

UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA
FACULDADE DE ECONOMIA

GABRIEL BENTO PIRES DA SILVA

**TIPOLOGIA DOS MUNICÍPIOS BRASILEIROS EM RELAÇÃO AO SANEAMENTO
BÁSICO**

JUIZ DE FORA - MG
2024

GABRIEL BENTO PIRES DA SILVA

**TIPOLOGIA DOS MUNICÍPIOS BRASILEIROS EM RELAÇÃO AO SANEAMENTO
BÁSICO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Ciências Econômicas da Universidade Federal de Juiz de Fora, como requisito parcial à obtenção do título de bacharel em Ciências Econômicas.

Orientador: Prof. Dr. Weslem Rodrigues Faria

JUIZ DE FORA - MG
2024

Ficha catalográfica elaborada através do programa de geração automática da Biblioteca Universitária da UFJF, com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

Bento, Gabriel.

Tipologia dos Municípios Brasileiros em Relação ao Saneamento Básico / Gabriel Bento. -- 2024.

42 p. : il.

Orientador: Weslem Rodrigues

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) - Universidade Federal de Juiz de Fora, Faculdade de Economia, 2024.

1. Saneamento Básico. 2. Municípios Brasileiros. 3. Análise Multivariada. I. Rodrigues, Weslem, orient. II. Título.



UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA
REITORIA - FACECON - Depto. de Economia

FACULDADE DE ECONOMIA / UFJF

ATA DE APROVAÇÃO DE MONOGRAFIA II (MONO B)

Na data de 25/11/2024, a Banca Examinadora, composta pelos professores

1 – Weslem Rodrigues Faria - orientador; e

2 – Admir Antonio Betarelli Junir,

reuniu-se para avaliar a monografia do acadêmico GABRIEL BENTO PIRES DA SILVA, intitulada: **TIPOLOGIA DOS MUNICÍPIOS BRASILEIROS EM RELAÇÃO AO SANEAMENTO BÁSICO**.

Após primeira avaliação, resolveu a Banca sugerir alterações ao texto apresentado, conforme relatório sintetizado pelo orientador. A Banca, delegando ao orientador a observância das alterações propostas, resolveu APROVAR (APROVAR / NÃO APROVAR) a referida monografia

ASSINATURA ELETRÔNICA DOS PROFESSORES AVALIADORES



Documento assinado eletronicamente por **Weslem Rodrigues Faria, Professor(a)**, em 05/12/2024, às 19:39, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Admir Antonio Betarelli Junior, Professor(a)**, em 06/12/2024, às 17:27, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no Portal do SEI-Ufjf (www2.ufjf.br/SEI) através do ícone Conferência de Documentos, informando o código verificador **2141871** e o código CRC **884837A8**.

Resumo

Este trabalho teve como objetivo estabelecer uma tipologia dos municípios brasileiros com base em indicadores de acesso ao saneamento básico, utilizando dados do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS) e do Censo Demográfico do Brasil (IBGE) para o ano de 2022. Foram analisados 5.189 municípios por meio de oito variáveis, incluindo a proporção de domicílios com acesso à rede de água, esgoto, coleta de lixo, arrecadação proporcional dos prestadores de serviços de saneamento, tarifa média praticada e quantidade de empregados próprios. A análise fatorial revelou três fatores principais: o primeiro, relacionado à infraestrutura básica de saneamento, explicou 35% da variância dos dados; o segundo fator, vinculado ao desenvolvimento econômico e à tarifa média cobrada pelos serviços, explicou 16%; e o terceiro fator, associado à capacidade operacional e financeira dos prestadores de serviços, foi responsável por 15% da variância. A análise de clusters identificou três grupos distintos: o Grupo 1, predominante nas regiões Sul e Sudeste, com maior acesso à infraestrutura básica e maior capacidade operacional; o Grupo 2, com características intermediárias, disperso pelo Centro-Oeste, Nordeste e Sudeste; e o Grupo 3, concentrado nas regiões Norte e Nordeste, com menores índices de acesso ao saneamento e baixa capacidade operacional e arrecadatória. Além disso, um ranking foi elaborado com base no Fator 1, destacando os municípios com as melhores e piores pontuações em infraestrutura básica de saneamento. Pirai (RJ) liderou o ranking, enquanto Santo Antônio do Içá (AM) apresentou o pior desempenho, evidenciando disparidades regionais. Esses resultados fornecem subsídios importantes para a formulação de políticas públicas direcionadas, como investimentos em infraestrutura, incentivos a parcerias público-privadas, subsídios para municípios com baixa arrecadação e a implementação de tarifas sociais para promover a equidade no acesso ao saneamento. As informações geradas podem orientar estratégias regionais específicas, contribuindo para a redução das desigualdades regionais e promovendo o desenvolvimento sustentável no setor de saneamento básico.

Palavras-chave: Saneamento Básico. Municípios brasileiros. Análise Multivariada.

Abstract

This study aimed to establish a typology of Brazilian municipalities based on indicators of access to basic sanitation, using data from the National Sanitation Information System (SNIS) and the Brazilian Demographic Census (IBGE) for the year 2022. A total of 5,189 municipalities were analyzed using eight variables, including the proportion of households with access to water supply networks, sewage systems, waste collection, proportional revenue of sanitation service providers, average tariff applied, and the number of direct employees. Factor analysis revealed three main factors: the first, related to basic sanitation infrastructure, explained 35% of the variance in the data; the second factor, linked to economic development and the average tariff charged for services, explained 16%; and the third factor, associated with the operational and financial capacity of service providers, accounted for 15% of the variance. Cluster analysis identified three distinct groups: Group 1, predominantly in the South and Southeast regions, characterized by greater access to basic infrastructure and higher operational capacity; Group 2, with intermediate characteristics, spread across the Midwest, Northeast, and Southeast; and Group 3, concentrated in the North and Northeast regions, with lower sanitation access rates and limited operational and revenue-generating capacity. Additionally, a ranking was developed based on Factor 1, highlighting the municipalities with the best and worst scores in basic sanitation infrastructure. Pirai (RJ) topped the ranking, while Santo Antônio do Içá (AM) showed the worst performance, evidencing regional disparities. These results provide important inputs for the formulation of targeted public policies, such as investments in infrastructure, incentives for public-private partnerships, subsidies for municipalities with low revenue, and the implementation of social tariffs to promote equity in access to sanitation. The information generated can guide specific regional strategies, contributing to reducing regional inequalities and promoting sustainable development in the basic sanitation sector.

Keywords: Basic Sanitation. Brazilian municipalities. Multivariate Analysis.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	8
2	REVISÃO DA LITERATURA	10
2.1	REFERENCIAL TEÓRICO	10
3	DIAGNÓSTICO, INVESTIMENTOS e TECNOLOGIA NO SETOR DE SANEAMENTO ..	14
3.2	DIAGNÓSTICO DA INFRAESTRUTURA DE SANEAMENTO	14
3.3	OS INVESTIMENTOS NO SETOR DE SANEAMENTO	15
3.4	TECNOLOGIAS E IMPACTO AMBIENTAL EM SANEAMENTO	18
4	BREVE CONTEXTUALIZAÇÃO DO SETOR DE SANEAMENTO NO BRASIL	21
4	METODOLOGIA E BASE DE DADOS	26
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	32
6	CONCLUSÃO	39
	REFERÊNCIAS	41

1 Introdução

Saneamento Básico é um conjunto de serviços de infraestrutura essenciais que impactam diretamente a vida de indivíduos e o desenvolvimento socioeconômico do país, primordial para o desenvolvimento social e econômico de uma população e sua nação. É íntima a relação existente entre saneamento básico, meio ambiente e saúde pública, e esses fatores entrelaçados, se ausentados de gestões eficientes, podem representar um retrocesso ao desenvolvimento, bem como ocasionar lesivos problemas socioambientais (ZAGALLO, 2018).

Na medida em que aumentam o desenvolvimento econômico e tecnológico, consequentemente é maior a pressão sobre os recursos hídricos, e, desde que foi escavado o primeiro poço de captação de água no Brasil no ano de 1561 para abastecer a cidade do Rio de Janeiro, o Brasil vem apresentando avanços e novas formas de gerir o saneamento básico e sua relação com os recursos hídricos, mas de maneira lenta, pois fatores como deficientes gestões de companhias de saneamento e falta de planejamento estratégico, são fatores que contribuem para que o desenvolvimento não tenha sido atingido (TEIXEIRA, 2015).

Segundo divulgação do *Ranking* do Saneamento Básico, do Instituto Trata Brasil, no ano de 2021 o número da população brasileira que não possuía acesso a água potável estava em torno de 35 milhões. No que tange a coleta de esgoto, os dados nos mostram que esse número aumenta para em torno de 100 milhões de brasileiros sem acesso. A gestão precária dos recursos hídricos é evidenciada por dados fornecidos pelo Instituto Trata Brasil, que indicam que, para cada 100 litros de água tratada, 37% não chegam ao consumo final. É importante destacar que a Lei Nº 11.445/2007, conhecida como Lei de Diretrizes Nacionais para o Saneamento Básico (Brasil, 2007), estabelece que o acesso ao saneamento básico deve ser universal. Desde 2015, com a criação da Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável, promovida pela Organização das Nações Unidas (ONU), a relevância do saneamento básico foi reforçada. Esse tema recebeu atenção específica por meio do Objetivo de Desenvolvimento Sustentável (ODS) 6, que visa assegurar a disponibilidade e a gestão sustentável da água e do saneamento para todos e todas. O próprio enunciado do ODS 6 evidencia a importância de uma gestão eficaz nesse setor.

Durante a Conferência Internacional sobre Água e Desenvolvimento, realizada em 1992, visando elaborar princípios para sustentabilidade e conservação para gerações futuras foram estabelecidos, foi criada a Declaração de Dublin (1992) e dentre os princípios destacam-se dois, a saber: O desenvolvimento e a administração da água devem ser baseados em uma abordagem

participativa, envolvendo os usuários, planejadores e elaboradores de políticas públicas, em todos os níveis; A água tem valor econômico em todos os seus usos e deve ser reconhecida como um bem econômico.

Visando regular e definir estratégias de ação para o setor, ao longo foram concebidas diretrizes de implementação e infraestruturas para o saneamento básico. Atualmente, a legislação que norteia a condução das políticas públicas para o setor é o novo Plano Nacional de Saneamento Básico (PLANSAB). O plano prevê a redução significativa dos recursos não onerosos destinados a investimentos, devido à frágil situação fiscal da maioria dos entes públicos, sejam eles federais, estaduais ou municipais. Para monitorar e garantir o cumprimento dessas leis e diretrizes, há dois órgãos principais: o primeiro é a Agência Nacional de Águas (ANA), responsável pela gestão, supervisão, controle e avaliação dos recursos hídricos, e o segundo é o SNIS, que coleta e divulga dados relevantes sobre o setor.

O Brasil ainda apresenta lacunas significativas no acesso e na qualidade dos serviços de saneamento, sobretudo no tratamento de esgoto e acesso a água potável. Diante deste cenário, este trabalho tem como objetivo caracterizar os municípios brasileiros quanto às condições de acesso ao saneamento básico, considerando diferentes indicadores socioeconômicos e estruturais. Para atingir esse objetivo foram utilizadas as técnicas de análise fatorial e análise de agrupamentos. O primeiro método é utilizado para fornecer índices com base nas comunalidades de cada variável para que, em seguida, esses índices sejam utilizados na análise de agrupamentos que são utilizados para realizar a tipologia dos municípios. Este trabalho tem como contribuição a identificação de diferentes grupos de municípios, em relação às suas características de indicadores de acesso ao saneamento básico. Como hipótese norteadora deste estudo, tem-se que municípios com maior renda per capita média, e que possuem maiores índices de capacidade operacional e financeira do sistema de saneamento, serão agrupados em grupos tipológicos de melhores indicadores de acesso à infraestrutura de saneamento básico.

2 Revisão da Literatura

2.1 Referencial Teórico

De acordo com Vasconcelos (2018), os serviços de saneamento básico (abastecimento, esgotamento sanitário, manejo de resíduos sólidos e drenagem urbana) possuem grande importância para o desenvolvimento das civilizações, porém, quando executados de forma inadequada ou ainda, por meio de sistemas falhos, tendem a contribuir para o surgimento de graves impactos ambientais, econômicos e sociais, podendo, em casos graves, comprometer a qualidade de vida, o equilíbrio dos ecossistemas e a garantia do valor econômico.

Lima (2006) complementa que, os principais impactos, gerados pelos sistemas ineficientes de saneamento, estão relacionados com: i) a intensa poluição de recursos hídricos, em particular de mananciais de abastecimento de água nos municípios, em razão da aplicação de ações incorretas de tratamento e monitoramento; ii) a ocorrência de enchentes, devido a deficiência do sistema de drenagem; iii) a contaminação do solo, surgimento de fenômenos de erosão e proliferação de vetores, proveniente das precárias condições para a destinação de lixo ou até mesmo, do esgoto sanitário.

Tais situações são, geralmente, resultantes da ausência de investimentos e/ou da implantação de instrumentos de planejamento, bem como gestão, e, também, da descontinuidade da ação administrativa, quando o processo de priorização das atividades locais de interesse público é fragmentado (LIMA, 2006). Além do descumprimento de normas ambientais, da falta de fiscalização por parte dos órgãos responsáveis, da falta de informação e dos hábitos cotidianos (NEVES, 2013). Outros autores, como Barros (2013), Silva (2014) e Neves (2013), citam detalhes mais específicos quanto aos serviços, que serão explorados a seguir.

Segundo Barros (2013), a carência de abastecimento de água, configura uma grande preocupação da sociedade, não apenas do ponto de vista ambiental, como, também, social. Uma vez que, além de existir, ainda, regiões que não são atendidas pela rede geral, há outras que, sofrem com a baixa qualidade de água para consumo, devido o emprego de sistemas falhos de abastecimento, que empregam procedimentos, equipamentos e processos inadequados ou, muitas vezes, obsoletos. Boranga (2005) ressalta que, ao oferecer água de baixa qualidade para a população, a entidade (pública e/ou privada) tende a provocar impactos negativos, direto sobre a saúde dos indivíduos, podendo, muitas vezes, ocasionar o aparecimento de doenças e epidemias, assim como interferir no índice de mortalidade de uma ou mais regiões.

Já Silva (2014) aborda sobre os sistemas de esgoto, quando possuem falhas ou processos ineficientes, são responsáveis por favorecer a contaminação do solo e dos mananciais hídricos, precarizar hábitos higiênicos, o conforto e o bem-estar da população, e, também, aumentar os custos direcionados ao tratamento de água.

O lançamento de esgotos sem tratamento ou parcialmente tratados no meio ambiente, pode proporcionar graves impactos ambientais, econômicos, sanitários e sociais, desde a degradação de ecossistemas, do solo e de corpos hídricos, até a proliferação de doenças (diarreia infecciosa, cólera, leptospirose, infecções, hepatite, esquistossomose e problemas de pele) que, conseqüentemente, podem contribuir para a ocorrência de epidemias e aumento de índices de mortalidade. Além disso, a contaminação, principalmente, de corpos hídricos (rios e lagos) pode resultar em altos custos para a empresa responsável pelo funcionamento do sistema sanitário, podendo até implicar em multas e penalidades mais severas, que podem vir a suspender suas atividades (HENRIQUE, 2010).

Já em relação ao manejo (coleta, tratamento e disposição) de resíduos sólidos, como evidenciou Neves (2013), grande parte das instalações destinadas a coletar, armazenar e dispor de tais resíduos apresentam deficiências operacionais, favorecendo a disposição inadequada de resíduos. Além disso, a utilização e presença de lixões a céu aberto nos municípios brasileiros ainda é comum. Neste contexto, a eficiente prestação de serviços de saneamento básico representa um dos elementos fundamentais para garantir o desenvolvimento de políticas públicas, que possam, portanto, promover avanços na qualidade de vida da população por meio da adequada prestação dos serviços públicos (ZAGALLO, 2018).

A distribuição desigual dos serviços de saneamento básico representa uma negação do direito à cidade e à moradia adequada, e, também, do direito à saúde, que são considerados direitos sociais fundamentais (ZAGALLO, 2018). Teixeira (2015) ressalta que, a ausência de ações de saneamento básico tais como a falta de água potável e a incorreta disposição dos dejetos e resíduos sólidos, pode ocasionar na proliferação de inúmeras doenças. Além disso, a poluição decorrente das condições inadequadas de saneamento vem sendo responsável por comprometer o abastecimento de água (potável) e o sistema de drenagem, assim como contribuir para o desencadeamento de agravos à saúde e, portanto, o surgimento de doenças, como a dengue, hepatite, febre tifoide, entre outros (HENRIQUE, 2010).

Macedo (2011) ressalta que, a garantia dos serviços de saneamento constitui um fator fundamental, uma vez que, tais serviços tem influência direta na saúde, qualidade de vida e no desenvolvimento de uma população ou sociedade. O consumo de água sem tratamento, bem

como o contato com os resíduos sólidos, o esgoto ou poças (provenientes de fenômenos de inundações) estão diretamente relacionadas com o aparecimento de doenças e, podem contribuir para a intensificação das taxas de mortalidade infantil.

A ausência ou a aplicação de serviços inadequados de saneamento tende a agravar e/ou prejudicar as condições sanitárias em uma região, afetando, principalmente, o bem-estar físico e psicológico dos indivíduos, tornando os municípios em áreas degradadas e com proliferação de vetores e contaminações que tendem a reduzir a qualidade do ar (TEIXEIRA, 2015). De acordo com Ribeiro e Rooke (2010), o saneamento básico possui uma grande importância para o desenvolvimento das civilizações, visto que, a precariedade sanitária gera poluição do meio ambiente, o que, por sua vez, tem graves impactos na saúde da população. Barbieri, Gimenes e Gomes (2013), complementa que o saneamento básico tem impacto direto sobre a saúde pública, o meio ambiente e o desenvolvimento econômico de uma nação.

Sendo assim, a implantação adequada de serviços de saneamento tende a favorecer a prevenção de doenças e, conseqüentemente, a conservação da limpeza dos ambientes, evitando que ocorra o despejo incorreto de resíduos sólidos e esgoto sanitário em locais inadequados, o que evita também a proliferação de vetores de doenças (ratos e insetos). Além disso, o saneamento tende a prevenir a poluição das águas de rios, mares e outros mananciais, garantir a qualidade da água utilizada pelas populações, especialmente, para consumo, e o controle de vetores (RIBEIRO; ROOKE, 2010).

Segundo Wagner e Bellotto (2008), os serviços de saneamento básico são fundamentais para a prevenção de doenças e para a conservação da limpeza dos ambientes nos municípios, visto que evitam o despejo de resíduos e esgoto doméstico em ambientes inadequados para este fim. Os mesmo autores ressaltam que quando o esgoto e os resíduos sólidos são descartados em locais inapropriados, sem tratamento ou parcialmente tratados, podem proporcionar graves impactos ambientais, econômicos, sanitários e sociais, desde a degradação de ecossistemas, do solo e de corpos hídricos, até a proliferação de doenças (diarreia infecciosa, cólera, leptospirose, infecções, hepatite, esquistossomose e problemas de pele) que, conseqüentemente, podem contribuir para a ocorrência de epidemias e aumento de índices de mortalidade.

Os principais efeitos da contaminação do esgoto nos corpos hídricos, por exemplo, são resumidos em: aumento da demanda bioquímica de oxigênio (DBO), redução dos níveis de oxigênio dissolvido, maior carga de sedimentos, formação de correntes ácidas, aumento da turbidez e intoxicação de organismos presentes em determinado ecossistema (JARDIM JÚNIOR, 2006). Além disso, a descarga de águas com alta concentração de matéria orgânica e

nutrientes, contribui para o processo de eutrofização, responsável por promover o crescimento excessivo de plantas aquáticas, que tendem a dificultar a passagem da luz e a dissolução do oxigênio (HENRIQUE, 2010).

Quanto a disposição de resíduos sólidos em locais inapropriados, estes são responsáveis por provocar a poluição do solo e das águas superficiais próximas, a poluição de águas subterrâneas e a poluição visual. Além disso, proporcionam odores e atraem vetores (moscas, bactérias, vírus, roedores), contribuindo para o aparecimento de doenças, bem como contaminações prejudiciais a vida. Em alguns casos, o resíduo pode chegar a lançar quantidades significativas de gases na atmosfera e líquidos tóxicos ao solo, devido à falta de armazenamento adequado e degradação do material (MARQUES, 2011).

Os resíduos contaminam o solo e podem demorar dezenas ou até centenas de anos para serem degradados, o que modifica o habitat do meio e traz sérios impactos ambientais. A decomposição dos resíduos sólidos obriga que a natureza absorva produtos químicos e outras substâncias que não fazem parte da sua composição geológica original, contaminando assim, solos e lençóis freáticos (por meio da produção de chorume) (ALBERTE; CARNERO; KAN, 2005).

Sendo assim, os resíduos sem tratamento e destinação adequada, são capazes de alterar as propriedades físicas (estrutura, porosidade e compactidade), químicas (pH) e biológicas (microrganismos) do solo (MARQUES, 2011). A decomposição do resíduo pode promover a geração de gases como metano (CH₄), óxidos de nitrogênio (NO_x), óxidos de enxofre (SO_x) e dióxido de carbono (CO₂). Estes gases contribuem diretamente para o fenômeno de chuvas ácidas e para o agravamento do efeito estufa, além de serem gases tóxicos para diversos organismos (MARQUES, 2011).

3 Diagnóstico, Investimentos e Tecnologia no setor de Saneamento

3.2 Diagnóstico da Infraestrutura de Saneamento

O diagnóstico da infraestrutura de saneamento básico no Brasil nos últimos 5 anos revela lacunas significativas que comprometem tanto a eficácia quanto a eficiência dos serviços prestados à população. Mapeamentos detalhados apontam para deficiências críticas no abastecimento de água, na coleta e no tratamento de esgoto em diversas regiões, especialmente em comunidades rurais e periféricas. A falta de infraestrutura adequada para o saneamento básico não apenas dificulta o acesso da população a serviços essenciais, mas também agrava problemas de saúde pública e impacta negativamente o desenvolvimento socioeconômico dessas áreas (REIS, 2020).

Para superar essas lacunas, é importante observar o setor no âmbito dos investimentos. Nesse sentido, estratégias de financiamento diversificadas, incluindo parcerias público-privadas (PPPs), podem oferecer caminhos viáveis para acelerar a expansão e a modernização da infraestrutura de saneamento no país (SANTOS et al., 2022).

Os desafios para expandir e manter a infraestrutura de saneamento no Brasil não são apenas financeiros, mas também técnicos. A limitação de recursos, tanto financeiros quanto humanos, impõe barreiras significativas. Além disso, a necessidade de expertise técnica para o desenvolvimento de projetos de saneamento que sejam sustentáveis e adaptados às diferentes realidades do território brasileiro é uma questão premente. Esse contexto demanda uma abordagem integrada, que combine investimentos em capacitação técnica com a alocação eficiente de recursos financeiros (PEREIRA et al., 2020).

Nesse sentido, a elaboração de diagnósticos precisos e detalhados sobre a situação do saneamento básico em cada região se torna fundamental. Tais diagnósticos devem identificar não apenas as necessidades imediatas de investimento, mas também prever cenários futuros, considerando o crescimento populacional e as mudanças climáticas. A adoção de tecnologias inovadoras e práticas de gestão eficientes pode contribuir significativamente para superar os desafios técnicos e financeiros, garantindo a sustentabilidade dos projetos de saneamento a longo prazo (FORTINI; MIRANDA, 2021).

As lacunas existentes na infraestrutura de saneamento básico nacional podem ser um desafio, visto que podem impactar diretamente a saúde, qualidade de vida e o desenvolvimento das comunidades. Assim, a integração de esforços entre diferentes níveis de governo e o setor privado, aliada a uma gestão eficaz e transparente dos recursos, é essencial para avançar na

direção da universalização do acesso aos serviços de saneamento básico no Brasil (MOROSINI et al., 2020).

3.3 Os Investimentos no setor de saneamento

O investimento privado no setor de saneamento básico pode ser um importante recurso em adição aos investimentos públicos. A injeção de capital privado contribui significativamente para a expansão e modernização da infraestrutura existente, superando limitações financeiras frequentemente enfrentadas pelo setor público. Além disso, a eficiência operacional, muitas vezes associada à gestão privada, pode resultar em serviços de maior qualidade e mais acessíveis à população. A inovação tecnológica, outro pilar importante, introduz métodos e processos mais eficientes e sustentáveis, essenciais para o avanço do saneamento básico (COUTINHO, 2021).

No entanto, há alguns obstáculos na viabilização de investimentos privados. As principais barreiras incluem questões regulatórias complexas, que podem desencorajar investidores devido à incerteza e à burocracia. Os riscos de mercado, associados à instabilidade econômica ou a demandas menos previsíveis, também representam um desafio significativo. Além disso, os desafios na implementação de projetos, que vão desde a resistência local até dificuldades técnicas, necessitam de atenção especial para garantir que os investimentos sejam realizados de forma eficaz e benéfica para todas as partes envolvidas (SANTOS et al., 2022).

Superar essas barreiras requer um esforço conjunto entre governos, setor privado e sociedade civil. Em adição, é preciso desenvolver mecanismos de mitigação de riscos que tornem os projetos de saneamento mais atraentes ao capital privado. Assim, a transparência nos processos de licitação e na gestão das parcerias público-privadas é essencial para fortalecer a confiança entre os atores envolvidos e para assegurar que os benefícios dos investimentos sejam amplamente distribuídos (REIS, 2020).

Em suma, o papel do investimento privado no desenvolvimento do saneamento básico é uma importante ferramenta para expansão dos serviços de saneamento. No entanto, para que esse potencial seja plenamente realizado, é imprescindível que sejam criadas condições favoráveis, superando as barreiras existentes e promovendo parcerias bem-estruturadas e sustentáveis entre o público e o privado (FORTINI; MIRANDA, 2021).

Em relação aos investimentos públicos em saneamento básico, esses podem trazer consigo uma série de vantagens, principalmente no que tange à garantia de acesso universal e à promoção da equidade social. Por serem orientados não apenas por critérios de rentabilidade, mas também por objetivos de bem-estar social e desenvolvimento sustentável, os investimentos públicos têm

o potencial de assegurar que os serviços de saneamento cheguem a mais camadas da população, incluindo áreas menos lucrativas para investimentos privados. Esta abordagem é fundamental para promover a inclusão social e garantir a saúde pública, aspectos essenciais para o desenvolvimento socioeconômico de qualquer nação (SANTOS et al., 2022).

Por outro lado, o investimento privado no setor de saneamento oferece vantagens como maior eficiência operacional e capacidade de inovação. Empresas privadas, guiadas pela busca de eficiência e redução de custos, tendem a implementar tecnologias inovadoras e práticas de gestão que otimizam o uso de recursos e melhoram a qualidade dos serviços. Além disso, a competição no setor privado pode estimular a melhoria contínua e a adoção de soluções criativas para os desafios do saneamento, contribuindo para a modernização da infraestrutura existente (REIS, 2020).

A combinação de investimentos públicos e privados surge como uma possível estratégia para maximizar o alcance dos serviços de saneamento à população. Estratégias integradas podem tirar proveito da eficiência e inovação do setor privado, enquanto asseguram que o acesso universal e a equidade sejam mantidos por meio de regulação e investimento público. Modelos de parcerias público-privadas, por exemplo, têm o potencial de unir o melhor dos dois mundos, garantindo que investimentos significativos em saneamento sejam realizados de maneira sustentável e inclusiva (PEREIRA et al., 2020).

No entanto, para que a integração de investimentos públicos e privados seja eficaz, é importante o estabelecimento de um marco regulatório sólido e transparente. Regulações claras e justas podem incentivar o investimento privado ao mesmo tempo em que protegem os interesses públicos, de maneira a assegurar que os serviços de saneamento sejam prestados de forma equitativa. Nesse sentido, a colaboração entre o setor público e privado deve ser pautada por um compromisso compartilhado com o desenvolvimento sustentável e a promoção da saúde pública (FORTINI; MIRANDA, 2021).

Enquanto os investimentos públicos são essenciais para garantir a universalização do acesso aos serviços de saneamento e promover a equidade social, os investimentos privados trazem eficiência e inovação necessárias para a modernização da infraestrutura. Para alcançar tais objetivos, é necessário um ambiente regulatório adequado, cooperação entre os setores público e privado, e um compromisso firme com o objetivo comum de melhorar o saneamento básico para todos (MOROSINI et al., 2020).

Para atrair investimentos privados no setor de saneamento, políticas e incentivos adequados são fundamentais. Ajustes regulatórios que criem um ambiente de negócios

favorável, tais como simplificação de processos para a aprovação de projetos e estabilidade fiscal, são essenciais. Além disso, medidas de fomento, como incentivos fiscais, financiamentos a condições especiais e subsídios para projetos que atendam a critérios de sustentabilidade e inclusão social, podem aumentar a atratividade do setor para investidores privados. Estas políticas devem ser desenhadas para equilibrar o retorno sobre o investimento com o impacto social e ambiental positivo, promovendo assim, uma participação mais ativa do setor privado no desenvolvimento da infraestrutura de saneamento (SANTOS et al., 2022).

Mitigar os riscos para os investidores é outro aspecto importante para atrair o capital privado para o saneamento. Garantias governamentais, mecanismos de seguro e esquemas de compartilhamento de riscos podem tornar os projetos mais atraentes, reduzindo a percepção de incerteza. Essas estratégias podem incluir garantias de demanda mínima, proteção contra mudanças regulatórias adversas, e mecanismos de ajuste tarifário que assegurem a viabilidade econômica dos projetos. Ao proporcionar um ambiente de investimento mais seguro, o setor público pode incentivar a participação privada em projetos de longo prazo, essenciais para o avanço do saneamento básico (REIS, 2020).

A criação de um ambiente favorável ao investimento privado em saneamento também passa pela implementação de um quadro regulatório estável e transparente. Normas claras e consistentes, processos de licitação justos e abertos, e uma regulação efetiva que assegure a qualidade e a acessibilidade dos serviços. Esse ambiente regulatório deve também promover a competição leal, evitar conflitos de interesse e garantir que os benefícios dos investimentos sejam compartilhados equitativamente entre todos os *stakeholders*, incluindo a população atendida (PEREIRA et al., 2020).

Além disso, a cooperação entre o setor público, investidores privados e a sociedade civil podem ser importantes ferramentas para alinhar as expectativas e assegurar que os projetos de saneamento atendam às necessidades da população. A participação pública no planejamento e na fiscalização dos projetos pode aumentar a transparência e a confiança mútua, enquanto a colaboração com organizações não governamentais e instituições de pesquisa pode trazer inovações e melhorias contínuas nos projetos de saneamento (FORTINI; MIRANDA, 2021). Por fim, ao buscar o equilíbrio entre rentabilidade e impacto social, os projetos de saneamento podem contribuir significativamente para a melhoria da qualidade de vida e para o desenvolvimento sustentável das comunidades (MOROSINI et al., 2020).

3.4 Tecnologias e Impacto ambiental em Saneamento

As inovações no tratamento de água e esgoto representam um campo promissor para o avanço da eficiência e sustentabilidade no setor de saneamento. Novas tecnologias, como os sistemas avançados de filtração, a desinfecção por ultravioleta e os processos de osmose reversa, têm contribuído significativamente para a melhoria da qualidade da água tratada, ao mesmo tempo em que reduzem o impacto ambiental dos processos tradicionais. Esses avanços tecnológicos não apenas promovem a reutilização de água de forma segura, mas também otimizam o uso de recursos e diminuem a quantidade de resíduos gerados pelo tratamento de esgoto (COUTINHO, 2021).

Na gestão de resíduos sólidos, a inovação tecnológica tem permitido o desenvolvimento de soluções mais eficientes e ambientalmente sustentáveis. Técnicas de reciclagem avançada, conversão de resíduos em energia e compostagem acelerada são exemplos de como a inovação pode transformar o manejo de resíduos sólidos. Essas tecnologias não apenas facilitam a gestão de resíduos, mas também contribuem para a redução da poluição do solo e da água, ao mesmo tempo em que geram energia renovável e materiais recicláveis, promovendo uma economia circular (SANTOS et al., 2022).

Contudo, a adoção de novas tecnologias e inovações no setor de saneamento enfrenta uma série de desafios. Aspectos econômicos, como o alto custo inicial de implementação, podem representar barreiras significativas, especialmente em regiões com recursos limitados. Além disso, a complexidade técnica das novas tecnologias exige capacitação especializada e pode dificultar sua adoção em larga escala. Do ponto de vista regulatório, a necessidade de atualização das normas para acompanhar os avanços tecnológicos também representa um desafio, requerendo um esforço conjunto entre governos, setor privado e academia (REIS, 2020).

Apesar desses desafios, as oportunidades trazidas pela tecnologia e inovação no saneamento são inúmeras. A capacidade de proporcionar serviços de saneamento de alta qualidade de forma mais sustentável e eficiente abre caminhos para a superação dos déficits históricos na área. Para isso, é essencial promover a pesquisa e o desenvolvimento (P&D) no setor, estimular parcerias entre o setor público e privado para o compartilhamento de riscos e benefícios, e incentivar a criação de políticas públicas que favoreçam a inovação e a adoção de tecnologias avançadas (FORTINI; MIRANDA, 2021).

As tecnologias e inovações em saneamento têm o potencial de revolucionar o setor, trazendo soluções mais eficazes e sustentáveis para os desafios enfrentados. Para que esse

potencial seja plenamente realizado, é necessário um ambiente favorável que inclua investimentos em pesquisa e desenvolvimento, a atualização de marcos regulatórios e a formação de parcerias estratégicas. Assim, é possível avançar na direção de um sistema de saneamento que não apenas atenda às necessidades atuais, mas que também esteja preparado para os desafios futuros (MOROSINI et al., 2020).

A avaliação de impacto ambiental em projetos de saneamento é um componente essencial para garantir que as atividades desenvolvidas sejam sustentáveis e respeitem os recursos naturais. Essas avaliações permitem identificar, prever e mitigar os impactos negativos ao meio ambiente, antes que projetos sejam implementados. Elas consideram uma ampla gama de fatores, incluindo a biodiversidade local, o uso da terra e os recursos hídricos, assegurando que as intervenções em saneamento contribuam positivamente para a preservação ambiental e a sustentabilidade a longo prazo (SANTOS et al., 2022).

As práticas sustentáveis no saneamento vão além do tratamento e da disposição final de águas residuais e resíduos sólidos. Incluem o uso eficiente de recursos, como a reciclagem e o reúso de água, que não apenas diminuem a pressão sobre os recursos hídricos, mas também promovem a economia de energia. A integração dessas práticas com a gestão ambiental urbana permite a criação de cidades mais resilientes e adaptáveis às mudanças climáticas, destacando a importância de sistemas de saneamento que estejam em harmonia com o meio ambiente (REIS, 2020).

Para promover a sustentabilidade no setor de saneamento, políticas públicas eficazes são cruciais. Essas políticas devem incluir regulamentações que incentivem práticas sustentáveis, além de programas de conscientização que destacam a importância do saneamento para a saúde pública e o meio ambiente. Incentivos financeiros e fiscais para projetos que adotam tecnologias verdes e práticas sustentáveis também são fundamentais para encorajar tanto entidades públicas quanto privadas a investir em soluções inovadoras e ambientalmente responsáveis (FORTINI; MIRANDA, 2021).

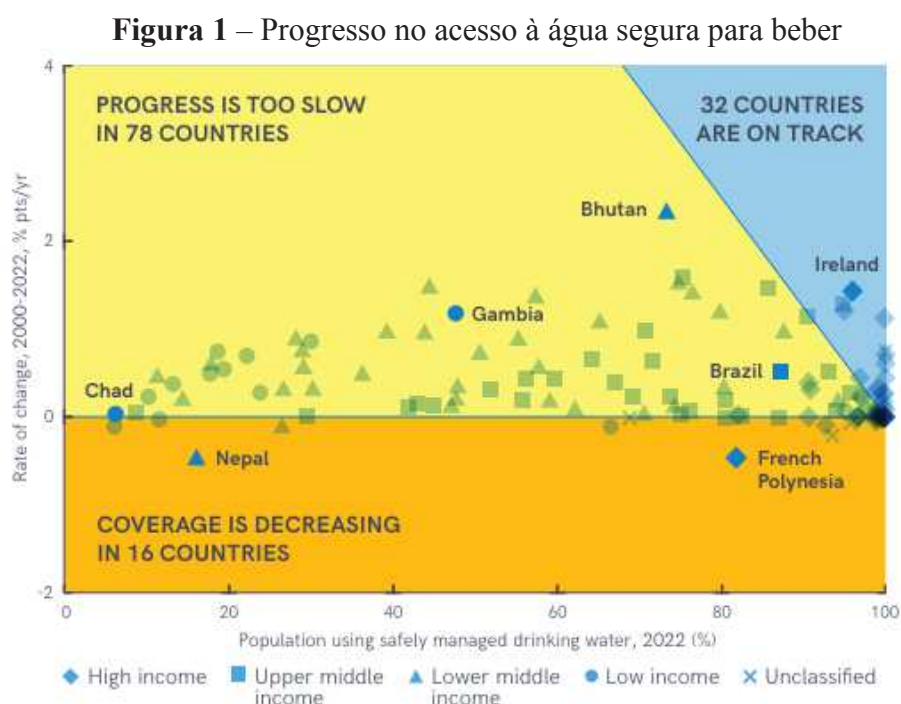
Os desafios para implementar tecnologias e práticas sustentáveis no saneamento incluem, mas não se limitam ao custo inicial de implementação e a necessidade de capacitação técnica. Porém, as oportunidades decorrentes da adoção dessas inovações são vastas. Elas oferecem a chance de melhorar a eficiência dos serviços de saneamento, reduzir impactos ambientais e promover a saúde pública. Além disso, projetos sustentáveis em saneamento podem servir como modelos replicáveis, incentivando a adoção de práticas semelhantes em outras regiões e setores (PEREIRA et al., 2020).

A incorporação de avaliações de impacto ambiental e práticas sustentáveis em projetos de saneamento podem ser importantes ferramentas para assegurar que o desenvolvimento nesse setor contribua positivamente para a preservação ambiental e a sustentabilidade a longo prazo. Políticas públicas que apoiem essas iniciativas são essenciais para promover a inovação e garantir que os sistemas de saneamento atendam às necessidades atuais sem comprometer a capacidade das gerações futuras de atender às suas próprias necessidades. Assim, a integração de considerações ambientais no planejamento e na implementação de projetos de saneamento representa um passo crucial em direção a um futuro mais sustentável (MOROSINI et al., 2020).

4 Breve contextualização do setor de saneamento no Brasil

O Brasil teve considerável evolução no setor de saneamento básico ao longo dos últimos anos. Apesar disso, ainda enfrenta importantes desafios para atingir maiores níveis de cobertura de serviços de saneamento. Visando dar dimensão a esses desafios, a seguir serão mostradas informações que ilustrem a estrutura do setor de saneamento básico no Brasil.

No gráfico abaixo, do artigo publicado pela OMS e UNICEF (2023) é trazida a estimativa de que o Brasil não está no caminho de atingir cobertura global de água segura para beber até 2030, caso siga as tendências atuais de aumento na cobertura de água potável. O artigo também traz um recorte de evolução histórica demonstrando um aumento de menos de 2% desse indicador de 2002 até 2022. Tais dados corroboram com a tese de que apesar do avanço significativo dos índices de saneamento brasileiros, o país ainda tem um longo caminho para percorrer até atingir indicadores de cobertura universalizados nesse campo.



Fonte: OMS e UNICEF (2023).

Outro gráfico do mesmo artigo da OMS e UNICEF (2023) representado abaixo, apresenta a cobertura urbana e rural de serviços de água potável segura para consumo humano. o Brasil está posicionado entre os países com maior índice de cobertura de água potável da região da América Latina e Caribe, sendo o 5º país com maior porcentagem de cobertura urbana, e o 2º com maior cobertura rural para esse índice dentre os 16 países pesquisados na região que

possuíam dados disponíveis em 2022. Na área urbana, o Brasil está à frente de países como Colômbia e Costa Rica. No que tange a área rural, o Brasil destaca-se como o segundo país com a maior cobertura de água potável segura, superando países como El Salvador e Honduras. Este fato é particularmente relevante, considerando os desafios logísticos e de infraestrutura que são frequentemente associados à provisão de serviços de saneamento em áreas rurais. Apesar desses dados indicarem uma vantagem regional no suprimento de serviços de água, ainda existem desafios a serem enfrentados para alcançar a universalização dos serviços de saneamento básico dentre os municípios brasileiros.

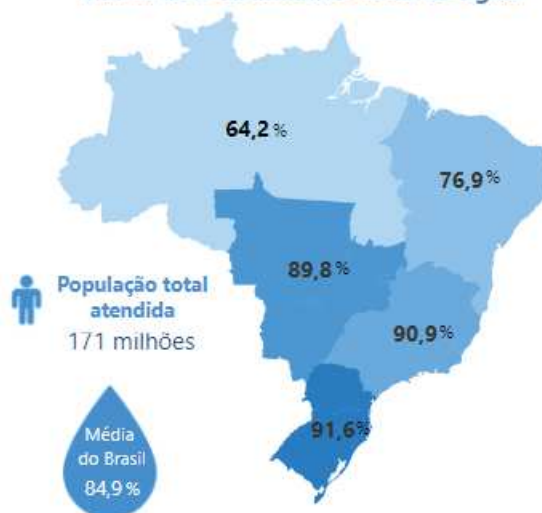
Figura 2 – Acesso urbano e rural à água segura para beber



Fonte: OMS e UNICEF (2023).

O mapa a seguir dá uma dimensão de tais desafios ao apresentar o índice de atendimento total de água nas diversas regiões do Brasil, destacando a porcentagem da população atendida com serviços de abastecimento de água. De acordo com os dados apresentados pelo gráfico (SNIS, 2022), a média nacional de cobertura de atendimento total de água é de 84,9%, o que corresponde a aproximadamente 171 milhões de pessoas. Os dados apresentados no gráfico ilustram as disparidades regionais no acesso ao abastecimento de água no Brasil: enquanto as regiões Sul e Sudeste apresentam índices de cobertura elevados, as regiões Norte e Nordeste ainda enfrentam desafios significativos para alcançar a universalização dos serviços de saneamento básico.

Figura 3 – Índice de atendimento total de água
Índice de atendimento total de água



Fonte: SNIS (2022).

Já a tabela ilustrada abaixo apresenta uma comparação entre os anos de 2010 e 2022 em três importantes indicadores de saneamento básico no Brasil: atendimento com rede de água, atendimento com rede de esgoto e cobertura de coleta domiciliar de resíduos sólidos. Segundo a tabela publicada pelo SNIS (2022), em 2010, 147,7 milhões de pessoas tinham acesso a serviços de abastecimento de água, correspondendo a 81,1% da população total. Em 2022, este número aumentou para 171 milhões de pessoas, o que representa 84,9% da população. Este crescimento de aproximadamente 3,8 pontos percentuais ao longo de 12 anos reflete os esforços contínuos para expandir a cobertura de água potável no país, embora sem ainda alcançar os objetivos de universalização completa. Em adição, o atendimento com rede de esgoto apresentou um crescimento significativo, passando de 82,7 milhões de pessoas em 2010 (46,2% da população) para 112,8 milhões em 2022 (56,0% da população). Este aumento de quase 10 pontos percentuais indica avanços importantes na expansão dos serviços de coleta de esgoto. No entanto, mais de 40% da população ainda não tem acesso a este serviço essencial.

Figura 4 – atendimentos com rede de água e esgoto

		2010		2022	
Atendimento com rede Água					
Pop. Total *		147,7	171,0	81,1%	84,9%
Atendimento com rede Esgoto					
Pop. Total *		82,7	112,8	46,2%	56,0%

Fonte: SNIS (2022)

A análise da estrutura do setor de saneamento básico no Brasil revela uma evolução significativa da cobertura nos últimos anos, mas também destaca a persistência de desafios estruturais e regionais. O panorama atual do saneamento básico no país é caracterizado por avanços importantes em áreas urbanas e uma cobertura significativa em zonas rurais frente a outros países da região, embora ainda existam disparidades regionais marcantes que necessitam de atenção.

Algumas políticas públicas implantadas nesse setor com objetivo de mudar esse panorama foram implantadas nos últimos anos, dentre elas se destacam o Plano Nacional de Saneamento Básico (PLANSAB) e o Novo Marco Legal do Saneamento. Ambas as iniciativas trazem medidas legais para enfrentar os desafios históricos do setor e promover uma infraestrutura de saneamento mais eficiente e abrangente.

Implementado em 2013 e com sua elaboração prevista pela Lei de Diretrizes Nacionais para o Saneamento Básico (Lei nº 11.445/2007), o PLANSAB (Brasil, 2013) estabelece diretrizes para a universalização do acesso aos serviços de saneamento no Brasil. O plano prevê investimentos massivos no setor, com metas claras a serem alcançadas até 2033. Entre seus objetivos estão Universalização do Acesso: Garantir que todos os brasileiros tenham acesso a serviços de abastecimento de água potável e esgotamento sanitário; Redução das Desigualdades Regionais: Focar em regiões com menor cobertura e maiores desafios estruturais, como o Norte e o Nordeste do país; Sustentabilidade dos Serviços: Implementar práticas sustentáveis e eficientes que garantam a continuidade e a qualidade dos serviços de saneamento. Apesar de sua abrangência e das metas ambiciosas, o PLANSAB enfrenta desafios significativos, especialmente relacionados à fragilidade fiscal dos entes públicos e à capacidade de investimento dos municípios. A realização plena das metas do PLANSAB depende de uma coordenação eficaz entre diferentes níveis de governo e de uma alocação estratégica de recursos.

Em adição, o Novo Marco Legal do Saneamento, instituído pela Lei nº 14.026/2020, trouxe mudanças substanciais na regulação do setor de saneamento no Brasil. Seus principais objetivos são aumentar a eficiência e a cobertura dos serviços de saneamento através de maior competição e participação do setor privado. As principais mudanças do Novo Marco Legal do Saneamento (Brasil, 2020) incluem Obrigatoriedade de Licitação: A concessão dos serviços de saneamento passou a exigir processos de licitação, visando promover transparência e competitividade; participação privada: A lei permite e incentiva a participação de empresas privadas na prestação de serviços de saneamento, o que pode resultar em mais investimentos e

inovação no setor; metas de universalização: Estabelece metas claras para a universalização dos serviços até 2033, alinhadas com os objetivos do PLANSAB.

Tais políticas públicas, se bem executadas, podem contribuir para os avanços necessários sejam alcançados, proporcionando melhorias significativas na qualidade de vida da população brasileira através da expansão dos serviços de saneamento.

4 METODOLOGIA E BASE DE DADOS

O principal objetivo do trabalho é de gerar uma tipologia dos municípios brasileiros com base em indicadores multidimensionais, para isso, foram aplicados dois métodos multivariados: a análise fatorial e a análise de agrupamentos (cluster multivariado), onde o método de Ward foi a metodologia de agrupamento escolhida. A análise fatorial, uma técnica estatística multivariada usada para representar relações complexas entre conjuntos de variáveis, visa reduzir o número de variáveis originais, de modo que os fatores independentes extraídos possam explicar de forma simplificada e concisa essas variáveis. Nesse modelo, cada variável é representada como uma combinação linear de fatores comuns que explicam a parte da variância de cada variável, além de um erro que representa a parcela da variância total não explicada por esses fatores (HAIR et al., 2009). O modelo de análise fatorial baseado na matriz de correlação descreve linearmente as variáveis padronizadas Z e os m fatores comuns desconhecidos:

$$Z_1 = l_{11}F_1 + l_{12}F_2 + \dots + l_{1m}F_m + \epsilon_1 \quad (1)$$

⋮

$$Z_p = l_{p1}F_1 + l_{p2}F_2 + \dots + l_{pm}F_m + \epsilon_p \quad (2)$$

Em notação matricial, temos:

$$D(X - \mu) = LF + \epsilon \quad (3)$$

onde D é uma matriz diagonal $p \times p$ composta pelos inversos da variância de cada variável. $F_{m \times 1}$ é um vetor aleatório que contém m fatores não observáveis ($1 \leq m \leq p$). O modelo assume que as variáveis Z_i estão relacionadas linearmente com novas variáveis aleatórias F_j (fatores). l_{ij} (loading) é o coeficiente da i -ésima variável padronizada Z_i no j -ésimo fator F_j e representa o grau de relacionamento linear entre Z_i e F_j . As informações das p variáveis originais padronizadas Z são representadas por $(p+m)$ variáveis não observáveis (ϵ e F).

A interpretação dos fatores originais F_1, F_2, \dots, F_m pode ser complexa devido a coeficientes l_{ij} em vários fatores diferentes (violação da ortogonalidade dos fatores). Para solucionar essa questão, é realizada uma transformação ortogonal dos fatores em busca de estruturas mais simples. A rotação ortogonal preserva a orientação original entre os fatores,

mantendo-os perpendiculares. Neste trabalho foi utilizada a rotação VARIMAX. Os coeficientes l_{ij} (matriz L) foram estimados pelo método dos componentes principais, sendo que o primeiro fator corresponde à maior proporção da variabilidade comum. As etapas da análise fatorial foram:

- a) cálculo da matriz de correlação de todas as variáveis;
- b) determinação do número e extração dos fatores;
- c) rotação dos fatores, transformando-os com a finalidade de facilitar a sua interpretação;
- d) seleção de um número de fatores de acordo com o critério do autovalor (fatores com raízes características maiores do que um) ou que considere uma proporção adequada da variância comum;
- e) cálculo dos escores fatoriais.

Os escores fatoriais foram utilizados na análise de agrupamentos (segundo método) para identificar a presença de grupos heterogêneos de municípios.

A análise de agrupamentos é uma técnica exploratória que busca identificar grupos distintos dentro de uma amostra maior. Essa análise permite sintetizar dados, identificar outliers e sugerir hipóteses sobre a relação entre variáveis. O algoritmo agrupa indivíduos (neste caso, municípios) semelhantes em categorias com base em k variáveis associadas. O critério de agrupamento é baseado na proximidade, medida por uma métrica de similaridade, aqui sendo a distância euclidiana, expressa como:

$$d_{ij} = \sqrt{\sum_{k=1}^p (x_{ik} - x_{jk})^2} \quad (4)$$

onde $X_i = (x_{i,1}, x_{i,2}, x_{i,3}, \dots, x_{i,k})$ e $X_j = (x_{j,1}, x_{j,2}, x_{j,3}, \dots, x_{j,k})$, A análise de agrupamentos é uma técnica exploratória que busca identificar grupos distintos dentro de uma amostra maior. Essa análise permite sintetizar dados, identificar outliers e sugerir hipóteses sobre a relação entre variáveis. O algoritmo escolhido: k-means, agrupa indivíduos (neste caso, municípios) semelhantes em categorias com base em k variáveis associadas. O critério de agrupamento é baseado na proximidade, medida por uma métrica de similaridade, aqui sendo a distância euclidiana dos grupos formados a partir das variáveis dos municípios analisados, aglomerados pelo método de Ward, expressa como:

$$SS_i = \sum_{j=1}^{n_i} (X_{ij} - \bar{X}_i)' (X_{ij} - \bar{X}_i) \quad (5)$$

onde n_i é o número de elementos no conglomerado C_i no passo k do processo de agrupamento, X_{ij} é o vetor de observações do j -ésimo elemento do i -ésimo conglomerado, \bar{X}_i médio é o centroide do conglomerado C_i e SS_i é a soma de quadrados no conglomerado C_i . No passo k , a soma de quadrados total dentro dos grupos é:

$$SSR = \sum_{i=1}^{g_k} SS_i \quad (6)$$

onde g_k é o número de grupos no passo k . A distância entre os conglomerados C_l e C_i é a soma dos quadrados entre eles,

$$d(C_1, C_2) = \left[\frac{n_l n_i}{n_l + n_i} \right] (\bar{X}_l - \bar{X}_i)' (\bar{X}_l - \bar{X}_i) \quad (7)$$

Essa medida de distância é a diferença entre o valor de SSR depois e antes de combinar os agrupamentos C_l e C_i em um único grupo, e a cada passo, o método combina os dois conglomerados que resultam no menor valor de SSR. No entanto, a distância usada no método de Ward leva em consideração as diferenças de tamanho dos conglomerados comparados. Quanto maiores os valores de n_l e n_i e a diferença entre eles, maior será o valor do fator de ponderação, aumentando a distância entre os centroides dos conglomerados comparados. O método de Ward não depende de uma distribuição normal dos dados, basta que as p -variáveis sejam quantitativas e adequadas, portanto, do cálculo de médias.

Procurou-se formar a base de dados com indicadores que fossem representativos das condições socioeconômicas, de infraestrutura básica e administrativas do saneamento básico que ocorrem em nível municipal. A base de dados é composta por 8 variáveis que foram obtidas a partir do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS, 2022) e do Censo Demográfico do Brasil, elaborado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2022). Todas as informações correspondem ao ano de 2022, o mais recente disponível para os

municípios analisados. A escolha dessas variáveis foi fundamentada na sua relevância para caracterizar os municípios a partir da ótica do Saneamento Básico e da sua administração.

A primeira variável utilizada para caracterizar os municípios é a proporção de domicílios com acesso à rede pública de água. A variável "Prop. Dom. Com Acesso Rede Água" refere-se à proporção de domicílios que estão conectados à rede pública de abastecimento de água, em relação ao total de domicílios do município. Este indicador é incluído visando avaliar a cobertura do acesso à rede de água e conseqüentemente o acesso a infraestrutura básica de saneamento. De forma similar, a variável "Prop. Dom. Com Acesso Rede Esgoto" representa a proporção de domicílios conectados à rede pública de esgotamento sanitário. Segundo Teixeira, Mello e Ferreira (2006), muitas doenças como diarreias, cólera, dengue e leptospirose estão associadas a condições inadequadas de saneamento básico, demonstrando a importância do saneamento acesso para a saúde pública. A ausência de esgotamento sanitário adequado pode ter sérias conseqüências para o meio ambiente e para a saúde da população.

Para complementar a análise da infraestrutura básica, foi incluída a variável "Prop. Dom. Com Banheiro", que indica a proporção de domicílios com pelo menos um sanitário de uso exclusivo. Esta variável reflete as condições de infraestrutura básica das moradias do município no âmbito do saneamento básico. Adicionalmente, a variável "Prop. Dom. Com Coleta Lixo" foi utilizada para indicar a proporção de domicílios que têm acesso ao serviço regular de coleta de lixo. Este indicador fornece uma visão geral sobre a gestão de resíduos sólidos no município e a capacidade de fornecer um serviço básico essencial para a saúde pública.

A dimensão econômica foi considerada através da variável "PIB Per Capita", que reflete o Produto Interno Bruto dividido pela população do município. Este indicador serve como uma medida da riqueza média gerada por cada habitante, sendo uma importante variável para caracterizar a condição econômica local. Segundo Saiani (2007), há uma tendência de aumento da cobertura por rede geral de saneamento à medida que se eleva o PIB per capita, o que reforça a possível correlação entre desenvolvimento econômico e acesso aos serviços de saneamento básico.

No que diz respeito à capacidade financeira dos prestadores de serviços de saneamento, foi incluída a variável "Arrecadação total", que representa o total de receitas arrecadadas por esses prestadores. O nível da arrecadação total pode indicar a capacidade do prestador de investir na manutenção e expansão dos serviços de saneamento. Adicionalmente, prestadores com alta arrecadação pode estar mais bem posicionados para implementar melhorias nos serviços oferecidos e expandir os serviços já existentes.

A capacidade operacional do sistema de saneamento foi avaliada pela variável "Quantidade total de empregados próprios", que representa o número total de empregados à disposição dos prestadores de serviços de saneamento. Este indicador pode indicar a robustez administrativa e operacional do prestador de serviços. Um número maior de empregados pode indicar uma capacidade operacional mais elevada, permitindo uma gestão mais eficaz e uma resposta mais rápida às necessidades de manutenção e operação dos serviços enquanto, por outro lado, pode representar uma pressão maior sobre a tarifa média cobrada pelos serviços de saneamento para a população dos municípios.

Por fim, foi incluída a variável "Tarifa média praticada", a tarifa média cobrada pelos serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário pelos prestadores de serviços. Tarifas mais altas podem refletir uma melhor qualidade dos serviços ou uma maior capacidade financeira dos prestadores, mas também podem ser indicativas de uma carga financeira maior sobre os usuários, especialmente em regiões mais vulneráveis economicamente. De acordo com Saiani (2007), o déficit de acesso está concentrado em localidades com maior custo e menor capacidade de pagamento pelos serviços (menores tarifas), o que reflete um desafio adicional para a universalização do saneamento básico no Brasil.

Tabela 1 – Descrição das variáveis e estatísticas descritivas dos indicadores selecionados dos municípios brasileiros – 2022

Variável	Descrição	Média	Desvio-padrão	Mínimo	Máximo
Prop. Dom. Com Acesso Rede Água	Domicílios com acesso a rede geral de água (em proporção do total de domicílios)	0,78	0,17	0,04	1,00
Prop. Dom. Com Acesso Rede Esgoto	Domicílios com acesso a rede geral de esgoto (em proporção do total de domicílios)	0,39	0,33	0,00	1,00
Prop. Dom. Com Banheiro	Domicílios com pelo menos um banheiro de uso exclusivo (em proporção do total de domicílios)	0,97	0,07	0,41	1,00
Prop. Dom. Com Coleta Lixo	Domicílios com coleta de lixo (em proporção do total de domicílios)	0,81	0,16	0,14	1,00
PIB Per Capita	Produto interno bruto do município dividido por sua população (em mil R\$)	34,51	41,60	5,73	920,83
Prop. Arrecadação total	Arrecadação total do prestador de serviços de saneamento básico dividida pela população do município (em mil R\$)	16,03	143,47	0,00	7884,15
Tarifa média praticada	Tarifa média praticada pelo prestador de serviços de saneamento básico (em R\$/m ³ de volume de água e esgoto faturados)	5,11	2,75	0,00	60,99

Qtd total de empregados próprios	Quantidade total de empregados próprios do prestador de serviços de saneamento básico (em número de empregados)	24,10	65,54	0,00	999,00
----------------------------------	---	-------	-------	------	--------

Org.: Elaborada pelo autor.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O objetivo principal deste estudo é estabelecer uma tipologia dos municípios brasileiros com base nas condições de saneamento básico para o ano de 2022. Inicialmente, observou-se que a média nacional para proporção de domicílios com acesso à rede de água foi de 78%; esgoto foi de 39% enquanto coleta de lixo foi de 81% domicílios.

A análise fatorial foi conduzida visando descrever as interdependências entre as variáveis originais, cujas características comuns são extraídas dos coeficientes de uma matriz de correlação. A eficiência deste método está diretamente relacionada à magnitude e à significância estatística das correlações entre as variáveis originais, sejam estas positivas ou negativas. Altas correlações entre certas variáveis devem resultar em altas cargas fatoriais e comunalidades em certos fatores latentes.

Por outro lado, a matriz de correlação revela coeficientes que, na maioria, não são significativamente diferentes de zero, o que indica que pode haver fatores comuns formados por variáveis com variâncias específicas elevadas. Nessas circunstâncias, as variáveis não seriam bem explicadas por esses respectivos fatores. Por essa razão, foi realizada uma análise preliminar da matriz de correlação.

A Tabela 2 apresenta os coeficientes de correlação de Pearson entre as variáveis utilizadas para caracterizar os municípios brasileiros. A matriz de correlação mostra que as variáveis relacionadas ao acesso à infraestrutura básica de saneamento, como a proporção de domicílios com acesso à rede de água, rede de esgoto e coleta de lixo, apresentam correlações significativas entre si. Em particular, observa-se que a correlação entre a proporção de domicílios com acesso à rede de água e com acesso à coleta de lixo é de 0,55, enquanto a correlação entre a proporção de domicílios com acesso à rede de água e com a rede de esgoto é de 0,41 e a maior correlação se dá entre proporção de domicílios com coleta de lixo e proporção de domicílios com acesso a rede de água, também há correlação relevante entre arrecadação total proporcional e as variáveis de acesso ao saneamento básico. Esses resultados indicam uma correlação entre esses fatores de acesso à infraestrutura de saneamento básico. Por outro lado, variáveis como tarifa média praticada, arrecadação total, PIB per capita e quantidade total de empregados próprios apresentam correlações menores com as outras variáveis.

Tabela 2 – Matriz correlação das variáveis originais

	1	2	3	4	5	6	7	8
1 Prop. Dom. Com Acesso Rede Água	1							
2 Prop. Dom. Com Acesso Rede Esgoto	0,41	1						

3	Prop. Dom_Com_Banheiro	0,40	0,36	1				
4	Prop. Dom. Com Coleta Lixo	0,55	0,54	0,61	1			
5	PIB per capita	0,14	0,07	0,20	0,23	1		
6	Prop. Arrecadação total	0,46	0,42	0,38	0,52	0,20	1	
7	Tarifa média praticada	-0,05	-0,15	0,15	0,07	0,11	0,28	1
8	Qtd total de empregados próprios	0,21	0,29	0,24	0,27	0,11	0,26	-0,05 1

Org.: Elaborada pelo autor.

A Tabela 3 reporta os resultados da análise fatorial pelo método de componentes principais. O teste de esfericidade de Bartlett foi altamente significativo, indicando que a matriz de correlação entre as variáveis é estatisticamente diferente de uma matriz identidade de mesma ordem. Além disso, o valor do critério de Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) foi igual a 0,767, indicando adequação da análise fatorial aos dados utilizados. Estes resultados sugerem que a maior parte da variância das variáveis contidas no banco de dados é explicada pelas próprias variáveis.

Tabela 3 – Resultado da Análise Fatorial

Variável	Descrição	Fatores			Comunalidades
		1	2	3	
Dom. Com Acesso Rede Água	Domicílios com acesso a rede geral de água (em proporção do total de domicílios)	0,74			0,57
Dom. Com Acesso Rede Esgoto	Domicílios com acesso a rede geral de esgoto (em proporção do total de domicílios)	0,71			0,65
Dom. Com Banheiro	Domicílios com pelo menos um banheiro de uso exclusivo (em proporção do total de domicílios)	0,75			0,63
Dom. Com Coleta Lixo	Domicílios com coleta de lixo (em proporção do total de domicílios)	0,85			0,76
PIB Per Capita	Produto interno bruto do município dividido por sua população (em mil R\$)			0,54	0,52
Prop. Arrecadação total	Arrecadação total do prestador de serviços de saneamento básico dividida pela população do município (em mil R\$)	0,65			0,61
Tarifa média praticada	Tarifa média praticada pelo prestador de serviços de saneamento básico (em R\$/m ³ de volume de água e esgoto faturados)		0,87		0,77
Qtd. total de empregados próprios	Quantidade total de empregados próprios do prestador de serviços de saneamento básico (em número de empregados)			0,84	0,76

Autovalores	3,085	1,253	0,930
Proporção da variância acumulada	0,350	0,511	0,658
Teste de esferecidade de Bartlett: 10736,05 (p-value = 0,000)			
Kaiser-Meyer-Olkin (KMO): 0,767			

Org.: Elaborada pelo autor.

Nota: Valores dos coeficientes abaixo de 0,5 foram omitidos.

O número de fatores selecionados seguiu os critérios tradicionais de Kaiser, em que os fatores selecionados foram aqueles cujos autovalores excederam a unidade (no caso do terceiro fator, se aproximou consideravelmente da unidade), garantindo que cada fator retido represente, pelo menos, a informação de uma variável original. Com base nesse critério, decidiu-se pela seleção de três fatores, que conjuntamente explicam aproximadamente 66% da variância das variáveis.

O primeiro fator sintetiza as variáveis relacionadas ao acesso proporcional dos domicílios à rede de água, esgoto, coleta de lixo e presença de banheiros. Este fator explica aproximadamente 35% da variância dos dados e reflete a dimensão mais significativa para a tipologia dos municípios, indicando a relevância da infraestrutura básica de saneamento na caracterização deles. Além disso, a proporção de arrecadação do prestador de serviços apresenta forte correlação com este fator, reforçando a associação entre a arrecadação e a disponibilidade de infraestrutura.

O segundo fator, responsável por aproximadamente 16% da variância, destaca-se por sua associação com variáveis de caráter econômico-financeiro, como a tarifa média praticada pelo prestador de serviços e o PIB per capita municipal. Este fator reflete a relação entre a renda dos habitantes, a capacidade de pagamento e a política tarifária adotada pelos prestadores de serviços de saneamento.

O terceiro fator, que explica cerca de 15% da variância, está relacionado à quantidade total de empregados próprios nos serviços de saneamento e ao volume de arrecadação proporcional do prestador de serviços. Este fator reflete aspectos gerenciais e operacionais, capturando a capacidade técnica e financeira para a gestão do sistema de saneamento.

A análise de clusters, realizada a partir dos escores fatoriais, agrupou os municípios brasileiros em três grupos distintos com base nas condições de saneamento básico e características socioeconômicas. O Grupo 1 abrange municípios com maiores índices de acesso à infraestrutura básica de saneamento, representando cerca de 88% de acesso à rede de água, 74% à rede de esgoto e quase 100% dos domicílios com banheiro exclusivo e coleta de lixo. Esses municípios possuem maior PIB per capita, em torno de R\$ 44.710, e maior arrecadação proporcional, além de uma média de 50 funcionários no sistema de saneamento. O Grupo 2, com características intermediárias, apresenta 78% de acesso à rede de água, 26% à rede de

esgoto e uma média de 83% de coleta de lixo. Apesar de indicadores inferiores ao Grupo 1, ainda apresenta uma infraestrutura moderada e maior dispersão geográfica, abrangendo principalmente regiões do Centro-Oeste, Nordeste e Sudeste. O Grupo 3, por sua vez, é composto por municípios com os menores índices de acesso, predominantemente concentrados no Norte e Nordeste, apresentando uma média de apenas 63% de acesso à água, 11% ao esgoto e 58% à coleta de lixo, além de menor arrecadação proporcional e capacidade operacional.

Ademais, foram realizadas análises adicionais para destacar os municípios com os melhores e piores desempenhos no Fator 1, relacionado à infraestrutura básica de saneamento. Um ranking foi criado com os municípios, classificando-os com base na pontuação normalizada do Fator 1. O uso da técnica de normalização permite que as pontuações variem entre 0 e 1, sendo 1 associado ao melhor desempenho.

A Figura 6 apresenta os 10 municípios com as pontuações mais altas no Fator 1. Entre eles, destacam-se Pirai (RJ), que alcançou a pontuação máxima, e Fernando de Noronha (PE), além de municípios de estados como Rio Grande do Sul, Paraná e São Paulo. Esses municípios possuem infraestrutura de saneamento bem desenvolvida, com altos percentuais de acesso à rede de água, esgoto e coleta de lixo, além de indicadores econômicos favoráveis, como maior arrecadação proporcional.

Por outro lado, a Figura 7 exhibe os 10 municípios com as pontuações mais baixas no Fator 1, evidenciando uma disparidade significativa. Municípios como Santo Antônio do Içá (AM) e Anajás (PA), localizados em regiões Norte e Nordeste, apresentam os menores níveis de acesso à infraestrutura básica de saneamento, com baixos índices de arrecadação e capacidade operacional limitada.

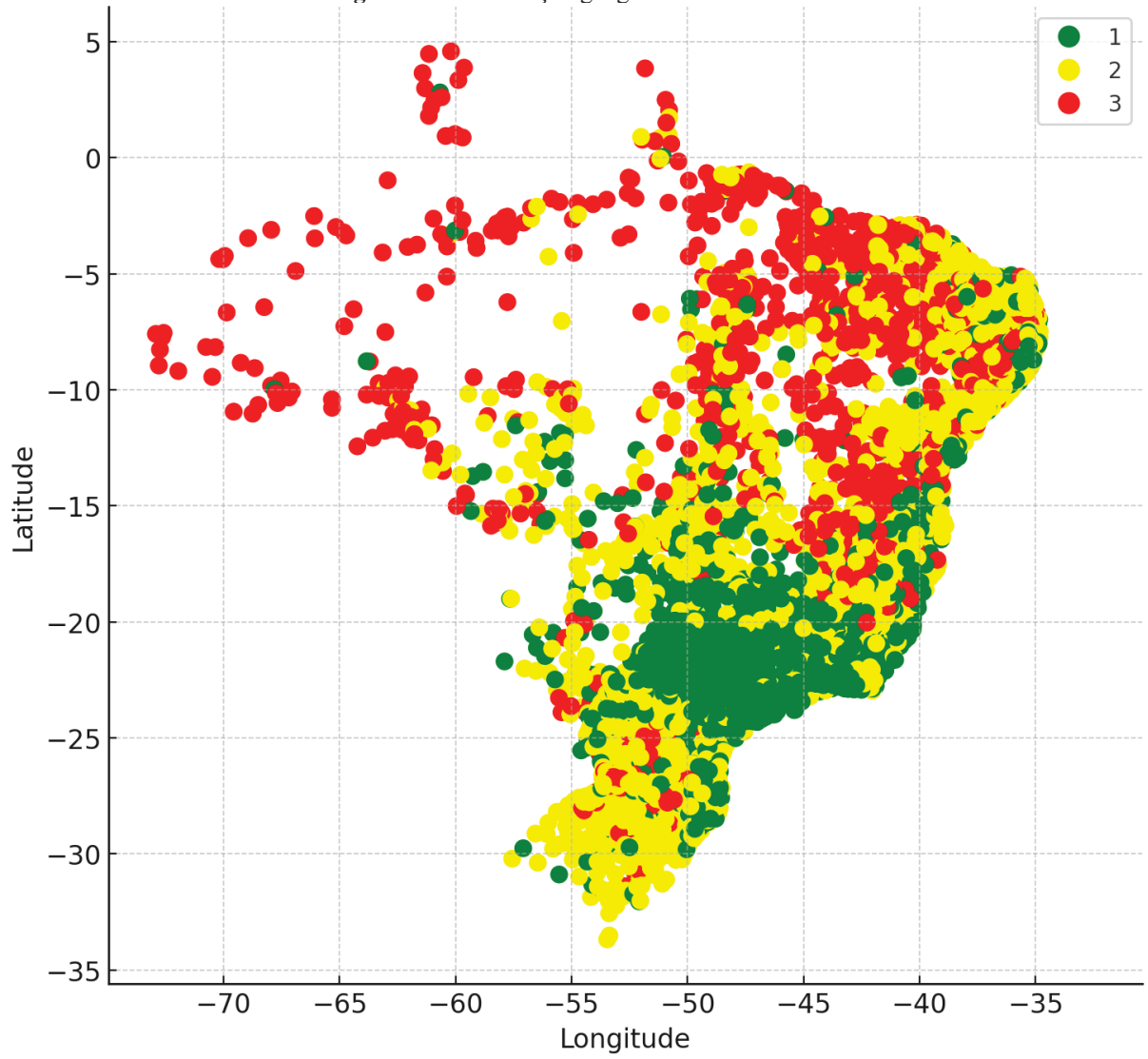
Esses rankings reforçam a importância do Fator 1 como o principal eixo de análise das condições de saneamento básico nos municípios brasileiros e destacam as desigualdades regionais existentes. Além disso, os gráficos ilustram de forma clara a distribuição geográfica dos extremos em relação às condições de saneamento, destacando a necessidade de estratégias específicas para reduzir desigualdades e melhorar a cobertura de infraestrutura nos municípios menos atendidos.

Tabela 4 – Média das variáveis nos grupos de municípios

Variável	Descrição	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3
Dom. Com Acesso Rede Água	Domicílios com acesso a rede geral de água (em proporção do total de domicílios)	0,88	0,78	0,63
Dom. Com Acesso Rede Esgoto	Domicílios com acesso a rede geral de esgoto (em proporção do total de domicílios)	0,74	0,26	0,11
Dom. Com Banheiro	Domicílios com pelo menos um banheiro de uso exclusivo (em proporção do total de domicílios)	0,99	0,98	0,89
Dom. Com Coleta Lixo	Domicílios com coleta de lixo (em proporção do total de domicílios)	0,94	0,83	0,58
PIB Per Capita	Produto interno bruto do município dividido por sua população (em mil R\$)	44,71	34,61	17,78
Prop. Arrecadação total	Arrecadação total do prestador de serviços de saneamento básico dividida pela população do município (em mil R\$)	357,78	240,55	98,70
Tarifa média praticada	Tarifa média praticada pelo prestador de serviços de saneamento básico (em R\$/m ³ de volume de água e esgoto faturados)	4,32	6,10	4,43
Qtd. total de empregados próprios	Quantidade total de empregados próprios do prestador de serviços de saneamento básico (em número de empregados)	50,22	11,49	7,23

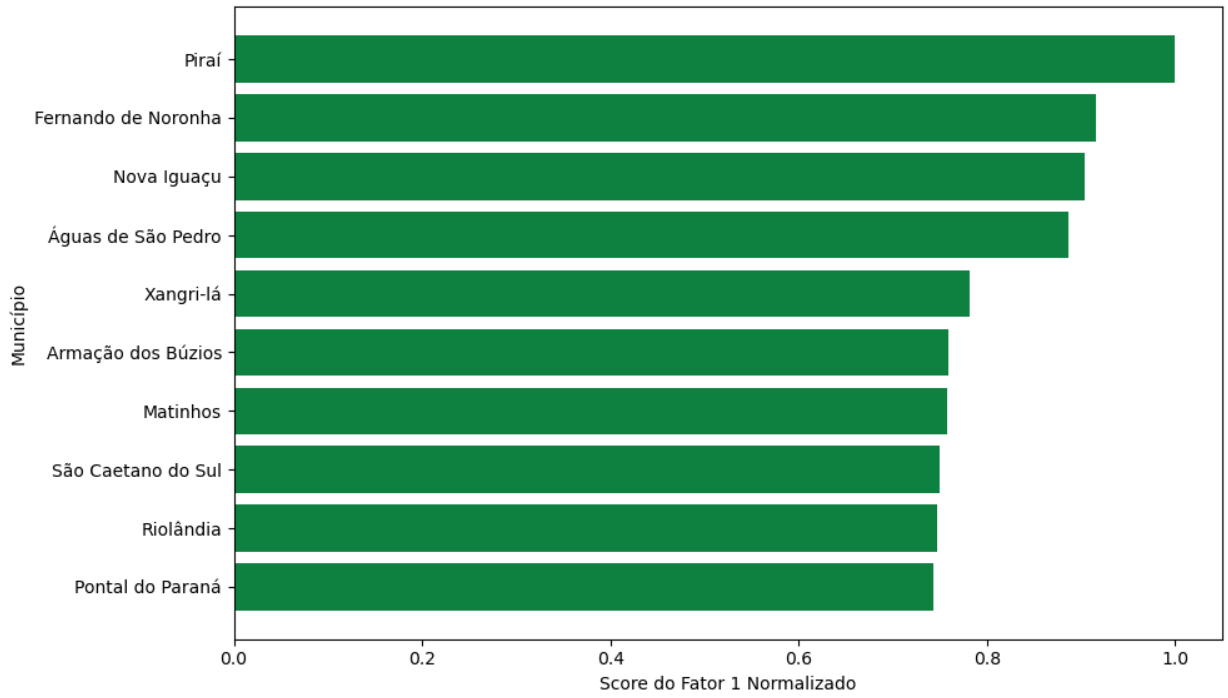
Org.: Elaborada pelo autor.

Figura 5 – Distribuição geográfica dos clusters



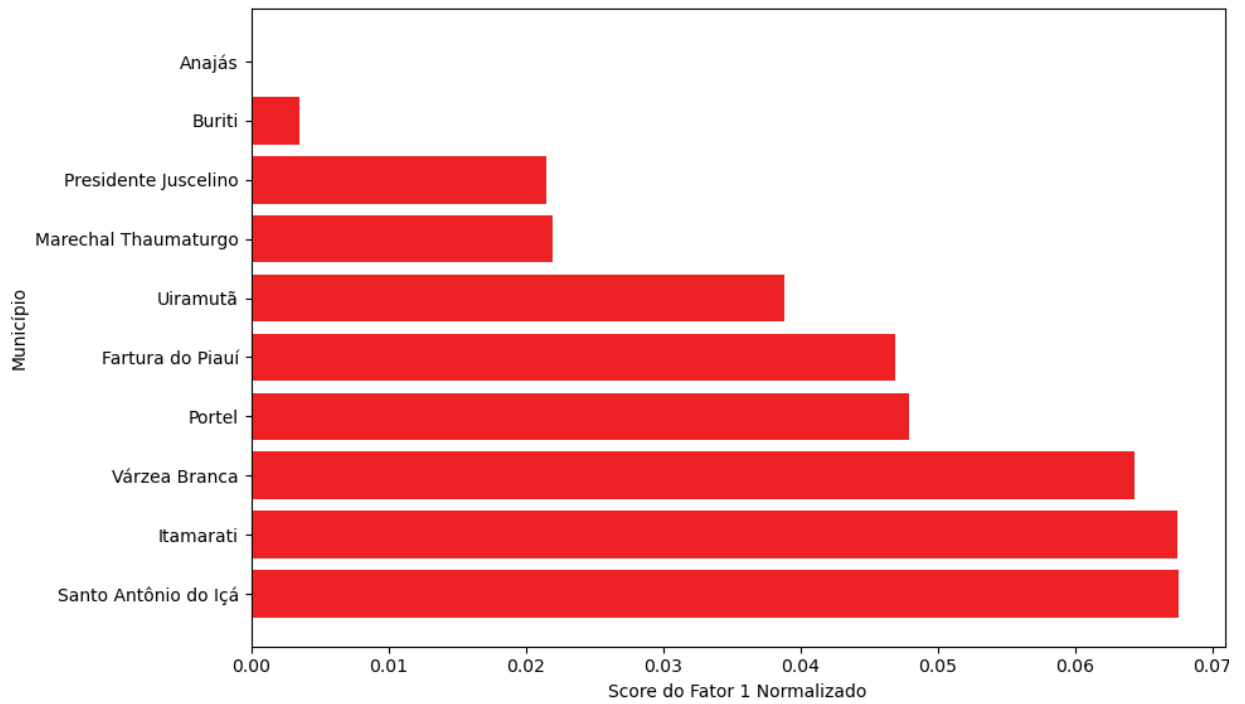
Org.: Elaborada pelo autor.

Figura 6 – Os 10 municípios com pontuação mais alta do fator 1



Org.: Elaborada pelo autor.

Figura 7 – Os 10 municípios com pontuação mais baixa do fator 1



Org.: Elaborada pelo autor.

6 CONCLUSÃO

O objetivo principal deste estudo foi estabelecer uma tipologia dos municípios brasileiros com base nas condições de saneamento básico no ano de 2022. A análise fatorial revelou três fatores principais que capturam as interdependências entre as variáveis analisadas, representando infraestrutura básica, aspectos econômicos e operacionais dos serviços de saneamento. A análise de clusters agrupou os municípios em três grupos distintos, evidenciando disparidades significativas entre regiões.

Em adição, a análise dos rankings dos municípios, gerados a partir do Fator 1, revelou importantes disparidades regionais nas condições de saneamento básico. Os municípios com as maiores pontuações, localizados principalmente nas regiões Sul e Sudeste, destacam-se pela alta disponibilidade de infraestrutura básica, refletindo investimentos mais significativos e maior capacidade operacional. Por outro lado, os municípios com as pontuações mais baixas estão concentrados nas regiões Norte e Nordeste, evidenciando os desafios dessas regiões em termos de infraestrutura, arrecadação proporcional e gestão operacional.

Em suma, o ranking dos municípios em relação ao Fator 1 contribui não apenas para a compreensão detalhada das desigualdades no saneamento básico, mas também oferece um instrumento prático para o planejamento e implementação de políticas públicas, reforçando a necessidade de esforços coordenados para reduzir as desigualdades regionais e promover o desenvolvimento sustentável no setor de saneamento no Brasil.

Em relação a análise dos grupos: os municípios do Grupo 1, localizados majoritariamente no Sul e Sudeste, destacaram-se pela elevada infraestrutura básica, maior arrecadação proporcional e capacidade operacional robusta. Já o Grupo 2, com características intermediárias, apresentou uma dispersão geográfica mais ampla, abrangendo diferentes regiões do Brasil. O Grupo 3, por sua vez, concentrou-se nas regiões Norte e Nordeste, caracterizando-se por baixos índices de acesso e limitada capacidade técnica e financeira para a gestão dos sistemas de saneamento.

Os resultados deste estudo fornecem subsídios para uma melhor compreensão da distribuição das condições de saneamento básico nos municípios brasileiros, contribuindo para a formulação de políticas públicas. Ao identificar as características dos grupos de municípios através da análise de clusters, as autoridades competentes podem direcionar investimentos em infraestrutura de saneamento básico com base em uma estratégia regional, priorizando por exemplo os municípios do Cluster 3, concentrados nas regiões Norte e Nordeste, onde o déficit de acesso aos serviços de saneamento é mais acentuado.

Nesse sentido, o estudo demonstrou que há fortes disparidades regionais no acesso ao saneamento básico. Políticas regionais focadas em promover o desenvolvimento econômico e infraestrutura nessas áreas poderiam ajudar a reduzir essas desigualdades, promovendo um crescimento mais sustentável e equitativo do acesso ao saneamento no país.

Algumas sugestões de políticas públicas que podem melhorar esse cenário são investimentos em infraestrutura através de destinação de recursos para a expansão da rede de água e esgoto, especialmente nas áreas rurais e nas regiões Norte e Nordeste. Programas federais e estaduais podem incentivar parcerias público-privadas (PPP) para financiar a expansão dessas redes, além de destinar subsídios para os municípios com menor arrecadação do sistema de saneamento básico e menor capacidade de pagamento de tarifas por partes dos moradores. Em relação a política tarifária, especialmente em municípios de baixa renda tarifas sociais podem ser implementadas para garantir que a população mais vulnerável tenha acesso aos serviços sem comprometer sua renda.

Outra sugestão é o fortalecimento da capacidade operacional a partir da disponibilização de apoio técnico e financeiro por parte do poder público, visando melhorar a eficiência dos prestadores de serviço de saneamento. Isso inclui capacitação de funcionários, modernização de equipamentos e políticas específicas para atração de mão de obra de saneamento destinadas para municípios que dispõem de menor número de empregados nesses sistemas.

Áreas com maior déficit de saneamento tendem a ser também as mais carentes de desenvolvimento econômico. Investir em infraestrutura de saneamento pode não apenas melhorar a qualidade de vida, mas também potencializar o desenvolvimento regional, impactando positivamente a saúde pública e a produtividade econômica.

Em suma, o aprimoramento das políticas de saneamento básico no Brasil exige um esforço coordenado entre diferentes níveis de governo, investimentos em infraestrutura e uma abordagem inclusiva que leve em consideração as particularidades de cada região. Assim, espera-se que a tipologia desenvolvida neste trabalho auxilie na formulação dessas políticas.

REFERÊNCIAS

ALBERTE, E. P.; CARNEIRO, A. P.; KAN, L. Recuperação de áreas degradadas por disposição de resíduos sólidos urbanos. *Diálogos & Ciência*, Feira de Santana, v. 3, n.5, p. 15, jun. 2005.

BARBIERI, J. S.; GIMENES, R. M. T.; GOMES, C. F. Investimentos em Saneamento Básico e Taxas de mortalidade infantil nos municípios da Região da AMUSEP. 2013. 70f. Dissertação (Mestrado em Promoção da Saúde). Centro Universitário de Maringá. Maringá, 2013.

BARROS, E. F. S. Avaliação do Saneamento Ambiental em Assentamentos de Reforma Agrária utilizando o método de análise hierárquica de processos. 2013. 228 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia do Meio Ambiente). Goiânia, 2013.

BRASIL. Decreto n. 8.141, de 20 de novembro de 2013. Dispõe sobre o Plano Nacional de Saneamento Básico - PNSB, institui o Grupo de Trabalho Interinstitucional de Acompanhamento da Implementação do PNSB e dá outras providências. *Diário Oficial da União*, 20 nov. 2013.

BRASIL. Lei n. 11.455, de 5 de janeiro de 2007. Estabelece as diretrizes nacionais para o saneamento básico; cria o Comitê Interministerial de Saneamento Básico; altera as Leis nos 6.766, de 19 de dezembro de 1979, 8.666, de 21 de junho de 1993, e 8.987, de 13 de fevereiro de 1995; e revoga a Lei nº 6.528, de 11 de maio de 1978. *Diário Oficial da União*, 5 jan. 2007.

BRASIL. Lei n. 14.026, de 15 de julho de 2020. Atualiza o marco legal do saneamento básico e altera a Lei nº 9.984, de 17 de julho de 2000, para atribuir à Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA) competência para editar normas de referência sobre o serviço de saneamento, a Lei nº 10.768, de 19 de novembro de 2003, para alterar o nome e as atribuições do cargo de Especialista em Recursos Hídricos, a Lei nº 11.107, de 6 de abril de 2005, para vedar a prestação por contrato de programa dos serviços públicos de que trata o art. 175 da Constituição Federal, a Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007, para aprimorar as condições estruturais do saneamento básico no País, a Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010, para tratar dos prazos para a disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos, a Lei nº 13.089, de 12 de janeiro de 2015 (Estatuto da Metrópole), para estender seu âmbito de aplicação às microrregiões, e a Lei nº 13.529, de 4 de dezembro de 2017, para autorizar a União a participar de fundo com a finalidade exclusiva de financiar serviços técnicos especializados. *Diário Oficial da União*, 15 jul. 2020.

BRASIL. Ministério das Cidades. Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento. Mapa do índice de atendimento total de água no Brasil. Disponível em: <https://www.gov.br/cidades/pt-br/aceso-a-informacao/acoes-e-programas/saneamento/snis/painel/ab>. Acesso em: 09 set. 2024.

COUTINHO, Rodrigo Pereira Anjo. Trajetória político-institucional do saneamento básico no Brasil: do planasa à lei 14.026/2020. 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.47096/REDAP.V1I3.225>. Acesso em: 19 mar. 2024.

DECLARAÇÃO DE DUBLIN. Declaração sobre a água e o desenvolvimento sustentável. Conferência Internacional sobre a Água e o Meio Ambiente, 31 de janeiro de 1992. Dublin: Conferência Internacional sobre a Água e o Meio Ambiente, 1992.

FORTINI, Cristiana; MIRANDA, J. A aplicação das sanções do novo marco legal do saneamento básico aos contratos em curso. 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.47096/REDAP.V1I3.253>. Acesso em: 19 mar. 2024.

GUEDES, Walef Pena; SUGAHARA, Cibele Roberta; FERREIRA, Denise Helena Lombardo. RETRATO DO SANEAMENTO BÁSICO DAS BACIAS PCJ: UMA PROPOSTA DE CLASSIFICAÇÃO DOS MUNICÍPIOS. *Nativa*, v. 11, n. 1, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.31413/nativa.v11i1.14353>. Acesso em: 19 mar. 2024.

HAIR, J. F.; ANDERSON, R.; BABIN, B. *Multivariate Data Analysis*. 6th. ed. New Jersey: Prentice Hall, 2009.

HENRIQUE, I. N. Tratamento de águas residuárias domésticas através de sistema conjugado anaeróbio/aeróbio: Alternativa tecnológica para minimização de impactos ambientais. 2010. 156f. Tese (Doutorado em Recursos Naturais). Universidade Federal de Campina Grande. Campina Grande, 2010.

JARDIM JÚNIOR. Custo-efetividade e Padrões Ambientais: Implicações para tratamento de esgotos no Brasil. 2006. 173f. Dissertação (Mestrado em Gestão Econômica do Meio Ambiente). Universidade de Brasília. Brasília, 2006.

LIMA, L. V. Infra-estrutura de esgoto sanitário no município de Belém: Cobrança por serviços de esgotamento sanitário nas Bacias Hidrográficas do Reduto e do Una. 2006. 131 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Universidade Federal do Pará. Belém, 2006.

MACEDO, S. G. H. Abastecimento de água e esgotamento sanitário em ecovilas. 2011. 248f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Universidade Estadual de Campinas. Campinas, 2011.

MARQUES, R. F. P. Impactos ambientais da disposição de resíduos sólidos urbanos no solo e na água superficial em três municípios de Minas Gerais. 2011. 96f. Dissertação (Mestrado em Recursos Hídricos em Sistemas Agrícolas). Universidade Federal de Lavras. Lavras, 2011.

MOROSINI, Marcia Valeria Guimarães Cardoso; FONSECA, Angelica Ferreira; BAPTISTA, Tatiana Wargas de Faria. Previne Brasil, Agência de Desenvolvimento da Atenção Primária e Carteira de Serviços: radicalização da política de privatização da atenção básica. Cadernos De Saude Publica, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/0102-311x00040220>. Acesso em: 19 mar. 2024.

NEVES, F. O. Gestão Pública de Resíduos Sólidos Urbanos: Problemática e Práticas de Gestão Oeste Paranaense. 2013. 279f. Tese (Doutorado em Geografia). Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2013.

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE; FUNDO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA A INFÂNCIA. Progress on household drinking water, sanitation and hygiene 2000-2022. Geneva: World Health Organization, 2023. Disponível em: https://www.unwater.org/sites/default/files/2023-07/jmp-2023-wash-households-launch-version_0.pdf. Acesso em: 07 set. 2024.

PEREIRA, Luciane Dusi; TREVISAN, Alexandre Bach; VIEIRA, Fabrício Jacques; PELISSARI, C.; SEZERINO, P. UMA VISÃO SOBRE A GESTÃO DO ESGOTAMENTO SANITÁRIO NO BRASIL. IGNIS: Periódico Científico de Arquitetura e Urbanismo, Engenharias e Tecnologia de Informação, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.29327/223085.9.1-2>. Acesso em: 19 mar. 2024.

REIS, J. SANEAMENTO AMBIENTAL NO MARANHÃO: uma análise do financiamento e do gasto público no período de 2009 a 2018. Revista de Políticas Públicas, v. 24, n. 1, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.18764/2178-2865.V24N1P247-264>. Acesso em: 19 mar. 2024.

SAIANI, Carlos Cesar Santejo. Restrições à expansão dos investimentos em saneamento básico no Brasil: déficit de acesso e desempenho dos prestadores. 2007. Dissertação (Mestrado em Economia Aplicada) – Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade de Ribeirão Preto, University of São Paulo, Ribeirão Preto, 2007. doi:10.11606/D.96.2007.tde-18072007-095214. Acesso em: 07 set. 2024.

SANTOS, Francisco Alves; MEDEIROS, H.; SIENA, O.; DE SOUZA FILHO, Theophilo Alves. Plano de Ação e Investimentos Municipais: uma análise a partir da sustentabilidade e da

teoria dos sistemas. *Amazônia, Organizações e Sustentabilidade*, v. 11, n. 1, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.17648/aos.v11i1.2607>. Acesso em: 19 mar. 2024.

SOUSA, Milka Brasil Costa; OLIVEIRA, Edson Aparecida de Araújo Querido; OLIVEIRA, A. SANEAMENTO BÁSICO REFLEXOS DA REDE DE DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA NA SAÚDE DE UM MUNICÍPIO DO INTERIOR DO TOCANTINS/BASIC SANITATION: REFLECTIONS OF THE WATER DISTRIBUTION NETWORK IN THE HEALTH OF A MUNICIPALITY IN THE INTERIOR OF TOCANTINS. *Informe GEPEC*, v. 26, n. 3, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.48075/igepec.v26i3.29619>. Acesso em: 19 mar. 2024.

TEIXEIRA, Júlio César; MELLO, Máira Crivellari Cardoso de; FERREIRA, Carlos da Costa. Atenção primária à saúde e saneamento ambiental na melhoria da saúde nos municípios da zona da mata do estado de Minas Gerais, Brasil. *Revista APS*, v. 9, n. 2, p. 119-127, 2006.

TEIXEIRA, J. M. J. Diagnóstico dos sistemas de abastecimento de água e esgotamento sanitário de Marapanim: Um olhar sobre o distrito de Marudá e a sede municipal. 117f. 2015. Universidade Federal do Pará. Belém, 2015.

VASCONCELOS, G. Análise do desempenho sustentável dos sistemas de esgotamento sanitário municipais de Pernambuco. 2018. 198f. Dissertação (Mestrado em Controladoria). Universidade Federal Rural de Pernambuco. Recife, 2018.

WAGNER, A. G.; BELLOTTO, V. R. Estações de Tratamento de Esgoto Sanitário: Análise Econômica de Alternativas para Municípios Litorâneos – Estudo de caso. *Revista da Gestão Costeira Integrada*. Blumenau, v.1, n.1, p. 93 – 100, 2008.

WEDY, Gabriel. O ODS 6 e uma análise do novo marco legal do saneamento básico no Brasil (SDG 6 and Analysis of the New Legal Framework for Basic Sanitation in Brazil). *Law*, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.2139/ssrn.3898072>. Acesso em: 19 mar. 2024.

ZAGALLO, S. A. Esgotamento sanitário e vulnerabilidade social: Um estudo de caso em São Luís – MA, com a utilização de técnicas de geoprocessamento. 2018. 181f. Dissertação (Mestrado em Política e Gestão da Sustentabilidade). Universidade de Brasília. Brasília, 2018.