

A partir dos testes de aderência, identificou-se que apenas o indicador IN015 não apresentava distribuição normal (Teste de aderência à distribuição normal;  $p\text{-valor} < 0,05$ ), sendo este submetido ao teste não paramétrico U de Mann-Whitney, enquanto que os demais, por apresentarem distribuição normal, foram submetidos ao teste “t” (Teste de aderência à distribuição normal;  $p\text{-valor} > 0,05$ ). O valor obtido pelo indicador IN015 pode ser explicado

devido ao tamanho da amostra de dados ( $n=5$ ). Os resultados podem ser vistos na Tabela 7 e as planilhas geradas podem ser consultadas no Apêndice D.

**Tabela 7** - Valores de p-valor para os testes U de Mann-Whitney e Teste “t” dos indicadores IN006, IN015, IN021 e IN031 para Juiz de Fora, Uberlândia, Minas Gerais, Sudeste e Brasil (2016-2020).

Locais	Teste “t” (paramétrico)			Teste U de Mann-Whitney (não paramétrico)
	IN006	IN021	IN031	IN015
JF x UB	0,1149	0,2089	0,0041	0,0122
JF x MG	0,0001	0,2072	0,0000	0,0122
JF x SU	0,0001	0,4375	0,0000	0,0122
JF x BR	0,0017	0,9402	0,0000	0,0122

Fonte: O autor (2022).

A partir dos dados apresentados na Tabela 7, conclui-se que após a aplicação do Teste “t”, a maioria dos indicadores para as áreas estudadas apresentam diferenças que são estatisticamente significativas (teste t;  $p\text{-valores} < 0,05$ ). Os únicos que não apresentaram tais diferenças foram o IN006 para Juiz de Fora versus Uberlândia e todas as comparações feitas do indicador IN021 (teste t;  $p\text{-valores} > 0,05$ ). Já o IN031 (teste t;  $p\text{-valores} > 0,05$ ) e o IN015 (teste U de Mann-Whitney;  $p\text{-valores} > 0,05$ ), sendo o segundo o único submetido ao teste não paramétrico, também apresentaram diferenças que são estatisticamente significativas.

De acordo com Ebert e Marquardt (2015) apud Suchmacher e Geller (2005), os testes paramétricos se baseiam nos parâmetros de distribuição gaussiana (média e desvio-padrão), ou seja, as amostras devem ser independentes uma da outra e as medidas de dispersão entre as amostras comparadas devem ser homogêneas. Assim sendo, uma explicação possível para os indicadores que não aderiram ao teste “t” pode estar ligada aos altos valores de desvio padrão demonstrados na Tabela 5, que confrontam um dos critérios para a aplicabilidade do método. Além disso, outra possibilidade poderia ser a adesão de um teste não paramétrico para esses indicadores já que, segundo Torman, Coster & Riboldi (2012), para amostras de tamanho menor

ou igual a 10 (nesse caso igual a 4), é recomendado a não adesão ao teste de normalidade adotando diretamente uma estratégia não-paramétrica de análise.

Já sobre o indicador IN015, é interessante ressaltar que todas as comparações obtiveram o mesmo valor de p-valor. Isso pode ser explicado devido ao fato de a amostra estudada estar sob as mesmas condições, como mesma unidade e mesmo número de elementos comparativos, confrontando um dos critérios também citados por Ebert e Marquardt (2015) apud Suchmacher e Geller (2005) para testes não paramétricos.

#### **4.3 REFLEXÕES SOBRE A PROBLEMÁTICA DOS RESÍDUOS SÓLIDOS**

Com o aumento da geração de resíduos, é primordial estabelecermos reflexões acerca do nosso consumo e também dos impactos que ele causa. Especificamente, os aterros sanitários, que consistem na tecnologia mais utilizada no Brasil, também sofrem consequências dessas ações, já que estes vêm atingindo alturas cada vez mais elevadas a fim de conseguir suprir a demanda de consumo atual. Somado a isso, a elevada contribuição de orgânicos no lixo também se apresenta como um problema. A redução volumétrica causada pela acomodação física nas células devido ao processo natural de degradação biológica da matéria orgânica causa instabilidade nos maciços, gerando a movimentação das células (recalque), o qual deve ser constantemente monitorado, como por exemplo, por meio do monitoramento geotécnico, com o intuito de prever potenciais tendências anômalas e garantir a segurança dos profissionais que atuam nessa obra de engenharia, da sociedade civil e do meio ambiente.

Outro impasse é em relação a não separação dos RSU, já que a segregação é ínfima na realidade do nosso país. Em decorrência disso, o método de tratamento dos resíduos, a gestão, o manejo além do controle operacional dificultam o gerenciamento e tornam o processo muito mais difícil e complexo do ponto de vista técnico e financeiro. O ideal seria que houvessem práticas de segregação dos resíduos na fonte produtora com o intuito de diminuir os gastos com as tecnologias de fim de tubo, com o objetivo de destiná-los de acordo com suas particularidades, podendo gerar subprodutos para a agricultura (compostagem), lucros através da venda (reciclagem) e/ou reutilização em processos produtivos (coprocessamento).

O questionamento do motivo de adotarmos os aterros sanitários como a tecnologia de destinação final mais difundida no país também merece especial atenção. É notável a redução

do número de países que encaminha seus resíduos para aterros, enquanto os números relativos à reciclagem aumentaram substancialmente (RIGHI, 2017). Devido à alta porcentagem de resíduos orgânicos nos RSU brasileiros, outras tecnologias como a compostagem apresentam-se mais adequadas do que a disposição nos aterros.

Acerca dos resíduos sólidos, faz-se interessante ressaltar a diferenças das destinações de ambos os municípios. O aterro sanitário de Uberlândia existe desde 1998, sendo que em 2008, foi feita uma ampliação para atender a demanda da cidade (PREFEITURA DE UBERLÂNDIA, 2022). Segundo dados do SNIS, o município destina seus resíduos a aterros sanitários desde os primeiros anos de coleta de dados (2002). Já Juiz de Fora declarou ao SNIS de 2002 a 2004 que seus resíduos eram destinados a aterros controlados. Segundo a Demlurb (2022), nos anos de 2002 a 2004 e anteriormente a isso, os resíduos de Juiz de Fora eram dispostos de forma inadequada em lixões e aterros controlados. Em 2005 foi inaugurado o aterro de Salvaterra em uma área onde já havia um lixão desde 1999 e foi desativado em 2010. Em 2010, foi inaugurado a CTR em Dias Tavares, onde os resíduos são prioritariamente destinados desde então.

É importe salientar que, apesar dos fatores citados, houveram diversos avanços na situação de Juiz de Fora em relação ao gerenciamento de seus resíduos. Inauguração de eco-pontos<sup>14</sup>, promulgação de políticas públicas<sup>15</sup> e adoção de ações pontuais relacionadas a compostagem<sup>16</sup> além de campanhas de conscientização, ligadas ao descarte correto de resíduos eletrônicos<sup>17</sup> e transformação de óleo de cozinha em biodiesel<sup>18</sup>, são exemplos de atitudes recentes que melhoraram a situação do município. Ainda assim, é primordial que Juiz de Fora aumente seu investimento em saneamento inspirado na situação de Uberlândia, adotando políticas públicas semelhantes ou parcerias, a fim de melhorar ainda mais a situação da cidade.

Apesar do acesso ao saneamento ser um direito constitucional, observa-se que na prática o alcance dos serviços tende a se elevar à medida que a renda *per capita* dos indivíduos aumenta, ou seja, a desigualdade está diretamente relacionada a renda dos consumidores (SAIANI, JÚNIOR & DOURADO, 2013). De acordo com o Atlas do Saneamento do IBGE (2021),

---

<sup>14</sup> Disponível em: <https://www.pjf.mg.gov.br/noticias/view.php?modo=link2&idnoticia2=73339>

<sup>15</sup> Disponível em: <https://g1.globo.com/mg/zona-da-mata/noticia/2022/05/01/politica-publica-de-reciclagem-de-residuos-solidos-organicos-e-instituida-em-juiz-de-fora.ghtml>

<sup>16</sup> Disponível em: <https://g1.globo.com/mg/zona-da-mata/noticia/2022/04/24/coleta-de-residuos-verdes-no-parque-municipal-de-juiz-de-fora-contribui-para-compostagem.ghtml>

<sup>17</sup> Disponível em: <https://g1.globo.com/mg/zona-da-mata/noticia/2022/05/24/acao-coleta-lixo-eletronico-em-juiz-de-fora.ghtml>

<sup>18</sup> Disponível em: <https://g1.globo.com/mg/zona-da-mata/noticia/2022/07/22/juiz-de-fora-lanca-campanha-para-transformar-oleo-em-biodiesel.ghtml>

verifica-se que o montante de investimentos no setor atingiu R\$ 14,8 bilhões, sendo mais da metade dirigido à Região Sudeste. O Novo Marco Legal do Saneamento Básico promulgado em 2020 apresenta-se como uma alternativa promissora para o alcance a universalização do acesso ao saneamento, porém, necessita de adequações, como na consideração das especificidades relativas aos desafios regionais (FERREIRA-SANTOS et al., 2021).

Em contraposição ao conhecimento popular, constata-se que em muitos casos, acerca dos provedores dos serviços de saneamento públicos e privados, que as empresas privadas apresentam melhores índices de cobertura e executam os serviços com custos consideravelmente menores em relação as companhias públicas (CNI, 2021). Porém em outros isso não se verifica como no caso do município de Uberlândia, que é gerenciado pela empresa pública DMAE (Departamento Municipal de Água e Esgoto) e apresenta elevados índices de atendimento. Para Ferreira-Santos et al. (2021): “ressalta-se a importância da tomada de decisão baseada no propósito de respeito, adaptabilidade e diálogo, permitindo, a adesão de novas iniciativas e deslegitimação de decisões políticas tendenciosas com o intuito de se alcançar o propósito final, ou seja, a universalização do acesso ao saneamento para todos”.

De acordo com a World Health Organization e a Organização das Nações Unidas, para cada dólar investido em saneamento básico há uma economia de aproximadamente 4 dólares nos gastos mundiais com saúde (SALLA et al., 2019 apud WHO, 2012 e ONU, 2014). Segundo o livro “Quanto vale cada real investido em saneamento no Brasil?” das autoras Rafaella Lange e Juliana Almeida Dutra (2021), cada R\$ 1 investido no saneamento proporciona R\$ 29,19 em benefícios sociais aos brasileiros, como saúde, qualidade de vida e melhores condições socioeconômicas.

A importância da responsabilidade compartilhada e da responsabilização individual dos cidadãos, conforme consta na PNRS, acerca de seus resíduos produzidos, também merecem especial destaque nesta discussão. O movimento dos 5 R's é um exemplo, que significa repensar, recusar, reduzir, reutilizar e reciclar. Criado na França por Béa Johnson, conhecida como a fundadora do movimento lixo zero, por volta de 2008 e apresenta-se como uma estratégia fundamental para gestão social integrada de resíduos. Implementar o programa dos 5 R's nos mais diversos ambientes como escolas, empresas e no cotidiano das pessoas, proporciona diversos benefícios como a diminuição de impactos ambientais e sociais negativos, formação de hábitos sustentáveis, corresponsabilização com os recursos ambientais e melhoria situacional das comunidades (ROVIRIEGO, 2005).



É importante frisar que o gerenciamento dos resíduos se apresenta como uma oportunidade de geração de renda e nicho de mercado crescente para os profissionais do setor. Bersan *et al.* (2022) apresentou levantamentos do valor médio da venda do adubo sólido (média de R\$ 15,00 Kg) e biofertilizante líquido (média de R\$ 40,00 L) provenientes da degradação biológica de resíduos orgânicos. Silva (2013) apresenta o biogás e o biofertilizante, resultados da degradação de dejetos suínos através do biodigestor, como insumos que podem ser usados tanto na propriedade, quanto vendidos, garantindo uma geração de gerando renda extra ao produtor. Atualmente no município de Juiz de Fora existem diversas empresas especializadas como a Eclo<sup>19</sup>, prestadora de serviços de compostagem urbana e também a E-Ambiental<sup>20</sup>, empresa de reciclagem de resíduos eletrônicos. Por conta desse motivo, o título deste trabalho criou um neologismo da palavra “resíduos”, substituindo o “S” da palavra pelo “\$”.

Destaca-se ainda a importância da base de dados do SNIS para o desenvolvimento do setor de saneamento brasileiro, uma vez que, apesar de apresentar inconsistências como ausência e/ou preenchimento equivocado de dados, apresenta-se como uma ferramenta robusta para a avaliação da situação do setor no país, subsidiando tomadas de decisão quanto a investimentos futuros, objetivando, assim, a melhoria dos serviços prestados e a universalização do acesso ao saneamento.

---

<sup>19</sup> Conheça o trabalho da Eclo: <https://www.eclo.eco.br/>

<sup>20</sup> Conheça o trabalho da E-Ambiental: <https://eambiental.eco.br/>

## 5. CONCLUSÃO

Os indicadores de resíduos são mais expressivos em locais que investem mais em saneamento. O município de Uberlândia apresentou os maiores valores para a maioria dos indicadores analisados, com exceção do IN021. No comparativo com as regiões, Juiz de Fora apresentou dados para os demais indicadores (IN006, IN015 e IN031) inferiores em relação a Uberlândia, porém, com melhorias no decorrer dos anos. As disparidades regionais existentes no Brasil são de fundamental importância para os valores inferiores do país.

Sobre os testes paramétricos, a maioria dos indicadores para as áreas estudadas apresentam diferenças que são estatisticamente significativas (teste t; p-valores<0,05), com exceção do IN006 para Juiz de Fora versus Uberlândia e todas as comparações feitas do indicador IN021 (teste t; p-valores>0,05). Já o IN031 (teste t; p-valores>0,05) e o IN015 (teste U de Mann-Whitney; p-valores>0,05), sendo o segundo o único submetido ao teste não paramétrico, também apresentaram diferenças que são estatisticamente significativas.

Conforme observado, ainda existe um longo caminho de desenvolvimento para a melhoria do gerenciamento dos RSU. Nota-se que a dificuldade de entendimento no preenchimento e análise dos dados coletados, insuficiência de investimentos no setor somada à falta de conscientização da população acerca da importância de suas ações individuais apresentam-se como empecilhos para o alcance da universalização do saneamento no contexto dos resíduos sólidos. No entanto, Uberlândia exemplifica um modelo bem sucedido a ser seguido para os demais municípios brasileiros, demonstrando que, através de uma gestão eficiente, é possível alcançar bons resultados mesmo com as disparidades econômicas, sociais e políticas existentes no Brasil. Acerca das oportunidade de mercado, o setor de resíduos apresenta-se bastante inovador e com muita perspectiva de crescimento para a atuação dos futuros engenheiros ambientais.

Por fim, acredita-se que as análises estatísticas dos indicadores do SNIS possam auxiliar em avaliações das condições sanitárias do país, auxiliando na identificação de áreas em situação de maior vulnerabilidade, que necessitam, portanto, de maiores investimentos.

Como proposta de trabalhos futuros, sugere-se que se aplique a mesma metodologia apresentada neste trabalho para os indicadores de água, esgoto e drenagem do SNIS, além de atualizar o estudo para os indicadores de resíduos dos próximos 5 anos.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Associação Brasileira de Empresas de Tratamento de Resíduos e Efluentes - ABETRE, 2021.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT, 2004. Resíduos Sólidos: Classificação – NBR 10.004/2004.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). 1985. NBR 8849 – Apresentação de projetos de aterros controlados de resíduos sólidos urbanos. Rio de Janeiro.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). 1992. NBR 8419 – Apresentação de projetos de aterros sanitários de resíduos sólidos urbanos. Rio de Janeiro.
- ABES, Ranking ABES da Universalização do Saneamento, 2021. Disponível em: <[https://www.abes-dn.org.br/wp-content/uploads/2021/06/Ranking\\_2021\\_1917\\_7\\_compressed.pdf](https://www.abes-dn.org.br/wp-content/uploads/2021/06/Ranking_2021_1917_7_compressed.pdf)>. Acesso em: 13 out. 2022.
- ABRELPE – Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. Panorama de Resíduos Sólidos no Brasil - 2014. São Paulo: Abrelpe, 2014.
- ABRELPE – Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. Panorama de Resíduos Sólidos no Brasil - 2015. São Paulo: Abrelpe, 2015.
- ABRELPE – Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. Panorama de Resíduos Sólidos no Brasil - 2019. São Paulo: Abrelpe, 2019.
- ABRELPE – Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. Panorama de Resíduos Sólidos no Brasil - 2021. São Paulo: Abrelpe, 2021.
- Altman DG. Practical statistics for medical research. London: Chapman & Hall; 1997.
- BARROS, R.P.; CARVALHO, M.A.; FRANCO, S.; ROSALÉM, A. (2010) Sobre a evolução recente da pobreza e da desigualdade. In: COELHO, M.F.P.; TAPAJÓS, L.M.S.; RODRIGUES, M (orgs.). Políticas sociais para o desenvolvimento: superar a pobreza e promover a inclusão Brasília: Ministério do Desenvolvimento Social e Combate à Fome, UNESCO. Disponível em: <http://www.mds.gov.br/assistenciasocial/secretaria-nacional-de-assistencia-social-snas/livros/politicas-sociais-para-o-desenvolvimento-superar-a-pobreza-e-promover-inclusao-auditorio-do-andar-terreo-do-bloco-a-da-esplanada-dos-ministerios/arquivos/livro-simposio-internacional-mds-unesco-web.pdf/view>. Acesso em: 01 dez. 2022.

BRASIL. (2008). Lei 6514 de 22 de julho de 2008. Dispõe sobre as infrações e sanções administrativas ao meio ambiente, estabelece o processo administrativo federal para apuração destas infrações, e dá outras providências. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Poder Executivo, Brasília DF.

BRASIL. (2010). Lei 12.305 de 02 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Poder Executivo, Brasília DF.

BRASIL. (2020). Lei 14026, de 15 de julho de 2020. Atualiza o Marco Legal de Saneamento Básico. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Poder Executivo, Brasília DF.

BRASIL. (2021). Decreto Nº 14.851 - de 12 de novembro de 2021. Dispõe sobre as ações de incentivo às cooperativas e associações de catadores de materiais recicláveis no âmbito do Município de Juiz de Fora. Lex: Coletânea de Legislação e Jurisprudência, Minas Gerais, p. 1-4, 2021.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento Regional. Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento - SNIS. 2022.

BRASIL. Plano Nacional de Saneamento Básico (PLANSAB). Ministério das Cidades, Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental - SNSA, 2013.

BRASIL. Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS). 2019. Disponível em <<http://www.snis.gov.br/institucional>>. Acesso em: 04 out. 2022.

BRASIL 61. Mercado de gestão de resíduos sólidos é oportunidade para empresas de micro e pequeno porte. 2021. Disponível em <<https://brasil61.com/noticias/mercado-de-gestao-de-residuos-solidos-e-oportunidade-para-empresas-de-micro-e-pequeno-porte-bras214774>>.

Acesso em: 02 nov. 2022.

BERSAN, J. L., KELMER, G. A. R., RIGHI, J. A. (2020). Diagnóstico dos resíduos destinados às unidades de compostagem no estado de minas gerais utilizando a base do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento. SIGABI.

BERSAN, J. L., KELMER, G. A. R., RIGHI, J. A. (2022). Avaliação da qualidade nutricional de composto orgânico produzido com resíduos provenientes de composteiras domésticas. Revista Brasileira de Meio Ambiente, v.10, n.2, p.240-258. DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.7321739>

CAMPOS, H. K. T. Renda e evolução da geração per capita de resíduos sólidos no Brasil. Engenharia Sanitária e Ambiental [online]. 2012, v. 17, n. 2 [Acesso em 14 nov. 2022], pp. 171-180. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/esa/a/kZn74jmyqBL5GNT4yxkD8Jk/?format=pdf&lang=pt>>. Epub 08 Feb 2013. ISSN 1809-4457. <https://doi.org/10.1590/S1413-41522012000200006>.

CANELLA, C. M. (2021). Gerenciamento de resíduos sólidos urbanos no estado de Minas Gerais: uma análise quantitativa de indicadores de sustentabilidade. Dissertação (Mestrado), Programa De Pós-Graduação em Ambiente Construído, UFJF, Universidade Federal do Juiz de Fora, Minas Gerais.

CASTILHO, G. F. Importância das associações de catadores de materiais recicláveis na gestão de resíduos sólidos urbanos: um conflito socioambiental na cidade de Juiz de Fora. 2017. Trabalho de Conclusão de Curso. Disponível em: <<https://www.ufjf.br/bach/files/2016/10/GABRIELA-FILGUEIRAS-DE-CASTILHO.pdf>>. Acesso em: 02 nov. 2022.

CESAMA. DESPOLUIÇÃO DO RIO PARAIBUNA. 2022. Disponível em: <<https://cesama.com.br/a-cesama/despoluicao-do-rio-paraibuna>>. Acesso em: 25 nov. 2022.

CNI – CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA. SANEAMENTO BÁSICO A RELEVÂNCIA DO SETOR PARA O CRESCIMENTO ECONÔMICO E A MELHORIA DO BEM-ESTAR. 2021. Disponível em: <<https://cseprs3.s3.amazonaws.com/email-editor-files/23f2e8db-c276-4f19-9362-08d8e40a8ad4/1a301e04-d3ac-4892-92f6-09bdceaddcf5.pdf>>. Acesso em: 23 nov. 2022.

CORDOVIL, Wilson Dias. Do caminho novo a Manchester mineira: as dinâmicas socioespaciais da gênese e evolução do município de Juiz de Fora no contexto regional da Zona da Mata. Juiz de Fora, 2013. (Dissertação de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal de Juiz de Fora).

CORESAB. Minas alcança a marca de 469 municípios com destinação regular de resíduos sólidos urbanos. 2022. Disponível em: <<https://coresab.com.br/2022/03/22/minas-alcanca-a-marca-de-469-municipios-com-destinacao-regular-de-residuos-solidos-urbanos/>>. Acesso em: 06 dez. 2022.

DEMLURB. Aterro Sanitário de Juiz de Fora. 2020. Disponível em: <<https://demlurb.pjf.mg.gov.br/aterro.php>>. Acesso em: 20 out. 2022.

DUTRA, J. A. 7 LANGE, R. S. Quanto vale cada real investido em saneamento no Brasil?. Editora ABES. 2021.

DW. Alemães gostam de pagar impostos – os brasileiros, não. 2019. Disponível em: <<https://www.dw.com/pt-br>>. Acesso em: 20 out. 2022.

EBERT, L. A.; MARQUARDT, R. T. Estatística e Indicadores Ambientais. 2015. UNIASSELVI. Disponível em: <<https://www.uniasselvi.com.br/extranet/layout/request/trilha/materiais/livro/livro.php?codigo=20516>>. Acesso em: 21 nov. 2022.

FERREIRA-SANTOS; J. BERSAN, J. L. M.; FIÃES, G. M. F. SANTOS, R. C. de V. Desafios para a universalização do saneamento: análise de indicadores do SNIS e reflexões sobre o Novo Marco Legal. 2021. 10º Simpósio de Gestão Ambiental e Biodiversidade. ISSN 2525-4928 <http://itr.ufrjr.br/sigabi/anais>.

FONSECA, Fernanda Rodrigues; VASCONCELOS, Cíntia Honório. Análise espacial das Doenças Relacionadas ao Saneamento Ambiental Inadequado no Brasil. Caderno de Saúde Coletiva, Rio de Janeiro, v. 19, n. 4, p. 448-453, 2011.

FGV - Fundação Getúlio Vargas. TESTES NÃO PARAMÉTRICOS. 2009. Disponível em: <<https://epge.fgv.br/we/Graduacao/Estatistica1/2009/2?action=AttachFile&do=get&target=teste-dos-sinais-wilcoxon-e-mann-whitney.pdf>>. Acesso em: 03 nov. 2022.

G1. Saneamento básico suficiente para o dobro da população: entenda por que Uberlândia é a 2ª em ranking brasileiro. 2022. Disponível em: <<https://g1.globo.com/mg/triangulo-mineiro/noticia/2022/03/22/ranking-do-saneamento-basico-veja-o-que-faz-uberlandia-estar-entre-as-dez-melhores-cidades-do-brasil-ha-mais-de-uma-decada.ghtml>>. Acesso em: 25 nov. 2022.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. INDICADORES DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL: Brasil 2016 / IBGE, Diretoria de Geociências. Rio de Janeiro: IBGE, 2000. 195 p. (Estudos e pesquisas. Informação geográfica, ISSN 1517-1450; n. 2).

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Município de Juiz de Fora (MG). Rio de Janeiro: IBGE, 2022. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/>>. Acesso em: 11 out. 2022.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Pesquisa de Informações Básicas Municipais Perfil dos Municípios Brasileiros: 2019. Coordenação de População e Indicadores Sociais - Rio de Janeiro, 2019.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Portal de Mapas - Bacias hidrográficas (MG). Disponível em: <<https://portaldemapas.ibge.gov.br/portal.php#mapa223130>>. Acesso em: 10 out. 2022.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Atlas do saneamento. 2021. Disponível em: <[https://www.ibge.gov.br/apps/atlas\\_saneamento/#/home/](https://www.ibge.gov.br/apps/atlas_saneamento/#/home/)>. Acesso em: 22 nov. 2022.

INFORMER. STATISTICA 13.3 - Dados de entrada e analisá-lo com um built-in módulo de visualização. 2022. Disponível em: <<https://statistica.software.informer.com/Download-gr%C3%A1tis/>>. Acesso em: 17 out. 2022.

INSTITUTO TRATA BRASIL. Estudo Benefícios Econômicos e sociais da expansão do Saneamento no Brasil. 2017. Disponível em: <<http://www.tratabrasil.org.br/datafiles/estudos/beneficios-ecosocio/relatorio-completo.pdf>>. Acesso em: 01 nov. 2022.

IPEA. Resíduos sólidos urbanos no Brasil: desafios tecnológicos, políticos e econômicos. 2020. Disponível em: <<https://www.ipea.gov.br/cts/pt/central-de-conteudo/artigos/artigos/217-residuos-solidos-urbanos-no-brasil-desafios-tecnologicos-politicos-e-economicos>>. Acesso em: 21 out. 2022.

JUIZ DE FORA. PMGIRS - Plano Diretor de Juiz de Fora: Dispõe sobre a Política de Desenvolvimento Urbano e Territorial, o Sistema Municipal de Planejamento do Território e a revisão do PDP/JF de Juiz de Fora conforme o disposto na Constituição Federal e no Estatuto da Cidade e dá outras providências. 2020. Disponível em: <[https://www.pjf.mg.gov.br/secretarias/sepur/planos\\_programas/pmgirs/plano/geracao\\_residuos.php](https://www.pjf.mg.gov.br/secretarias/sepur/planos_programas/pmgirs/plano/geracao_residuos.php)>. Acesso em: 12 out. 2022.

LEITE, N. D.; PAIVA, B. K. V.; OLIVEIRA, M. Z. F. S. SANTOS, G. O. Coleta seletiva no Brasil: um estudo sobre os indicadores do Sistema Nacional de Informação sobre Saneamento - SNIS. In: 30º Congresso Brasileiro De Engenharia Sanitária e Ambiental. 2019. Rio de Janeiro. Anais. ABES.

MA, J.; HIPEL, K. W.; HANSON, M. L.; CAI, X.; LIU, Y. An analysis of influencing factors on municipal solid waste source-separated collection behavior in Guilin, China by Using the Theory of Planned Behavior. *Sustainable cities and society*, v. 37, p. 336-343; 2018. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2017.11.037>.

MALHEIROS, T. F.; PHILIPPI Jr., A. & COUTINHO, S. M. V. (2008). Agenda 21 Nacional e Indicadores de Desenvolvimento Sustentável: contexto brasileiro. *Saúde e Sociedade*. São Paulo, v.17, n.1, p. 7-20.

MAPBIOMAS BRASIL. Coleções Mapbiomas - Município Juiz de Fora (MG). 2021. Disponível em: <[https://mapbiomas.org/colecoes-mapbiomas-1?cama\\_set\\_language=pt-BR](https://mapbiomas.org/colecoes-mapbiomas-1?cama_set_language=pt-BR)>. Acesso em: 11 out. 2022.

MASSAD, E.; MENEZES, R. X.; SILVEIRA, P. S. P., ORTEGA, N. R. S. Métodos quantitativos em medicina. São Paulo: Manole; 2004.

MEDIUM. A Importância da Reciclagem e Reutilização do Plástico. 2018. Disponível em: <<https://medium.com/@brnnhsales/a-import%C3%A2ncia-da-reciclagem-e-reutiliza%C3%A7%C3%A3o-do-pl%C3%A1stico-2f20f7a0e5eb>>. Acesso em: 18 out. 2022.

MINAS GERAIS. Prefeitura Municipal de Juiz de Fora. Sistema Municipal de Planejamento do Território - SISPLAN. Minas Gerais, 2021.

MIOT, H. A. Avaliação da normalidade dos dados em estudos clínicos e experimentais. *J Vasc Bras*. 2017 Apr-Jun;16(2):88-91. Portuguese. doi: 10.1590/1677-5449.041117. PMID: 29930631; PMCID: PMC5915855.

OLIVEIRA, G. D. A Produção de Resíduos Sólidos e seu Gerenciamento em Países Desenvolvidos e em Desenvolvimento: Uma visão sobre União Européia e Brasil. Brasília: Centro Universitário de Brasília, Faculdade de Ciências Jurídicas e de Ciências Sociais, 2003. 66 p. (Monografia apresentada ao Curso de Relações Internacionais, Área de Concentração: Meio Ambiente).

ONU - Organização das Nações Unidas - Plataforma Agenda 2030. Os 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável. Organização das Nações Unidas, s.l, s.d. Disponível em: <<http://www.agenda2030.org.br/ods/10/>>. Acesso em: 02 nov. 2022.



PINHEIRO, I. S.; FERRIRA, J. A. ECONOMICIDADE DOS SERVIÇOS DE COLETA E TRANSPORTE DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS. 2017. Programa de Pesquisa da Escola de Contas e Gestão do Tribunal de Contas do Estado do Rio de Janeiro.

PIPE SOCIAL. 3º Mapa de Negócios de Impacto social + Ambiental. 2021. Disponível em: <[https://mapa2021.pipelabo.com/downloads/3\\_MapadeImpacto\\_Relatorio\\_Nacional.pdf](https://mapa2021.pipelabo.com/downloads/3_MapadeImpacto_Relatorio_Nacional.pdf)>. Acesso em: 02 nov. 2022.

POLAZ, C. N. M. Indicadores de sustentabilidade para gestão de resíduos sólidos urbanos. 2008. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana) - Universidade de São Carlos. São Carlos. 2008.

PREFEITURA DE JUIZ DE FORA. Apresentação da cidade. 2022. Disponível em: <<https://pjf.mg.gov.br/cidade/index.php>>. Acesso em: 13 out. 2022.

RAFIEE, M.; DARGAHI, L.; ESLAMI, A.; BEIRAMI, E.; JAHANGIRI-RAD, M.; SABOUR, S.; AMEREH, F. Neurobehavioral assessment of rats exposed to pristine polystyrene nanoplastics upon oral exposure. *Chemosphere*, v. 193, p. 745-753, 2018. Disponível em: <<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29175402/>>. Doi: 10.1016/j.chemosphere. 2017.11.076.

RAGUSA, A., NOTARSTEFANO, V., SVELATO A, BELLONI A, GIOACCHINI G, BLONDEEL C, ZUCCHELLI E, DE LUCA C, D'AVINO S, GULOTTA A, CARNEVALI O, GIORGINI E. RAMAN. Microspectroscopy Detection and Characterisation of Microplastics in Human Breastmilk. *Polymers (Basel)*. 2022 Jun 30;14(13):2700. doi: 10.3390/polym14132700. PMID: 35808745; PMCID: PMC9269371.

RECICLA SAMPA. Lixo do mundo dobrará de volume até 2025. 2019. Disponível em: <<https://www.reciclasampa.com.br/artigo/lixo-do-mundo-dobrara-de-volume-ate-2025>>. Acesso em: 19 out. 2022.

REVISTA GALILEU. Poluentes ficam 10 vezes mais tóxicos quando absorvidos por microplásticos. 2022. Disponível em: <<https://revistagalileu.globo.com/Um-So-Planeta/noticia/2022/02/poluentes-ficam-10-vezes-mais-toxicos-quando-absorvidos-por-microplasticos.html>>. Acesso em: 19 out. 2022.

RIGHI, J. A. (2017). Proposta de índice de avaliação de aterros de resíduos desativados a partir do potencial poluidor do lixiviado. Dissertação (Doutorado), Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, COPPE, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

RODRIGUES, C. F. de S., LIMA, F. J. C. de e BARBOSA, F. T. Importance of using basic statistics adequately in clinical research. Study performed at Universidade Federal de Alagoas. Revista Brasileira de Anestesiologia [online]. 2017, v. 67, n. 6 [Acessado 18 novembro 2022], pp. 619-625. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.bjane.2017.01.011>>. ISSN 1806-907X. <https://doi.org/10.1016/j.bjane.2017.01.011>.

ROVIRIEGO, L. F. V. Proposta de uma metodologia para a avaliação de sistemas de coleta seletiva de resíduos sólidos domiciliares. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Universidade de São Paulo, São Carlos, 2005.

SABINO, C. V. S.; LAGE, L. V. e ALMEIDA, K. C. de B. Uso de métodos estatísticos robustos na análise ambiental. Engenharia Sanitária e Ambiental [online]. 2014, v. 19, n. spe [Acesso em: 21 nov. 2022], pp. 87-94. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S1413-41522014019010000588>>. ISSN 1809-4457. <https://doi.org/10.1590/S1413-41522014019010000588>.

SALLA, M. R. SÁ, E.; FERREIRA, P. A. C.; MELO, N.A. Relação entre saneamento básico e saúde pública em Bissau, Guiné-Bissau. Saúde e Sociedade [online]. v. 28, n. 4 [Acessado 13 novembro 2022], pp. 284-296. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S0104-12902019180705>>. ISSN 1984-0470. <https://doi.org/10.1590/S0104-12902019180705>.

SALIMENA, T.; PANTOJO, F.; SANTOS, J. F.; DIAS, E.; CASTRO, S. Evolution of sanitation in Brazil: a critical analysis on solid wastes services based on the SNIS dataset / Evolução do saneamento básico no Brasil: uma análise crítica dos serviços de resíduos sólidos com base na experiência do SNIS. Revista de Engenharia da Universidade Católica de Petrópolis: v. 15 n. 1 (2021).

SCRIPTORE, J. S.; TONETO JÚNIOR, R. 2012. A estrutura de provisão dos serviços de saneamento básico no Brasil: uma análise comparativa do desempenho dos provedores públicos e privados. Revista de Administração Pública, Rio de Janeiro, v. 46, n. 6, p. 1.479-1.504, nov./dez. 2012.

SILVA, H. W. A tecnologia da biodigestão anaeróbica na produção de biogás gerado por dejetos de suínos. Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável (RBAS), v.3, n.1, 2013. p.55-60.

SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE A GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS – SINIR. Relatório Municipal de Gestão de Resíduos Sólidos Juiz de Fora - MG.

2020. Disponível em <<https://www.sinir.gov.br/relatorios/municipal/>>. Acesso em 27 out. 2022.

SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO (SNIS). Diagnóstico do Manejo de Resíduos Sólidos Urbanos Água e Esgoto (SNIS-RS). 2018. Disponível em: <<http://www.snis.gov.br/diagnostico-anual-residuos-solidos>>. Acesso em: 05 out. 2022.

SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO (SNIS). Diagnóstico do Manejo de Resíduos Sólidos Urbanos Água e Esgoto (SNIS-RS). 2019. Disponível em: <<http://www.snis.gov.br/diagnostico-anual-residuos-solidos>>. Acesso em: 05 jun. 2022.

SIQUEIRA, M. S. et al. Interações por doenças relacionadas ao saneamento ambiental inadequado na rede pública de saúde da região metropolitana de Porto Alegre, Rio Grande do Sul, 2010-2014. Manuscrito originado da dissertação de mestrado de Mariana Santiago Siqueira defendida junto ao Programa de Pós-Graduação em Saúde Coletiva da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, em 2016. Epidemiologia e Serviços de Saúde [online]. 2017, v. 26, n. 4. pp. 795-806. Disponível em: <<https://doi.org/10.5123/S1679-49742017000400011>>. Acesso em: 2 nov. 2022. ISSN 2237-9622. <https://doi.org/10.5123/S1679-49742017000400011>.

TEIXEIRA, L. I. (2011). Evidências empíricas das políticas de saneamento básico sobre indicadores de saúde para municípios brasileiros 2011. Dissertação (Mestrado), Escola de Economia de São Paulo da Fundação Getúlio Vargas, São Paulo.

TRATA BRASIL. RANKING DO SANEAMENTO INSTITUTO TRATA BRASIL. 2022. Disponível em <<https://tratabrasil.org.br/ranking-do-saneamento-2022/>>. Acesso em: 22 nov. 2022.

TRATA BRASIL. Estudo de perdas de água do instituto Trata Brasil de 2022 (SNID 2020): Desafios para disponibilidade hídrica e avanço da eficiência do saneamento básico no Brasil. 2022. Disponível em: <[https://bkp-trata.aideia.com/tratabrasil.org.br/images/estudos/Perdas\\_d%3%a1gua/Relat%3%b3rio\\_Completo.pdf](https://bkp-trata.aideia.com/tratabrasil.org.br/images/estudos/Perdas_d%3%a1gua/Relat%3%b3rio_Completo.pdf)>. Acesso em: 05 dez. 2022.

TRIBUNA DE MINAS. Juiz de Fora está abaixo da média nacional em reciclagem de lixo. 2019. Disponível em: <<https://tribunademinas.com.br/noticias/cidade/08-06-2019/jf-esta-abaixo-da-media-nacional-em-reciclagem-de-lixo.html>>. Acesso em: 05 dez. 2022.

TORMAN, V. B. L.; CSTER, R.; RIBOLDI, J. Normalidade de variáveis: métodos de verificação e comparação de alguns testes não-paramétricos por simulação. *Revista HCPA*. 2012;32(2):227-234.

TUROLLA, F. A. Política de saneamento básico: avanços recentes e opções futuras de políticas públicas [Internet]. Brasília: Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada; 2002. 29 p. Disponível em: <[http://www.ipea.gov.br/portal/images/stories/PDFs/TDs/td\\_0922.pdf](http://www.ipea.gov.br/portal/images/stories/PDFs/TDs/td_0922.pdf)>. Acesso em: 05 jun. 2022.

VASCONCELOS, M. C.; BACH, T. M.; MATIOLLO, D.; JUNIOR, J.; SOUZA, A.; DA SILVA, W. V. Evidências relativas aos Custos de Resíduos Sólidos Urbanos Municipais: uma Análise dos Fatores Determinantes. *Anais do Congresso Brasileiro de Custos - ABC*, [S. l.], Disponível em: <https://anaiscbc.emnuvens.com.br/anais/article/view/4136>. Acesso em: 6 dez. 2022.

## APÊNDICE A

### Medidas descritivas dos indicadores IN006, IN015, IN021 e IN031 para o município de Juiz de Fora (2002-2020).

Variáveis	IN006	IN015	IN021	IN031
Média	93,10	99,30	0,88	1,09
Erro padrão	12,01	0,25	0,06	0,92
Mediana	85,13	99,69	0,83	0,16
Moda	-	99,7	0,62	0,15
Desvio padrão	46,50	0,86	0,26	3,56
Variância	2161,98	0,75	0,07	12,65
Curtose	-1,79	-0,41	-0,02	14,97
Assimetria	0,27	-1,23	0,81	3,87
Intervalo	120,26	2,13	0,86	13,91
Mínimo	36,10	97,87	0,57	0,03
Máximo	156,36	100	1,43	13,94
Soma	1396,43	1191,58	14,91	16,37
Contagem	15	12	17	15
NC (95,0%)	25,75	0,55	0,14	1,97

Fonte: O autor (2022).

## APÊNDICE B

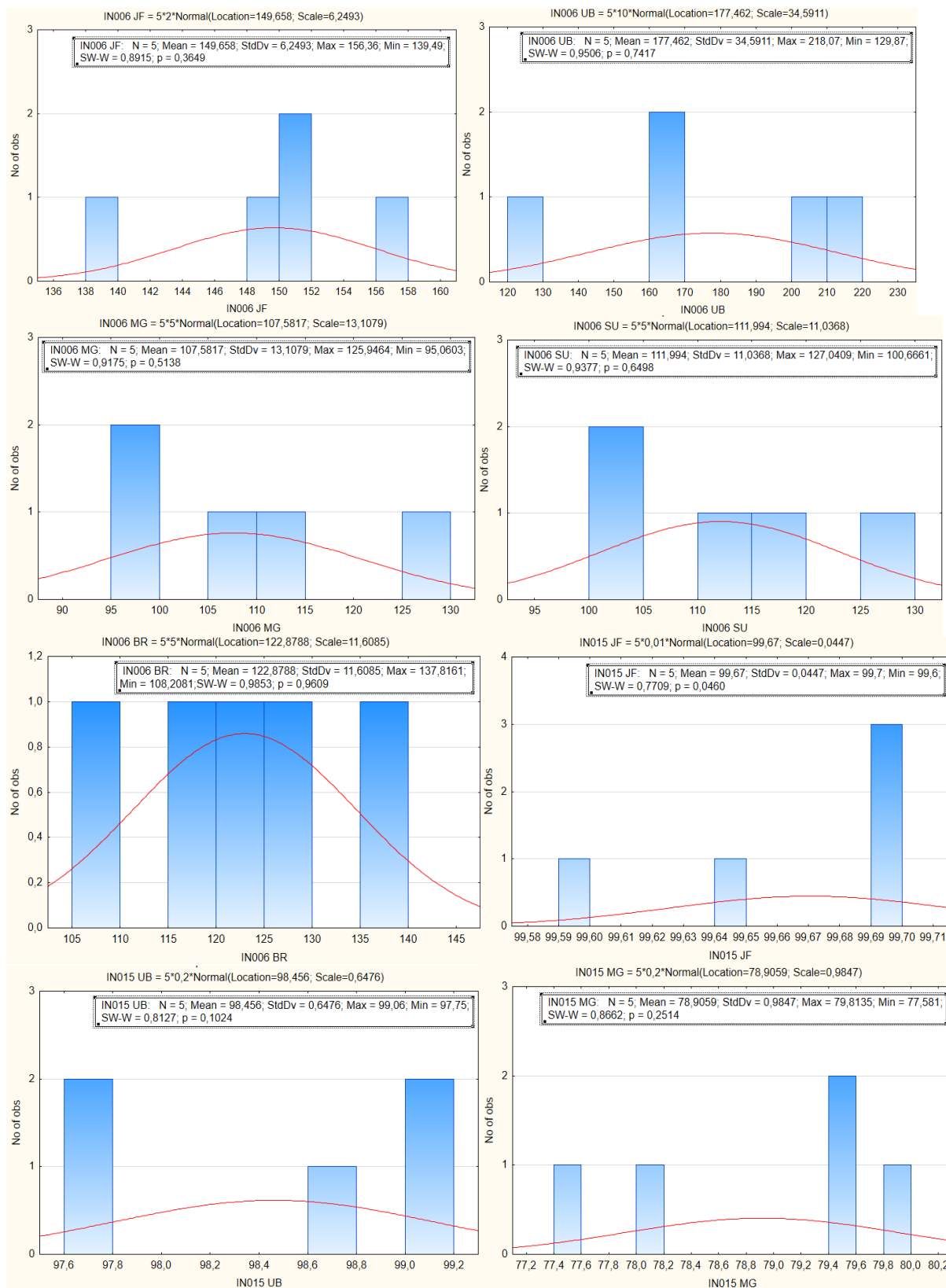
### Medidas descritivas dos indicadores IN006, IN015, IN021 e IN031 para o município de Uberlândia, estado de Minas Gerais, região Sudeste e Brasil (2016 - 2020).

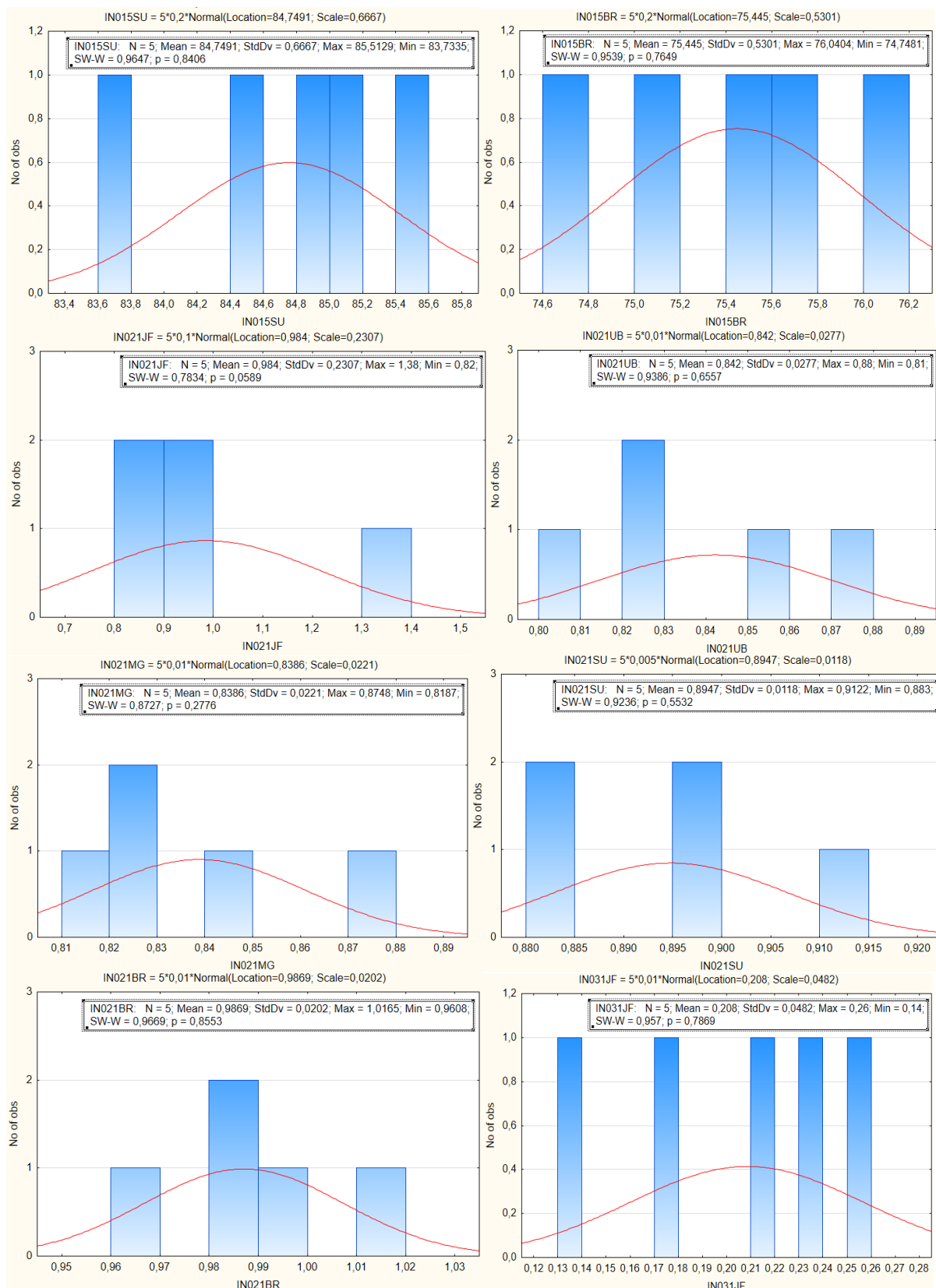
	Uberlândia (MG)				Estado de Minas Gerais				Região Sudeste				Brasil			
Variáveis	IN006	IN015	IN021	IN031	IN006	IN015	IN021	IN031	IN006	IN015	IN021	IN031	IN006	IN015	IN021	IN031
Média	177,46	98,46	0,84	0,99	107,58	78,91	0,84	51,70	111,99	84,75	0,89	52,08	122,88	75,44	0,99	43,39
Erro padrão	15,47	0,29	0,01	0,20	5,86	0,44	0,01	2,06	4,94	0,30	0,01	1,26	5,19	0,24	0,01	1,26
Mediana	168,64	98,68	0,83	0,84	106,66	79,41	0,83	53,58	111,57	84,88	0,90	53,12	124,28	75,57	0,98	43,71
Moda	-	-	0,83	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Desvio padrão	34,59	0,65	0,03	0,44	13,11	0,98	0,02	4,61	11,04	0,67	0,01	2,82	11,61	0,53	0,02	2,82
Variância	1196,54	0,42	0,00	0,19	171,82	0,97	0,00	21,21	121,81	0,44	0,00	7,95	134,76	0,28	0,00	7,96
Curtose	-0,72	-3,12	-1,08	2,59	-1,17	-2,18	1,89	-2,88	-1,44	0,97	-0,08	-2,19	-1,03	-1,70	1,39	-1,88
Assimetria	-0,25	-0,40	0,48	1,62	0,53	-0,69	1,42	-0,35	0,41	-0,81	0,69	-0,43	-0,02	-0,38	0,42	-0,09
Intervalo	88,20	1,31	0,07	1,06	30,89	2,23	0,06	9,96	26,37	1,78	0,03	6,66	29,61	1,29	0,06	6,85
Mínimo	129,87	97,75	0,81	0,66	95,06	77,58	0,82	46,67	100,67	83,73	0,88	48,48	108,21	74,75	0,96	39,95
Máximo	218,07	99,06	0,88	1,72	125,95	79,81	0,87	56,63	127,04	85,51	0,91	55,13	137,82	76,04	1,02	46,80
Soma	887,31	492,28	4,21	4,94	537,91	394,53	4,19	258,49	559,97	423,75	4,47	260,40	614,39	377,22	4,93	216,95
NC (95,0%)	42,95	0,80	0,03	0,54	16,28	1,22	0,03	5,72	13,70	0,83	0,01	3,50	14,41	0,66	0,03	3,50

Fonte: O autor (2022).

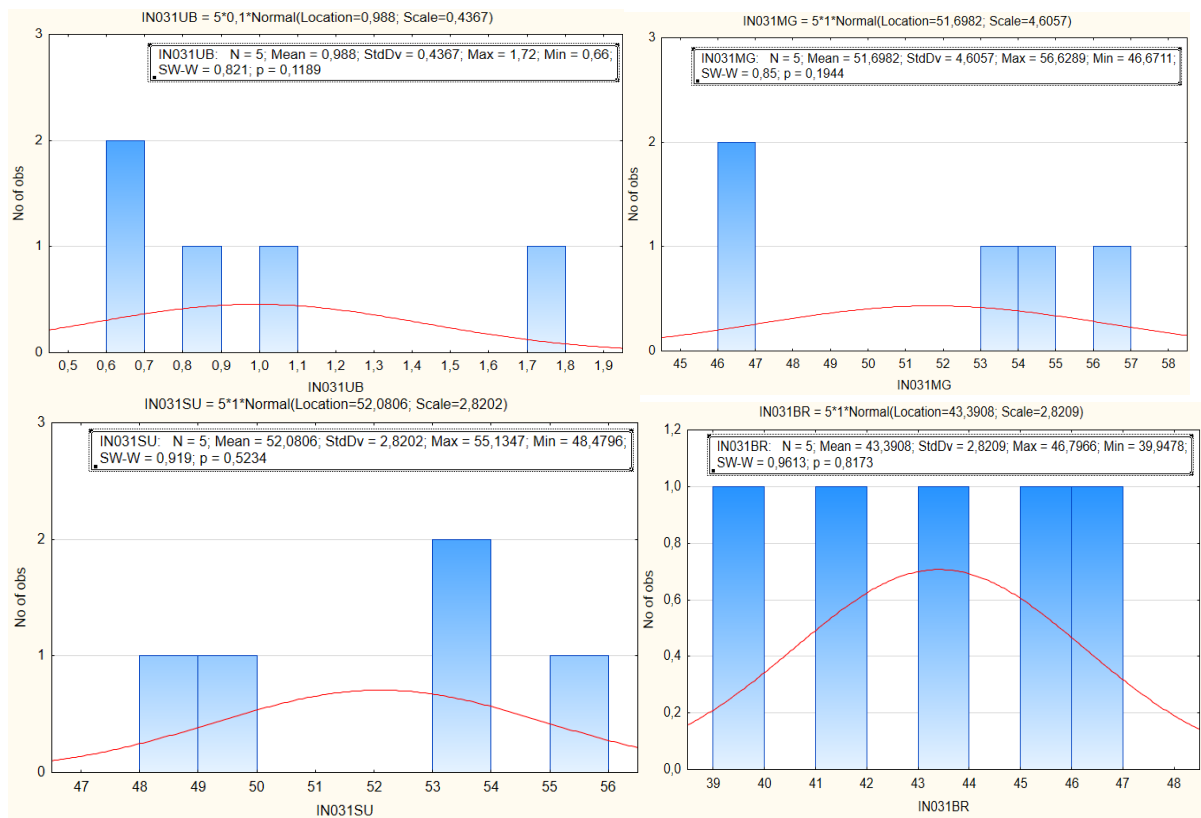
## APÊNDICE C

### Histogramas dos indicadores IN006, IN015, IN021 e IN031 para o município de Juiz de Fora, Uberlândia, estado de Minas Gerais, região Sudeste e Brasil (2016 - 2020).









Fonte: O autor (2022).

## APÊNDICE D

### Mosaico dos valores obtidos do Teste “t” para o indicador IN006.

T-tests; Grouping: LOC. (Spreadsheet1)											
Group 1: JF											
Group 2: UB											
Variable	Mean JF	Mean UB	t-value	df	p	Valid N JF	Valid N UB	Std.Dev. JF	Std.Dev. UB	F-ratio Variances	p Variances
IN006	149,6580	177,4620	-1,76870	8	0,114914	5	5	6,249290	34,59106	30,63842	0,005868

T-tests; Grouping: LOC. (Spreadsheet1)											
Group 1: JF											
Group 2: MG											
Variable	Mean JF	Mean MG	t-value	df	p	Valid N JF	Valid N MG	Std.Dev. JF	Std.Dev. MG	F-ratio Variances	p Variances
IN006	149,6580	108,0850	6,467560	8	0,000195	5	5	6,249290	12,94362	4,289928	0,187392

T-tests; Grouping: LOC. (Spreadsheet1)											
Group 1: JF											
Group 2: SE											
Variable	Mean JF	Mean SE	t-value	df	p	Valid N JF	Valid N SE	Std.Dev. JF	Std.Dev. SE	F-ratio Variances	p Variances
IN006	149,6580	112,7042	6,463241	8	0,000196	5	5	6,249290	11,15336	3,185297	0,287969

T-tests; Grouping: LOC. (Spreadsheet1)											
Group 1: JF											
Group 2: BR											
Variable	Mean JF	Mean BR	t-value	df	p	Valid N JF	Valid N BR	Std.Dev. JF	Std.Dev. BR	F-ratio Variances	p Variances
IN006	149,6580	122,6580	4,597480	8	0,001761	5	5	6,249290	11,54962	3,415654	0,261264

Fonte: O autor (2022).

### Mosaico dos valores obtidos do Teste “t” para o indicador IN021.

T-tests; Grouping: LOC. (Spreadsheet1)											
Group 1: JF											
Group 2: UB											
Variable	Mean JF	Mean UB	t-value	df	p	Valid N JF	Valid N UB	Std.Dev. JF	Std.Dev. UB	F-ratio Variances	p Variances
IN021	0,984000	0,842000	1,366396	8	0,208982	5	5	0,230716	0,027749	69,12987	0,001208

T-tests; Grouping: LOC. (Spreadsheet1)											
Group 1: JF											
Group 2: MG											
Variable	Mean JF	Mean MG	t-value	df	p	Valid N JF	Valid N MG	Std.Dev. JF	Std.Dev. MG	F-ratio Variances	p Variances
IN021	0,984000	0,841945	1,372059	8	0,207284	5	5	0,230716	0,019154	145,0887	0,000280

T-tests; Grouping: LOC. (Spreadsheet1)											
Group 1: JF											
Group 2: SE											
Variable	Mean JF	Mean SE	t-value	df	p	Valid N JF	Valid N SE	Std.Dev. JF	Std.Dev. SE	F-ratio Variances	p Variances
IN021	0,984000	0,899577	0,817146	8	0,437501	5	5	0,230716	0,011781	383,4949	0,000041

T-tests; Grouping: LOC. (Spreadsheet1)											
Group 1: JF											
Group 2: BR											
Variable	Mean JF	Mean BR	t-value	df	p	Valid N JF	Valid N BR	Std.Dev. JF	Std.Dev. BR	F-ratio Variances	p Variances
IN021	0,984000	0,992002	-0,077300	8	0,940283	5	5	0,230716	0,018697	152,2617	0,000254

Fonte: O autor (2022).

### Mosaico dos valores obtidos do Teste “t” para o indicador IN031.

T-tests; Grouping: LOC. (Spreadsheet1)											
Group 1: JF											
Group 2: UB											
Variable	Mean JF	Mean UB	t-value	df	p	Valid N JF	Valid N UB	Std.Dev. JF	Std.Dev. UB	F-ratio Variances	p Variances
IN031	0,208000	0,988000	-3,96968	8	0,004121	5	5	0,048166	0,436715	82,20690	0,000860

T-tests; Grouping: LOC. (Spreadsheet1)											
Group 1: JF											
Group 2: MG											
Variable	Mean JF	Mean MG	t-value	df	p	Valid N JF	Valid N MG	Std.Dev. JF	Std.Dev. MG	F-ratio Variances	p Variances
IN031	0,208000	10,01411	-13,0386	8	0,000001	5	5	0,048166	1,681019	1218,028	0,000004

T-tests; Grouping: LOC. (Spreadsheet1)											
Group 1: JF											
Group 2: SE											
Variable	Mean JF	Mean SE	t-value	df	p	Valid N JF	Valid N SE	Std.Dev. JF	Std.Dev. SE	F-ratio Variances	p Variances
IN031	0,208000	7,410333	-20,7477	8	0,000000	5	5	0,048166	0,774730	258,7097	0,000089

T-tests; Grouping: LOC. (Spreadsheet1)											
Group 1: JF											
Group 2: BR											
Variable	Mean JF	Mean BR	t-value	df	p	Valid N JF	Valid N BR	Std.Dev. JF	Std.Dev. BR	F-ratio Variances	p Variances
IN031	0,208000	8,651432	-29,2045	8	0,000000	5	5	0,048166	0,644682	179,1442	0,000184

Fonte: O autor (2022).

### Mosaico dos valores obtidos do Teste U de Mann-Whitney para o indicador IN015.

Mann-Whitney U Test (w/ continuity correction) (Spreadsheet1)										
By variable LOC.										
Marked tests are significant at p <,05000										
variable	Rank Sum JF	Rank Sum UB	U	Z	p-value	Z adjusted	p-value	Valid N JF	Valid N UB	2*1sided exact p
IN015	40,00000	15,00000	0,00	2,506718	0,012186	2,537667	0,011160	5	5	0,007937

Mann-Whitney U Test (w/ continuity correction) (Spreadsheet1)										
By variable LOC.										
Marked tests are significant at p <,05000										
variable	Rank Sum JF	Rank Sum MG	U	Z	p-value	Z adjusted	p-value	Valid N JF	Valid N MG	2*1sided exact p
IN015	40,00000	15,00000	0,00	2,506718	0,012186	2,537667	0,011160	5	5	0,007937

Mann-Whitney U Test (w/ continuity correction) (Spreadsheet1)										
By variable LOC.										
Marked tests are significant at p <,05000										
variable	Rank Sum JF	Rank Sum SE	U	Z	p-value	Z adjusted	p-value	Valid N JF	Valid N SE	2*1sided exact p
IN015	40,00000	15,00000	0,00	2,506718	0,012186	2,537667	0,011160	5	5	0,007937

Mann-Whitney U Test (w/ continuity correction) (Spreadsheet1)										
By variable LOC.										
Marked tests are significant at p <,05000										
variable	Rank Sum JF	Rank Sum BR	U	Z	p-value	Z adjusted	p-value	Valid N JF	Valid N BR	2*1sided exact p
IN015	40,00000	15,00000	0,00	2,506718	0,012186	2,537667	0,011160	5	5	0,007937

Fonte: O autor (2022).