



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA AGROALIMENTAR
UNIDADE ACADÊMICA DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA AMBIENTAL
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL**

**ANÁLISE MULTICRITÉRIO DOS SERVIÇOS DE SANEAMENTO DA
MICRORREGIÃO DE CATOLÉ DO ROCHA - PB**

UIGNO JEFSSON DE SOUSA BISPO

POMBAL – PB

2023

UIGNO JEFSSON DE SOUSA BISPO

ANÁLISE MULTICRITÉRIO DOS SERVIÇOS DE SANEAMENTO DA
MICRORREGIÃO DE CATOLÉ DO ROCHA - PB

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Unidade Acadêmica de Ciências e Tecnologia Ambiental da Universidade Federal de Campina Grande, como parte dos requisitos necessários para obtenção do título de Engenheiro Civil.

Orientador(a): Prof.(a) Dra. Érica Cristine Medeiros Machado

POMBAL – PB

2023

B622a Bispo, Uigno Jefsson de Sousa.

Análise multicritério dos serviços de saneamento da microrregião de Catolé do Rocha - PB / , Uigno Jefsson de Sousa Bispo. – Pombal, 2023.
62 f. : il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil)
– Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Ciências e
Tecnologia Agroalimentar, 2023.

“Orientação: Profa. Dra. Érica Cristine Medeiros Machado”.
Referências.

1. Saneamento básico - Análise dos serviços. 2. Abastecimento de água. 3. Esgotamento sanitário. 4. Coleta de resíduos sólidos. 5. Drenagem urbana. 6. Método TOPSIS. I. Machado, Érica Cristine Medeiros. II. Título.

CDU 628 (043)

UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA AGROALIMENTAR
UNIDADE ACADÊMICA DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA AMBIENTAL
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL

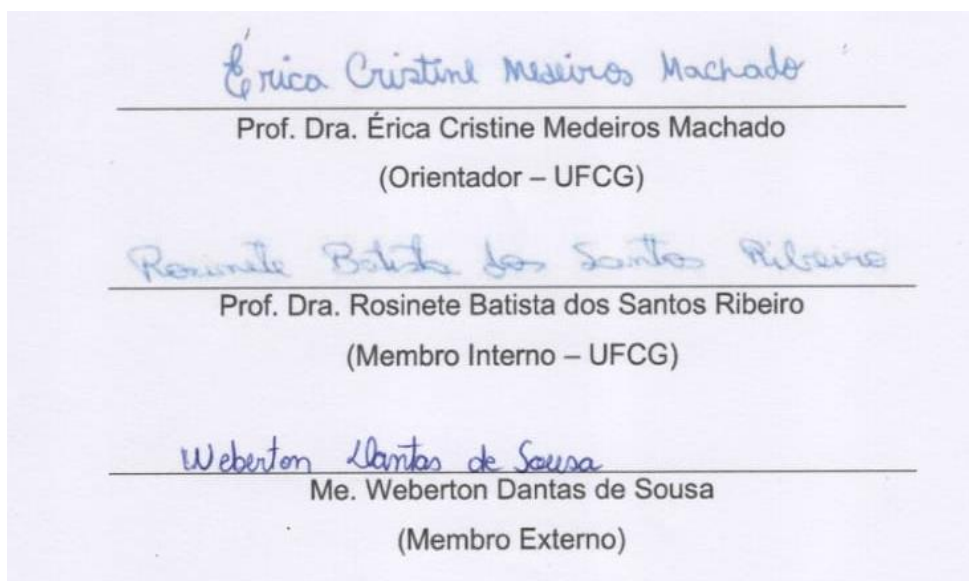
PARECER DA COMISSÃO EXAMINADORA DE TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO.

UIGNO JEFSSON DE SOUSA BISPO

**ANÁLISE MULTICRITÉRIO DOS SERVIÇOS DE SANEAMENTO DA
MICRORREGIÃO DE CATOLÉ DO ROCHA - PB**

Trabalho de Conclusão de Curso do discente UIGNO JEFSSON DE SOUSA BISPO **APROVADO** em dia de mês de 2023 ano pela comissão examinadora composta pelos membros abaixo relacionados como requisito para obtenção do título de ENGENHEIRO CIVIL pela Universidade Federal de Campina Grande.

Registre-se e publique-se.



*Aos meus avôs Juarez Pedro da Silva e
Elizardo Bispo de Maria.*

AGRADECIMENTOS

A realização deste Trabalho de Conclusão de Curso marca não apenas o encerramento de mais uma etapa acadêmica, mas também representa uma jornada repleta de aprendizado, desafios e crescimento pessoal. Gostaria de expressar minha sincera gratidão a todas as pessoas que contribuíram para o sucesso desta empreitada. Primeiramente, desejo agradecer a minha orientadora Érica Cristine Medeiros Machado, cuja orientação, paciência e conhecimento foram fundamentais para a elaboração deste trabalho. À minha família, expresso meu profundo agradecimento pelo apoio incondicional, compreensão e encorajamento durante todo este processo. Suas palavras de incentivo foram um alicerce fundamental para alcançar este objetivo. Aos amigos que estiveram ao meu lado, compartilhando ideias, oferecendo suporte e compreensão nos momentos desafiadores, meu sincero agradecimento. Não poderia deixar de mencionar a UFCG campus de Pombal e toda a sua equipe, que proporcionaram não apenas o conhecimento teórico, mas também as ferramentas e recursos necessários para a realização deste estudo. Aos profissionais que foram contemplados na consulta para aferição de pesos às variáveis, pela disponibilidade de preenchimentos dos questionários e pelos comentários expostos. Por fim, expresso minha gratidão a todos os que, de alguma forma, contribuíram para a conclusão deste trabalho. Sem o apoio e colaboração de cada um, este projeto não teria sido possível.

RESUMO

Os serviços do saneamento básico representam elementos de fundamental importância para a sociedade, especialmente no contexto brasileiro, marcado por um histórico déficit na oferta desses recursos. Além disso, sabe-se que tais serviços englobam uma multiplicidade de agentes, que muitas vezes possuem perspectivas conflitantes, características de problemas multicriteriais. Diante disso, esse trabalho teve como objetivo desenvolver uma avaliação comparativa dos serviços de abastecimento de água, esgotamento sanitário, coleta de resíduos sólidos e drenagem urbana dos 11 municípios que compõem a micro região de Catolé do Rocha, no estado da Paraíba. Para isso foram selecionados 9 critérios, a partir da base de dados do SNIS, levando em consideração aspectos de abastecimento, financeiros, de qualidade da água e de coleta. A partir desses dados foram construídos indicadores para a caracterização dos serviços de saneamento de cada município, aos quais foram atribuídos pesos através de consulta a 10 profissionais que trabalham na área de saneamento. Como forma de substanciar a pesquisa, aplicou-se um método de análise multicritério, denominado TOPSIS, propiciando uma hierarquização dos sistemas de saneamento, através do agrupamento dos indicadores com os respectivos pesos. Os resultados apontaram o município de Catolé do Rocha, como o melhor sistema de saneamento básico da microrregião analisada pelo estudo, apresentando 3 dos critérios analisados como ideais. Em contrapartida o pior sistema foi o do município de São José do Brejo do Cruz, ficando em último lugar na classificação, apesar de não apresentar nem um critério como não ideal.

Palavras-chave: SNIS. TOPSIS. hierarquização.

ABSTRACT

Basic sanitation services represent elements of fundamental importance for society, especially in the Brazilian context, marked by a historical deficit in the provision of these resources. Additionally, it is known that such services encompass a multiplicity of agents, who often hold conflicting perspectives, characteristics of multi-criteria problems. In light of this, this work aimed to develop a comparative evaluation of water supply, sewage, solid waste collection, and urban drainage services among the 11 municipalities that make up the micro-region of Catolé do Rocha, in the state of Paraíba. For this purpose, 9 criteria were selected from the SNIS (National Sanitation Information System) database, taking into account aspects of supply, financial, water quality, and collection. Based on this data, indicators were constructed to characterize the sanitation services of each municipality, to which weights were assigned through consultation with 10 professionals working in the sanitation field. To substantiate the research, a multi-criteria analysis method called TOPSIS was applied, providing a hierarchy of sanitation systems by grouping the indicators with their respective weights. The results indicated Catolé do Rocha as having the best basic sanitation system in the micro-region analyzed by the study, with 3 of the analyzed criteria considered ideal. Conversely, the worst system was in São José do Brejo do Cruz municipality, ranking last despite not presenting any criterion as non-ideal.

Keywords: SNIS, TOPSIS, hierarchy

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Distância das alternativas à solução ideal e anti-ideal.	24
Figura 2 Mapa de localização da área de estudo.....	29
Figura 3 Fluxograma de desenvolvimento do método empregado nesse estudo.	31

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 Dados dos Municípios	30
Tabela 2 Estatísticas descritivas dos critérios	36
Tabela 3 Valores das médias dos critérios	37
Tabela 4 Valores dos critérios parametrizados	37
Tabela 5 Distribuição do grau de importância obtido pelo questionário.	38
Tabela 6 Valores dos pesos	39
Tabela 7 Identificação do Ideal e do Anti-ideal para os sistemas de Saneamento....	40
Tabela 8 Quantidade de critérios Ideal e Anti-ideal de cada município.....	41
Tabela 9 Valores dos parâmetros do TOPSIS	42
Tabela 10 Classificação dos municípios	42

LISTA DE SIGLAS

Siglas

- AHP – Analytic Hierarchy Process;
- BBC – Belém do Brejo do Cruz;
- BS – Bom Sucesso;
- BC – Brejo do Cruz;
- BDS – Brejo dos Santos;
- CAGEPA – Companhia de Água e Esgotos da Paraíba;
- CORSAN – Companhia Riograndense de Saneamento;
- COMPESA – Companhia Pernambucana de Saneamento;
- CR – Catolé do Rocha;
- ELETRE – Elimination et Choix Traduisant la Réalité;
- ETA – Estação de Tratamento de Água;
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística;
- JR – Jericó;
- LA – Lagoa;
- MG – Mato Grosso;
- OMS – Organização Mundial de Saúde;
- PIB – Produto Interno Bruto;
- PNUMA – Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente;
- RDC – Riacho dos Cavalos;
- SB – São Bento;
- SJBC – São José do Brejo do Cruz;
- SNIS – Sistema Nacional de Informação sobre Saneamento;
- TOPSIS – Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution;
- UFCG – Universidade Federal de Campina Grande.

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO.....	13
1.1.	Justificativa	14
1.2.	Objetivos.....	15
1.2.1.	<i>Objetivo Geral</i>	15
1.2.2.	<i>Objetivos Específicos</i>	15
1.3.	Escopo do Trabalho.....	16
2.	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	17
2.1.	Importância dos serviços de saneamento básico	17
2.2.	Conceitos do saneamento básico	18
2.2.1.	<i>Abastecimento de água</i>	18
2.2.2.	<i>Esgotamento sanitário</i>	18
2.2.3.	<i>Manejo de Resíduos Sólidos</i>	19
2.2.4.	<i>Drenagem Urbana</i>	20
2.3.	Métodos de análise multicritério	21
2.3.1.	<i>AHP</i>	21
2.3.2.	<i>ELECTRE</i>	23
2.3.3.	<i>TOPSIS</i>	24
2.4.	Estado da Arte.....	26
3.	MATERIAIS E MÉTODOS.....	29
3.1.	Local de Estudo	29
3.2.	Metodologia.....	31
3.3.	Coleta de dados	32
3.4.	Definição dos valores dos pesos	33
4.	RESULTADOS E DISCUSSÕES	35
4.1.	Valores dos critérios.....	35
4.2.	Parametrização dos valores.....	36
4.3.	Determinação dos Pesos	37
4.4.	Ideal e Anti-ideal	39
4.5.	Hierarquização dos sistemas de saneamento.....	41
5.	CONCLUSÕES.....	44
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	46
	ANEXOS	53

1. INTRODUÇÃO

A qualidade de vida da população está diretamente ligada às condições do saneamento básico, definido pela Lei nº 11.445/2007 (atualizado pela Lei nº 14.026/2020) como o conjunto de serviços públicos, infraestruturas e instalações operacionais de abastecimento de água potável, esgotamento sanitário, limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos e drenagem e manejo das águas pluviais urbanas.

No que se refere ao abastecimento de água potável, Oliveira *et. al.* (2018) ressaltam que a água é um recurso vital para a sobrevivência, desenvolvimento e manutenção da saúde humana. A disponibilidade de água potável e sua distribuição equitativa são fundamentais para garantir o acesso universal a esse recurso essencial. Investimentos em infraestrutura de abastecimento de água, como sistemas de captação, tratamento e distribuição, são necessários para assegurar a qualidade e a quantidade adequada de água para atender às necessidades da população.

No que se diz respeito ao esgotamento sanitário, Souza *et. al.* (2019) destacam que se deve ter um tratamento adequado dos esgotos, o que se destaca como sendo uma peça chave para a preservação e manutenção da saúde pública, além de garantir a proteção do meio ambiente. A coleta e o tratamento eficiente do esgoto minimizam a contaminação de corpos d'água, evitando a propagação de doenças e contribuindo para a conservação dos ecossistemas aquáticos.

Em relação ao manejo de resíduos sólidos, Lima *et. al.* (2017) enfatizam que se deve ter uma gestão adequada dos resíduos, para assim garantir a saúde pública e a preservação do meio ambiente. A coleta regular, a separação correta e a destinação adequada dos resíduos sólidos são práticas essenciais para evitar a contaminação do solo, a poluição do ar e a proliferação de vetores de doenças.

Outro ponto importante do saneamento básico é o gerenciamento das águas pluviais, que segundo Lima *et. al.* (2021), é o gerenciamento eficiente das águas pluviais, que vem a desempenhar um papel fundamental na prevenção de inundações, além de contribuir para a redução da erosão do solo e na proteção da qualidade dos recursos hídricos.

Nesse contexto, o presente trabalho propõe-se a realizar uma análise dos serviços de saneamento dos municípios que compõem a microrregião de Catolé do

Rocha, localizada no sertão paraibano, ranqueando do melhor ao pior sistema de saneamento básico através da análise multicritério. Utilizando o método TOPSIS, os sistemas foram avaliados através de critérios operacionais, ambientais e econômicos, os quais foram obtidos através de dados da Plataforma SNIS. Ao final deste estudo, espera-se fornecer subsídios para a tomada de decisões estratégicas por parte dos gestores municipais, estaduais ou federais, além de contribuir para a parametrização de uma metodologia multicritério de análise que pode ser utilizada em outros estudos.

O presente trabalho está estruturado da seguinte maneira: justificativa da realização do trabalho, objetivo geral e específicos a serem alcançados no decorrer do presente estudo, fundamentação teórica, estado da arte do método utilizado no estudo e dos outros métodos de análise empregados por outros pesquisadores, materiais e métodos utilizados, resultados obtidos pelo estudo e considerações finais, por último temos as referências bibliográficas e os anexos.

1.1. Justificativa

O acesso limitado a serviços de saneamento adequados são desafios significativos que afetam a qualidade de vida e o desenvolvimento sustentável de comunidades em todo o mundo, principalmente em municípios de pequeno porte e áreas rurais, onde a infraestrutura de saneamento de água muitas vezes não acompanha as necessidades da população.

Diante desse cenário, é crucial que sejam realizadas análises detalhadas para compreender a atual situação dos serviços e se necessário propor medidas efetivas de melhoria.

Para uma análise mais efetiva é crucial a análise e ponderação dos diversos aspectos envolvidos. No caso da análise de serviços de saneamento nos deparamos com problemas que envolvem vários objetivos e/ou critérios, várias ações possíveis, incertezas, várias etapas e diversos indivíduos afetados pela decisão, sendo necessário, portanto, recorrer a análises mais complexas, que possibilitem avaliar um campo de restrições mais amplas.

A utilização de um método multicritério é recomendada, neste caso, por permitir considerar a pluralidade dos decisores e dos critérios, incluindo pontos de vistas diferentes e até mesmo contraditórios. É recomendada para abordagem de problemas

considerados complexos, pois possibilita uma maior clareza e confiança na tomada de decisão.

Dentre os métodos utilizados destacam-se os o Processo de Análise Hierárquico - AHP (SAATY, 2008) e a Técnica de Ordenação de Preferências por Similaridade com uma Solução Ideal – TOPSIS (HWANG e YONN, 1981).

A justificativa deste trabalho reside na necessidade de analisar os serviços de saneamento, de forma comparativa e hierarquizada, dos municípios que compõem a microrregião de Catolé do Rocha, visando identificar deficiências e potencialidades, bem como sugerir melhorias e adequações nos mesmos.

Os resultados obtidos nesse trabalho podem servir como subsídio para gestores municipais, autoridades e profissionais envolvidos na tomada de decisões e na implementação de melhorias no sistema de abastecimento de água do município. Assim como, a metodologia desenvolvida pode ser utilizada em trabalhos futuros, para outras regiões de análise.

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo Geral

Realizar uma análise dos serviços de saneamento básico dos municípios da microrregião de Catolé do Rocha, utilizando uma abordagem multicritério.

1.2.2. Objetivos Específicos

- Investigar o estado da arte da utilização de métodos multicritérios na análise de serviços de saneamento;
- Definir e hierarquizar critérios de análise para as quatro dimensões do saneamento básico.
- Classificar os municípios analisados utilizando a abordagem multicritério, identificando as principais limitações e potencialidades de cada um.

1.3. Escopo do Trabalho

O trabalho abordará a importância da avaliação multicriterial dos sistemas de saneamento para a tomada de decisão, visando uma melhor alocação de recursos visando a melhoria da qualidade de vida da população dos municípios abordados por esse estudo. Inicialmente, serão discutidos os conceitos dos componentes do sistema de saneamento básico, apresentação do método mais utilizado, dando ênfase no escolhido para ser utilizado na pesquisa e o estado da arte das pesquisas que abrangem a análise multicriterial. Em seguida, será realizada a coleta de dados, utilizando o Sistema Nacional de Informação sobre Saneamento (SNIS) e o tratamento matemático dos mesmos para se fazer a aplicação do Método Multicritério TOPSIS, assim obtendo a hierarquização dos municípios que compõem a micro região de Catolé do Rocha, Paraíba.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Neste tópico serão apresentados os conceitos essenciais de saneamento básico, destacando os componentes de abastecimento de água, esgotamento sanitário, manejo de resíduos sólidos e drenagem urbana, como também apresenta a relevância dos serviços de saneamento, delineando a base para a aplicação dos métodos de análise multicritério na avaliação e aprimoramento desses serviços.

2.1. Importância dos serviços de saneamento básico

A relevância dos serviços de saneamento básico transcende fronteiras geográficas e contextos socioeconômicos, sendo um pilar crucial para a qualidade de vida, saúde pública e sustentabilidade ambiental. Segundo a Organização Mundial da Saúde (OMS, 2022), em 2020, cerca de 54% da população global, aproximadamente 4,2 bilhões de pessoas, são atendidas por pelo menos um tipo de serviço de saneamento básico, de maneira adequada. "O acesso a serviços de saneamento é um direito humano fundamental e está intrinsecamente ligado a outros direitos, como o direito à água potável e ao padrão mais elevado de saúde" (BARTRAM E CAIRNCROSS, 2010).

A saúde da população é fortemente influenciada pela disponibilidade de água segura para consumo e pelo manejo adequado do esgoto. A ausência de serviços de saneamento, conforme ressaltado pela Organização Mundial da Saúde (OMS, 2019), é um fator determinante para a propagação de doenças diarreicas e infecciosas, que impactam especialmente as crianças e comunidades vulneráveis.

Segundo a National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine (2016), para se atender as demandas futuras de água e esgotamento sanitário pela população, que iram enfrentar os desafios do envelhecimento da infraestrutura desses serviços, crescimento populacional e mudanças climáticas, deve ser feita a utilização de uma série de novas estratégias e de uma gestão inovadora para lidar com os problemas que iram surgir.

2.2. Conceitos do saneamento básico

2.2.1. Abastecimento de água

O abastecimento de água é considerado um dos pilares essenciais do saneamento básico, ele desempenha um papel crucial na saúde, bem-estar e desenvolvimento sustentável das comunidades. Segundo Bastos (2003), o abastecimento de água não está limitado apenas a disponibilidade de água bruta, mas também engloba a infraestrutura e os processos necessários para tratá-la e distribuí-la de forma segura e acessível a toda a população.

Um suprimento de água confiável e seguro é essencial para a prevenção de doenças transmitidas pela água, melhoria da higiene pessoal e promoção da saúde pública, Kloetzel (1998), destaca que a falta de acesso a água potável adequada está associada a uma série de problemas de saúde, especialmente em áreas onde as fontes de água são contaminadas ou escassas. Além desses aspectos, o abastecimento de água também desempenha um importante papel no desenvolvimento socioeconômico.

É importante lembrar que o abastecimento de água é um direito humano básico, como afirma Barlow e Clarke (2003, p. 269):

Todas as pessoas no mundo têm direito à água limpa e sistemas públicos de fornecimento de saneamento básico independentemente de onde vivam. Este direito é melhor protegido mantendo-se os serviços de água e esgoto no setor público, regulando a proteção dos suprimentos de água e promovendo o uso eficiente da água.

No entanto, ainda há muitos desafios a serem superados para garantir que esse direito seja realizado para todos. Isso inclui melhorar a infraestrutura de abastecimento de água, aumentar o investimento em saneamento básico e promover práticas sustentáveis de gestão da água.

2.2.2. Esgotamento sanitário

Outro componente do sistema de saneamento básico é o esgotamento sanitário, trata-se do processo de coleta, tratamento e destinação adequada de todos os resíduos líquidos produzidos pela sociedade. Segundo Melo (2007), o grau de

evolução de uma comunidade pode ser identificado pela maneira que ela trata seus recursos hídricos e seu lixo, da mesma forma, pode se identificar a seriedade e competência da administração pública, através dos esforços em melhorar os sistemas de saneamento básico.

A coleta e tratamento adequados dos resíduos líquidos são vitais para evitar a disseminação de doenças transmitidas pela água, como diarreia, hepatite e cólera. Conforme a Organização Mundial da Saúde (OMS, 2019), o acesso a sistemas de esgotamento sanitário seguros é um dos principais determinantes da saúde humana, especialmente em ambientes urbanos densamente povoados.

Segundo Candido e Silva (2023), quando se trata de sistemas de esgotamento sanitário, apesar de gerar muitos benefícios à saúde pública, existem significativos impactos negativos quanto a sua implementação, eles destacam os possíveis vazamentos que podem ocorrer na rede coletora e a grande concentração de poluentes nas mesmas. Caso não possua tratamento adequado, o sistema de esgotamento sanitário poderá induzir a uma deterioração do corpo receptor (rios, lagos, lagoas, represas, enseadas, baías e mares), inviabilizar a vida aquática e ainda prejudicar outros usuários da água ou outras espécies de animais e vegetais (SOARES *et. al.*, 2002).

O Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA, 2021), destaca o tratamento eficaz dos esgotos como o principal fator para minimizar a poluição gerada no corpo receptor dos dejetos, além de preservar a integridade dos ecossistemas aquáticos. Na dimensão econômica, os sistemas de esgotamento sanitário eficientes reduzem os custos associados ao tratamento de doenças relacionadas à falta de saneamento, melhorando, assim, a produtividade e a qualidade de vida. O Relatório Global de Saneamento e Água Potável da Organização das Nações Unidas (ONU, 2019) enfatiza o impacto positivo dos investimentos em saneamento no desenvolvimento sustentável.

2.2.3. Manejo de Resíduos Sólidos

Calderoni (1997) apud Yoshitake (2010) afirma no seu trabalho que sob o ponto de vista econômico, resíduo ou lixo vem a ser todo o material que uma dada sociedade ou agrupamento humano desperdiça, este desperdício pode estar ligado a problemas

de disponibilidade de informações, muitas vezes por falta de desenvolvimento de um mercado para produtos recicláveis.

Segundo Hempe e Nogueira (2012), os resíduos sólidos vêm de uma variedade de fontes e possuem características distintas, alguns são volumosos, como os detritos da construção civil, outros se decompõem rapidamente, como cascas de frutas e sobras de alimentos. Compreender as propriedades e características desses resíduos é crucial para uma gestão eficaz dos mesmos.

Segundo Schalch et. al. (2002), a gestão de resíduos sólidos é influenciada por diversos aspectos, incluindo a maneira como são gerados, acondicionados na origem, coletados, transportados, processados, recuperados e descartados. Assim, é essencial desenvolver um sistema orientado por princípios de engenharia e técnicas de projeto que permitam a criação de dispositivos para garantir a segurança sanitária das comunidades contra os impactos negativos dos resíduos.

A disposição inadequada de resíduos em lixões a céu aberto pode contaminar o solo e as águas subterrâneas, afetando a qualidade dos ecossistemas locais. A poluição do ar resultante da queima de resíduos contribui para a degradação da qualidade do ar, afetando a saúde das populações circundantes. A Organização das Nações Unidas (ONU, 2019) destaca que uma gestão adequada de resíduos sólidos é essencial para a conservação do meio ambiente.

No âmbito econômico, o manejo eficaz de resíduos sólidos pode gerar benefícios significativos. A coleta seletiva e a reciclagem de resíduos podem reduzir os custos de disposição final e criar oportunidades de emprego na economia circular. O Relatório Global de Resíduos Sólidos do Banco Mundial (World Bank, 2018) ressalta a importância da gestão de resíduos sólidos como um meio de promover a sustentabilidade e a geração de renda.

2.2.4. Drenagem Urbana

Outro componente essencial do sistema de saneamento básico é a drenagem urbana, a qual é definida pela Lei Nº 11.445/2007 como o conjunto de atividades, infraestruturas e instalações operacionais de drenagem urbana de águas pluviais, de transporte, detenção ou retenção para o amortecimento de vazões de cheias, tratamento e disposição final das águas pluviais drenadas nas áreas urbanas.

Com a urbanização crescente que vem ocorrendo nas últimas décadas, o Brasil vem se transformando em um País essencialmente urbano, com cerca de 61% da população residindo em área urbana (IBGE, 2022). Segundo Tucci (2002) e Tucci e Bertoni (2003) o problema das grandes cidades é a tendência de urbanização baseada em aspectos de expansão irregular, pouca obediência à regulamentação urbana e projetos de drenagem inadequados (canalizações), é o principal causador dos impactos ambientais e sociais significativos nas grandes cidades, com isso se faz mais necessário ainda o manejo adequado das águas pluviais, para garantir a segurança das comunidades, a preservação da natureza e a e manutenção da infraestrutura das cidades.

A eficiência desses sistemas apresenta implicações diretas na qualidade de vida dos habitantes das áreas urbanas, a capacidade de escoamento de água pluvial influencia diretamente a funcionalidade das vias públicas, a integridade das estruturas e a redução de transtornos para a população. Conforme destacado no Diagnóstico de Drenagem e Manejo das Águas Pluviais Urbanas (Brasil, 2019), sistemas eficazes de drenagem têm um impacto positivo direto na qualidade de vida e na funcionalidade urbana.

2.3. Métodos de análise multicritério

A complexidade das interconexões entre saúde, ambiente e economia dentro dos sistemas de saneamento básico, exige o uso de abordagens analíticas muito mais complexas e robustas. É aqui que a análise multicritério, empregando método de análise multicritérios como o TOPSIS, o AHP e a Família ELECTRE, se revelam como ferramentas valiosas. Ao ponderar de forma sistemática e transparente os diversos critérios que impactam os serviços de saneamento, é possível embasar decisões informadas, promover alocações eficientes de recursos e contribuir para o avanço rumo a sistemas de saneamento mais resilientes e equitativos.

2.3.1. AHP

O método multicritério Analytic Hierarchy Process – AHP surgiu no final da década de 60 do século XX e foi desenvolvido pelo matemático Thomas L. Saaty,

quando trabalhava para a Agência de Controle de Armas e Desarmamento do Departamento de Estado Americano (FORMAN E SELLY, 2002).

Segundo Saaty (2008) e Okeola e Sule (2012), o método AHP se utiliza de uma estrutura hierárquica para representar um problema e em seguida desenvolver prioridades para os critérios se baseando no julgamento do usuário. De acordo com Schmoldt *et. al.* (2001), a abordagem AHP possui três propriedades valiosas que contribuem para a tomada de decisão. Primeiro, o AHP permite que os tomadores de decisão estruturem o problema em uma hierarquia e critérios decompostos. Em segundo lugar, as comparações aos pares entre os elementos permitem a ordenação preferencial dos elementos de decisão. Finalmente, a álgebra matricial utilizada no método sintetiza as prioridades locais em prioridades globais, permitindo que o alvo seja estudado de forma holística.

Segundo Lee, Chen e Chang (2008), o procedimento AHP envolve seis etapas básicas: Definição do problema; Desenvolvimento de hierarquia AHP; Comparações por pares; Estimativa de pesos relativos; Checagem de Consistência; Obtenção de uma classificação geral. Os cálculos da metodologia AHP seguem o teorema de Perron-Frobenius, que, segundo Keener (1993), afirma que para uma matriz real A de tamanho $n \times n$ com entradas não negativas, existe apenas um autovalor máximo $\lambda_{máx}$ de A correspondente ao autovetor w com entradas estritamente positivas, esse autovetor é denominado vetor de prioridade (peso) ou autovetor. Os valores do vetor de prioridade são derivados de aplicações sucessivas do teorema de Perron-Frobeni até a obtenção dos pesos finais dos critérios analisados (GOMES, 2007).

Segundo Hartman e Goltz (2009), esse é um método próprio para a tomada de decisão quando os critérios que estão em análise pelos usuários do método são conflitantes. Além de o método AHP permitir a resolução de problemas com critérios conflitantes, uma das vantagens apontadas por Gomes (2009) se deve ao fato de o método permitir a participação de diversas pessoas, como é o caso da gestão pública, em que decisões envolvem diversos atores, diversos critérios e múltiplas alternativas e consequências. Vargas (1990), também indicada esse método pelo fato de mensurar critérios tangíveis com intangíveis, por meio de uma escala de razão, podendo o problema analisado ser dividido em diversas partes, relacionando-as e conectando os juízos de comparação com o objetivo final da aplicação.

2.3.2. ELECTRE

A família ELECTRE (Elimination et Choix Traduisant la Réalité) é originária na escola francesa (por vezes chamada de escola europeia), desenvolvida por Bernard Roy em 1968, o qual Cunha (2003) descreve como um método de análise multicritério que propõe um procedimento para a redução do conjunto de alternativas de solução do problema através do conceito de dominância. São utilizados conceitos de Índice de Concordância para medir a vantagem relativa de cada alternativa sobre todas as outras e o Índice de Discordância para medir a relativa desvantagem. Segundo GOMES (1998), a noção central da família ELECTRE e de métodos assemelhadas, baseia-se na sobreclassificação (OUTRANKING ou SURCLASSEMENT).

Segundo Vincke (1994) o método ELECTRE I foi desenvolvido para aplicação em problemas multicritérios, de escolha. Seu objetivo é, portanto, obter um subconjunto N de ações, tal que, qualquer ação que não está em N, é sobreclassificada por, pelo menos, uma ação que pertence a N. Este subconjunto, tão pequeno quando possível, não é, por consequente, o conjunto das melhores ações, e sim, aquele que contém os melhores compromissos, possíveis de serem encontradas, entre as ações (VINCKE, 1994).

No decorrer dos anos, diversos métodos foram desenvolvidos, como o ELECTRE II, ELECTRE III e ELECTRE TRI, cada um refinando aspectos específicos da abordagem original. Essas variações têm ampliado a aplicabilidade da família ELECTRE a uma gama diversificada de contextos, consolidando-a como uma ferramenta flexível e robusta (ROY, 1986; FERNANDES, 2006).

Além disso, a disseminação internacional da família ELECTRE evidencia sua relevância global. Diversos pesquisadores e profissionais ao redor do mundo têm incorporado e adaptado esse método em seus trabalhos, contribuindo para a construção de um corpo crescente de conhecimento na área de análise multicritério (CUNHA, 2003). A influência da família ELECTRE não se limita apenas ao campo teórico, mas se estende à prática, impactando positivamente a qualidade das decisões tomadas em projetos de engenharia civil. Essa abordagem consolidada oferece não apenas um arcabouço teórico sólido para fundamentação, como também se traduz em uma ferramenta valiosa para enfrentar os desafios contemporâneos que permeiam a tomada de decisões na engenharia civil (VINCKE, 1994).

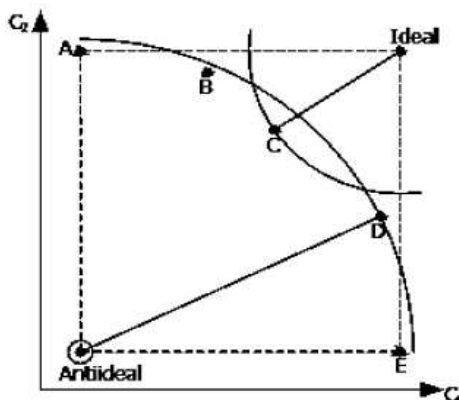
2.3.3. TOPSIS

O método TOPSIS (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution) desenvolvido por Hwang e Yoon (1981) apud Pomerol e Barba-Romero (2000), é uma abordagem de análise multicritério que visa a classificação de alternativas com base na distância em relação ao ideal e à inversa, denominada de anti-ideal, por meio de uma Taxa de Similitude. Segundo Hwang e Yoon (1981), essa técnica é indicada para auxiliar a seleção de alternativas em situações complexas, as quais levam em consideração múltiplos critérios de avaliação.

Segundo Moura (2004), o método TOPSIS, destaca-se dentre os métodos de distância, por apresentar uma grande simplicidade de aplicação e leva em consideração a distância ao ideal e ao anti-ideal, isso garante menor erro associado. A importância de se considerar a distância de cada alternativa à solução ideal e à anti-ideal é demonstrada em Pomerol e Barba-Romero (2000). Na Figura 1 estão representadas cinco alternativas, A, B, C, D, e E, de uma escolha com dois critérios, como também os pontos referentes às duas situações (ideal e anti-ideal).

Considerando pesos iguais para os dois critérios, caso fosse utilizada a distância euclidiana d , a alternativa C seria a mais próxima da ideal, enquanto a alternativa D seria a mais distante da anti-ideal. Segundo Castro (2007), a evolução em relação a outros métodos está em resolver o dilema entre escolher a distância de cada alternativa à solução ideal ou à anti-ideal.

Figura 1 Distância das alternativas à solução ideal e anti-ideal.



Fonte: Pomerol; Barba-Romero (2000).

Conforme pode ser observado na Figura 1, o ponto mais próximo ao ideal nem sempre é o mais distante do anti-ideal.

Para cada alternativa analisada $a_j = (a_{j1}, a_{j2}, a_{j3}, a_{j4}, \dots, a_{jn})$ são calculadas a distância $d_p^M(a_j)$ e a $d_p^m(a_j)$, a partir da Equações (1) e Equação (2), as quais representam, respectivamente, as distâncias às soluções ideais e anti-ideais de cada uma dos componentes que estão em análise. As expressões utilizadas para o cálculo desses valores estão definidas nas equações 1 e 2.

$$d_p^M(a_j) = [\sum w_i^p |a_i^M - a_{ji}|^p]^{1/p} \quad (1)$$

$$d_p^m(a_j) = [\sum w_i^p |a_i^m - a_{ji}|^p]^{1/p} \quad (2)$$

Na qual:

i = critério analisado;

w_i = peso do critério i ;

p = valor correspondente ao tipo de distância que se deseja calcular;

a_i^M = valor máximo, dentre as alternativas, para o critério i ;

a_i^m = valor mínimo, dentre as alternativas, para o critério i ;

a_{ij} = valor da alternativa j para o critério i ;

A partir do resultado da Equações (1) e Equação (2), calcula-se a Taxa de Similitude $D_p(a_i)$, que deve ser calculada a partir da Equação (3).

$$D_p(a_i) = d_p^m(a_j) / [d_p^M(a_j) + d_p^m(a_j)] \quad (3)$$

Essa taxa varia do valor 0 para a alternativa anti-ideal a 1 no caso da solução ideal. Finalmente, a ordenação das alternativas é feita com base nos valores calculados para a taxa de similaridade para cada alternativa.

Referente à fórmula acima, os valores da variável p mais utilizados são 1, 2 e ∞ . Quando $p=1$, a distância é do tipo retangular, quando $p=2$, a distância é do tipo Euclidiana e quando $p= \infty$, a distância é do tipo de *Tchebycheff*. Os valores de p tratam de dar maior ou menor importância aos desvios de cada alternativa em relação às

soluções ideais e anti-ideais. Dentre todas elas, a mais aplicada é a do tipo Euclidiana, $p=2$. (CASTRO, 2007).

2.4. Estado da Arte

No âmbito nacional, as técnicas de análise multicritério surgem como um dos pilares essenciais para se enfrentar desafios que envolvem uma extensa gama de variáveis. Na literatura brasileira, embora seja uma área relativamente recente, apresenta um conjunto rico de estudos que exploram e refinam essa abordagem, fornecendo perspectivas valiosas para a tomada de decisões em diferentes domínios.

Dentre esses estudos destaca-se o trabalho Melo *et. al.* (2018) que avaliou o serviço de abastecimento de água em oito municípios do Estado do Rio Grande do Norte. Utilizando o método de apoio multicritério à decisão TOPSIS, foram selecionados 11 critérios considerando aspectos operacionais, financeiros e de qualidade da água, os resultados indicaram que o município de Lagoa Nova apresenta o melhor serviço de abastecimento de água entre as opções estudadas, enquanto Santana do Matos foi avaliado como o município com pior desempenho.

No trabalho de Heller (2007) foi realizada uma análise dos serviços de saneamento em quatro municípios da bacia do rio das Velhas, em Minas Gerais, utilizando o método TOPSIS. O autor empregou 12 critérios para avaliar o sistema de abastecimento de água e 5 para o de esgotamento sanitário. Os resultados mostraram que Itabirito se destacou por suas tarifas baixas e alta cobertura de redes de esgoto. Vespasiano e Nova Lima tiveram um desempenho notável em termos de registro de redes, controle de perdas e tecnologia empregada na operação dos sistemas, além de uma alta cobertura de rede de água. No entanto, Ouro Preto e Nova Lima apresentaram o pior desempenho tecnológico na comparação com os outros municípios, apesar da alta cobertura por rede de água e esgotos.

Briozo e Musetti (2015), trabalharam com a análise multicritério, para a tomada de decisão de onde seria implantado uma nova Unidade de Pronto Atendimento – UPA, na cidade de São Paulo, para isso eles utilizaram o Analytic Hierarchy Process (AHP). Silva (2021), também trabalhou com esse método agora utilizado para a avaliação do sistema de saneamento básico da cidade de Caruaru, Pernambuco, ele

demonstrou que os bairros com maiores riscos de desabastecimento e de insuficiência de esgotamento sanitário estão situados em zonas mais periféricas da cidade.

Seguindo o mesmo pensamento temos Marchezetti *et. al.* (2011) que utiliza o método para avaliar alternativas de tratamento de resíduos sólidos domésticos na região metropolitana Curitiba, chegando à conclusão que a reciclagem desses resíduos é a forma mais eficiente de tratamento, em contra partida tem-se a incineração como a pior alternativa.

Barros (2013), também trabalhou com o AHP para a análise multicritério do sistema de saneamento básico em assentamentos da reforma agrária, no estado de Goiás, para isso ele utilizou os seguintes critérios: abastecimento de água, esgotamento sanitário e resíduos sólidos, além das condições socioeconômicas dos locais em estudo.

Carvalho (2011), trabalha com o AHP, utilizando-o para a análise dos recursos hídricos subterrâneos no município de João Pessoa, Paraíba. No seu estudo ele cruzou os dados de localização de fontes potencialmente poluidoras, de poços de captação de água e de zonas de fluxo subterrâneo. A partir desse cruzamento ele obteve cenários que podem servir de base para a equipe de gestão de recursos hídricos do município, para eles adotarem) ou excluírem de ações de fiscalizações do uso da água.

Outro método bastante utilizado é o ELECTRE temos Claudino *et. al.* (2021), que aplicou o método para avaliar a qualidade de sistemas de abastecimento de água e esgotamento sanitário nos municípios do Curimataú Oriental Paraibano. Para isso ele utilizou critérios que foram distribuídos em categorias operacional, econômico-financeiro e administrativo e de qualidade. Utilizando o mesmo método temos Castro *et. al.* (2004), que no seu trabalho faz uma avaliação dos sistemas de drenagem urbano, para isso ele utilizou estudos de casos de sistemas reais, que apresentavam arranjos diversos, os quais utilizavam sistemas clássicos, intermediários e alternativos. No final desse estudo ele observou o sistema com melhor performance foram aqueles dotados de técnicas alternativas, as quais incluem no dimensionamento aspectos ambientais, sanitários e sociais, além dos aspectos hidráulicos e hidrológicos.

A utilização de técnicas de análise multicritério tem sido cada vez mais utilizada para a abordagem de desafios complexos, incorporando uma vasta gama de variáveis

que permeiam as decisões em diferentes setores. Os estudos revisados destacam a relevância dessas metodologias na tomada de decisões em questões cruciais, como saneamento básico, abastecimento de água e gestão de recursos hídricos. Entre os métodos mais empregados no Brasil, o TOPSIS e o AHP se destacam, sendo aplicados em diferentes contextos, desde avaliações de serviços de água e esgoto até a escolha de locais para implantação de Unidades de Pronto Atendimento (UPA) e análises de recursos hídricos, enquanto no âmbito internacional o método que mais se destaca é o ELECTRE, que também é empregado em uma grande variedade de problemas nos quais envolvam a análise de múltiplos critérios.

Os critérios considerados como aspectos operacionais, financeiros, de qualidade da água, tarifas e cobertura de redes, demonstram a abrangência e a complexidade das análises multicritério na área do saneamento básico. No entanto, é importante notar que, embora esses estudos contribuam significativamente, há lacunas a serem preenchidas, especialmente em termos de integração de aspectos socioambientais nas análises e na consideração de variáveis dinâmicas ao longo do tempo. Ainda há oportunidades para aprimorar a incorporação de dimensões mais abrangentes, como a adição de questões sociais e ambientais, no processo decisório, promovendo uma abordagem mais holística e sustentável. Este trabalho contribui para a discussão para o reconhecimento da importância da análise multicritério na engenharia civil e sugerir um caminho para futuras pesquisas, visando aprimorar a eficácia dessas ferramentas na gestão de problemas complexos.

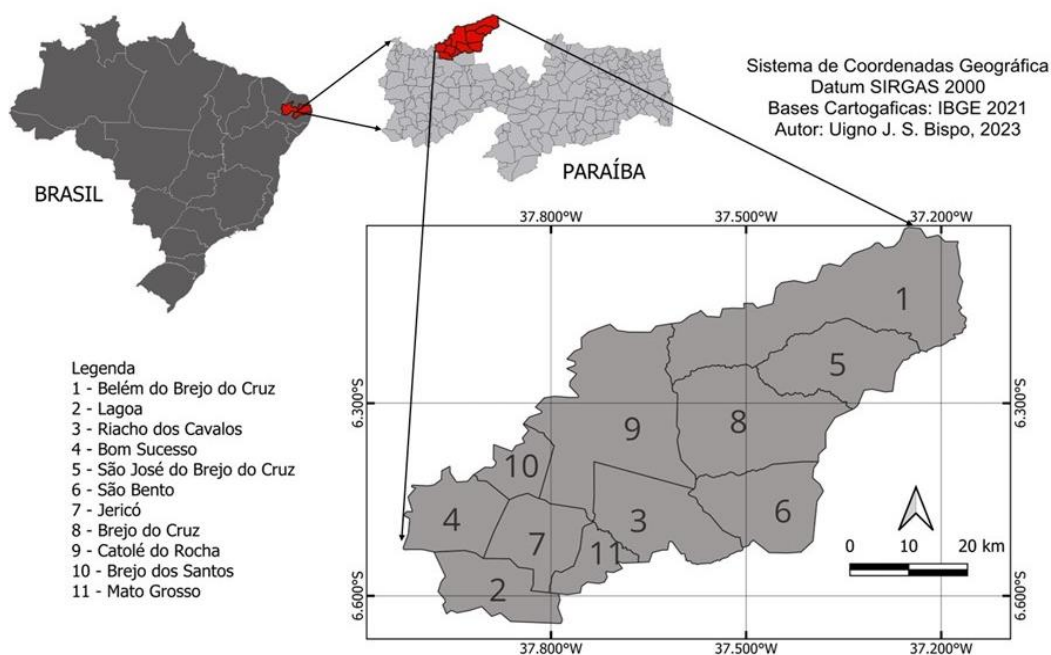
3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1. Local de Estudo

A área de estudo foi a microrregião de Catolé do Rocha, apresentada na Figura 2, a qual está situada no sertão paraibano, fazendo parte de uma das 7 mesorregiões do estado da Paraíba. Composta pelos municípios de Belém do Brejo do Cruz, Bom Sucesso, Brejo do Cruz, Brejo dos Santos, Catolé do Rocha, Jericó, Lagoa, Mato Grosso, Riacho dos Cavalos, São Bento e São José do Brejo do Cruz, totalizando uma área de 3038 Km² e uma população de 117.846 habitantes, o que corresponde a 2.93% da população paraibana. Está localizada a 272 m de altitude sob as coordenadas 6° 20 '38" de latitude e 37° 44' 48" de longitude. O bioma em que a microrregião está inserida é a Caatinga (IBGE, 2022).

É caracterizada por um clima tropical, predominando o semiárido no interior, com médias térmicas elevadas (em torno de 27 °C) e chuvas escassas e irregulares, com menos de 800 mm por ano (MELO e LIMA, 2021).

Figura 2 Mapa de localização da área de estudo.



Fonte: Elaborado no Qgis pelo autor, 2023.

Conforme evidenciado na Tabela 1, os municípios pertencentes à microrregião analisada neste estudo, exibem notáveis disparidades em termos de população e extensão territorial, o que impactam diretamente na densidade populacional o que afeta diretamente as políticas públicas de saneamento. É possível observar que em relação ao Produto Interno Bruto (PIB), a maioria das cidades se apresentam de maneira relativamente similar, exceto três municípios que se destacam significativamente acima dos demais. Nota-se que o município de Brejo dos Santos ostenta o menor PIB entre todos, porém, possui a segunda maior densidade populacional, isso contrasta com a situação em São José do Brejo do Cruz, onde a densidade populacional é a mais baixa de todas, mas o PIB é o segundo maior, perdendo apenas para Catolé do Rocha.

Quando analisamos os dados de esgotamento sanitário, notamos que alguns municípios mesmo tendo um PIB elevado a taxa de casas que apresentam esgotamento sanitário adequado é baixa como é o caso de São José do Brejo do Cruz, isso indica relevância dada ao saneamento básico, sobretudo ao serviço de esgotamento sanitário.

Tabela 1 Dados dos Municípios

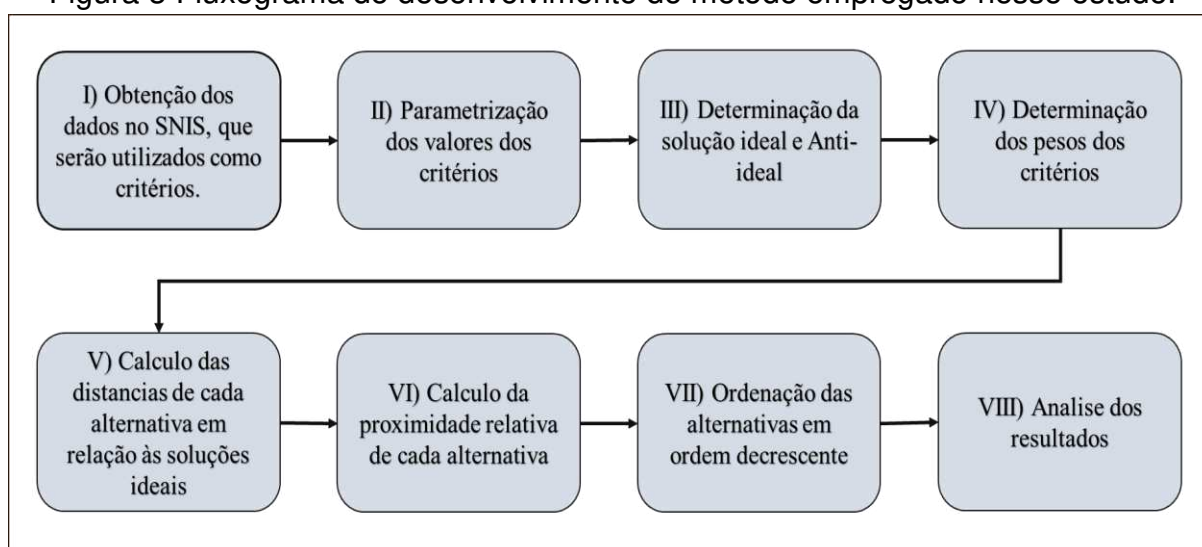
Município	População (hab.)	Área (km²)	PIB (R\$)	Domicílios com Esgotamento Sanitário adequado (%)
Belém do Brejo do Cruz	6.268	601,549	9.541,69	55,5
Bom Sucesso	4.661	186,059	9.647,50	20,1
Brejo do Cruz	13.613	401,315	9.395,64	64,7
Brejo dos Santos	5.742	93,857	8.906,2	9,3
Católé do Rocha	30.661	551,765	14.850,45	37,6
Jericó	7.516	177,356	9.162,67	41,6
Lagoa	4.415	176,649	10.199,30	16,9
Mato Grosso	2.543	85,275	9.825,55	55,3
Riacho dos Cavalos	8.493	262,532	9.948,53	51,5
São Bento	32.235	245,840	14.242,72	57
São José do Brejo do Cruz	1.699	253,787	14.548,41	14

Fonte: Censo Demográfico 2022, IBGE.

3.2. Metodologia

A Análise Multicritério TOPSIS (Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution), como já foi apresentado, é uma metodologia que possibilita a avaliação e classificação de alternativas em função de múltiplos critérios. O fluxograma apresentado na Figura 3 ilustra o processo sistemático que foi empregado nesse estudo, para a aplicação da técnica TOPSIS, o que permitiu a seleção da melhor opção com base em uma série de critérios ponderados.

Figura 3 Fluxograma de desenvolvimento do método empregado nesse estudo.



Fonte: Autor, 2023.

Abaixo apresentamos de maneira sucinta cada uma das etapas que foram seguidas para a obtenção dos resultados do estudo, cada processo desse será melhor abordado no decorrer do trabalho.

- I. Realizar a obtenção dos dados que foram utilizados no estudo, a partir da plataforma SNIS.
- II. Analisar matematicamente os dados obtidos, a partir da média e desvio padrão dos valores obtidos, e posteriormente a parametrização dos valores das médias de cada critério, pra cada um dos municípios selecionados.
- III. Obtenção dos valores ideais e anti-ideais dos critérios, que serão o valor maior e menor, respectivamente, para cada um dos critérios analisados.
- IV. Determinação dos pesos através de aplicação de questionário.
- V. Calcular as distancias de cada critério em relação aos valores do ideal e anti-ideal.

- VI. Obtenção da proximidade de cada valor analisado, através do método TOPSIS.
- VII. Hierarquização dos valores encontrados, feito em ordem decrescente do maior valor obtido até o menor;
- VIII. Discursão dos resultados encontrados.

3.3. Coleta de dados

Para a coleta de dados foi utilizado o portal do Sistema Nacional de Informação sobre Saneamento, o SNIS, ele é administrado pelo governo federal, através da Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental (SNSA) do Ministério das Cidades. Esse portal constitui o maior e mais importante sistema de informações do setor de saneamento no Brasil, o qual se apoia em um vasto banco de dados que contém informações de caráter institucional, administrativo, operacional, gerencial, econômico-financeiro, contábil e de qualidade sobre a prestação de serviços de água, de esgotos, manejo de resíduos sólidos urbanos e drenagem urbana.

O portal do SNIS apresenta vários indicadores para os serviços de saneamento básico dos municípios do Brasil, além de apresentar esses indicadores ele fornece os dados primários e a descrição de como é obtido cada um desses indicadores. Realizada a escolha de indicadores, levando em consideração outros trabalhos de caracterização, como o de Heller (2007) e Melo (2018), foram escolhidos 9 indicadores como está apresentado no Quadro 1.

Quadro 1 Indicadores e suas descrições

Indicador	Descrição	Unidade
Índice de atendimento urbano de água	Relação entre a população atendida com o abastecimento de água com a população do município no ano de referência.	%
Índice de micromedicação relativo ao volume disponibilizado	Relação entre o volume de água micro medido na cidade com o volume de água produzido pela ETA	%
Índice bruto de perdas lineares	Relação entre o volume de água produzido pela ETA e extensão da rede de distribuição, multiplicado por 1.000 dividido por 365 dias	m ³ /dia/km
Índice de despesas com energia elétrica nas despesas de exportação	Relação entre as despesas com energia elétrica e as despesas com exportação.	%
Índice de conformidade da quantidade de amostras - Turbidez	Quantidade de amostra analisadas, nas quais os valores de turbidez, devem estar dentro dos padrões estabelecidos pela Portaria de Consolidação nº 5, de 28 de setembro de 2017 do Ministério da Saúde	%

Indicador	Descrição	Unidade
	em relação a quantidade de mínima de amostra que se devem analisar ao longo ano.	
Índice de conformidade da quantidade de amostras – Coliformes Totais	Quantidade de amostras analisadas, as quais devem apresentar os valores de coliformes, dentro dos padrões estabelecidos pela Portaria Consolidação nº 5, de 28 de setembro de 2017 do Ministério da Saúde, em relação a quantidade de mínima de amostra que se devem analisar ao longo ano.	%
Índice de conformidade da quantidade de amostras - Cloro	Quantidade de amostras analisadas, as quais devem apresentar os valores de cloro, dentro dos padrões estabelecidos pela Portaria 2.914/2011 do Ministério da Saúde, em relação a quantidade de mínima de amostra que se devem analisar ao longo ano.	%
Índice de coleta de resíduos sólidos urbanos	Relação entre a população atendida pelo sistema de coleta e a população do município no ano de referência.	%
Índice de coleta de esgoto	Relação entre o volume de esgoto tratado em relação ao volume de água consumido pela população no ano de referência.	%

Fonte: Autor, 2023.

Indicadores que envolvem dados de drenagem urbana não foram contemplados pela pesquisa, por causa da falta da presença desses dados no SNIS, um dos motivos é que os dados sobre esse serviço só começaram a ser coletados pelo sistema a partir do ano de 2015, como foi constatado no processo de escolha que a maioria dos municípios da área de estudo não apresentam dados e quando há dados é de apenas um ano ou dois. Mas no futuro quando os dados estiverem mais consolidados poderia se fazer um novo estudo levando em consideração esses valores.

3.4. Definição dos valores dos pesos

A definição dos pesos de cada critérios, para a aplicação do método multicritério TOPSIS, foi feita através da aplicação de um formulário, que segundo Lima (2004) essa é uma técnica de coleta de dados pertencente à categoria de pesquisa direta extensiva, ela pode ser trabalhada tanto com o universo total de uma população quando com critérios amostrais. Esse método facilita a comunicação entre o entrevistado e o entrevistador, o qual acontece de uma maneira direta e eficiente.

O questionário que foi utilizado é composto de perguntas de avaliação, na qual cada pergunta tem 4 alternativas, as quais se apresentam em uma escala que remete ao grau de importância crescente de cada indicador utilizado, valores variando de 1, para os critérios “pouco importante” até 4 para os critérios de “de fundamental importância”, a apresentação completa de cada valor e grau de importância está exposta no Quadro 2. O formulário utilizado no presente trabalho foi feito na ferramenta de Formulários do Google, o mesmo pode ser observado no ANEXO desse trabalho.

Quadro 2 Classificação atribuída às variáveis do questionário

Grau de Importância	
1	Pouco Importante
2	Importante
3	Muito importante
4	De fundamental importância

Fonte: Autor, 2023.

O público alvo desse questionário foi aplicado em profissionais da área de saneamento, funcionários da empresa de distribuição de água e coleta de esgotos da Paraíba, a CAGEPA, além de professores da UFCG e de outras instituições de ensino superior que atuem com o ensino de saneamento. A partir das respostas obtidas dos profissionais, será atribuído um peso específico para cada indicador escolhido, esse valor será igual a média dos valores atribuídos pelos pesquisados, a partir dos valores do grau de importância.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1. Valores dos critérios

Depois do estabelecimento dos indicadores que foram utilizados nesse trabalho, realizou-se um agrupamento deles em 4 categorias, abastecimento, financeiro, qualidade e coleta. Esses indicadores foram considerados como os critérios que servirão de base para a aplicação do método de análise multicritério escolhido, que foi o TOPSIS.

O Quadro 3 apresenta como ficou a categorização dos indicadores, os quais ficaram distribuídos da seguinte maneira: 3 critérios de abastecimento, 3 critérios de qualidade, 2 de coleta e 1 de financeiro.

Quadro 3 Categorização dos critérios

Categoria	Critério	Indicador
Abastecimento	C1	Índice de atendimento urbano de água
	C2	Índice de micromedição relativo ao volume disponibilizado
	C3	Índice bruto de perdas lineares
Financeiro	C4	Índice de despesas com energia elétrica nas despesas de exportação
Qualidade	C5	Índice de conformidade da quantidade de amostras - Turbidez
	C6	Índice de conformidade da quantidade de amostras – Coliformes Totais
	C7	Índice de conformidade da quantidade de amostras - Cloro
Coleta	C8	Índice de coleta de resíduos sólidos urbanos
	C9	Índice de coleta de esgoto

Fonte: Autor, 2023.

A Tabela 2 apresenta as estatísticas descritivas dos critérios utilizados para a análise. Observando os dados, pode-se verificar que, de maneira geral, os critérios têm magnitudes distintas. Entretanto, os desvios padrões encontrados indicam que C5, C6 e C7 demonstram um alta dispersão dos dados, ao contrário de C4, C6 e C1, que apresentaram as menores dispersões. Quando analisamos o valor da mediana, percebemos que a maioria dos valores das médias, o qual será utilizado na análise multicritério, se encontram perto desse valor, menos os critérios C5 e C6, que apresentam também um valor máximo elevado em comparação aos demais, onde os valores estão em um intervalo de 50 a 200, esses critérios apresentam valores entre 600 a 800.

Os critérios C5 e C6 são referentes a qualidade das amostras de água analisadas, turbidez e coliformes totais respectivamente, como esses índices tratam da quantidade de amostras dentro do padrão de qualidade em relação a quantidade de amostras coletadas pode ter ocorrido uma maior quantidade de coleta de amostras nesse período ou os dados foram inseridos errados no sistema do SNIS.

Tabela 2 Estatísticas descritivas dos critérios

Critério	Média	Desvio Padrão	Mediana	Valor Máximo	Valor Mínimo
C1	93,69	17,82	100	100	0
C2	48,77	19,14	49,085	98,37	0
C3	26,20	24,66	20,3	104,24	0
C4	14,36	10,98	11,44	56,34	0
C5	137,33	159,52	98,48	860,48	0
C6	98,97	96,33	71,67	655	0
C7	52,27	30,87	50	200	0
C8	95,33	13,49	100	100	27,94
C9	84,11	22,91	97,01	169,52	40,3

Fonte: SNIS – Sistema Nacional de Informação sobre Saneamento, 2023.

4.2. Parametrização dos valores

Os valores dos critérios obtidos a partir da etapa de coleta de dados, para cada município que compõem a microrregião de Catolé do Rocha, estão apresentados na Tabela 4. Esses dados se referem a média dos valores apresentados pelo município dentro do período de análise, período esse que vai do ano 2004 até 2021, um total de 15 anos de dados. Os valores encontrados estão dispostos na Tabela 3.

Para se dar continuidade a análise matemática de dados, especialmente quando se utiliza métodos analíticos como TOPSIS, é necessário fazer uma normalização de dados, sendo crucial a parametrização dos valores, essa técnica visa eliminar discrepâncias de escala entre diferentes critérios, garantindo que todos tenham uma influência equivalente na avaliação final.

A parametrização dos dados foi realizada da mesma maneira que Heller (2007) fez em seu trabalho, ele dividiu o valor de cada critério pelo somatório de todos os valores do critério em questão. Na Tabela 4 podemos observar os valores já parametrizados, quando observamos os valores das Tabela 4 em relação com a Tabela 3, notamos que a discrepância entre os valores dos critérios diminuiu, o que

deixa evidente a necessidade de realizar esse procedimento como descrito anteriormente.

Tabela 3 Valores das médias dos critérios

Município	Critérios								
	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9
Belém do Brejo do Cruz	87,93	46,21	15,34	18,07	120,02	60,43	39,67	92,78	80,49
Bom Sucesso	99,79	67,21	11,86	9,53	425,64	73,49	52,17	93,14	48,59
Brejo do Cruz	96,78	48,40	33,14	16,67	106,47	138,52	63,29	99,92	82,14
Brejo dos Santos	99,83	54,13	14,84	18,31	194,46	165,69	81,13	89,15	71,42
Catolé do Rocha	97,47	47,93	61,23	31,60	73,62	139,13	39,68	99,74	97,24
Jericó	94,91	51,26	23,71	10,54	80,34	47,94	44,35	92,68	87,78
Lagoa	99,12	53,10	10,61	10,01	91,54	45,95	44,67	90,26	81,72
Mato Grosso	93,24	67,59	2,01	4,73	127,52	78,74	36,96	98,92	100,00
Riacho dos Cavalos	63,79	8,44	36,60	9,92	100,89	66,31	64,56	92,91	100,00
São Bento	99,87	40,02	55,87	17,65	76,55	168,51	45,67	96,71	100,00
São José do Brejo do Cruz	93,27	24,01	8,42	7,75	101,30	82,59	71,48	100,00	91,79

Fonte: Autor, 2023.

Tabela 4 Valores dos critérios parametrizados

Município	Critérios								
	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9
Belém do Brejo do Cruz	0,086	0,091	0,056	0,117	0,080	0,057	0,068	0,089	0,086
Bom Sucesso	0,097	0,132	0,043	0,062	0,284	0,069	0,089	0,089	0,052
Brejo do Cruz	0,094	0,095	0,121	0,108	0,071	0,130	0,108	0,096	0,087
Brejo dos Santos	0,097	0,106	0,054	0,118	0,130	0,155	0,139	0,085	0,076
Catolé do Rocha	0,095	0,094	0,224	0,204	0,049	0,130	0,068	0,095	0,103
Jericó	0,093	0,101	0,087	0,068	0,054	0,045	0,076	0,089	0,093
Lagoa	0,097	0,104	0,039	0,065	0,061	0,043	0,077	0,086	0,087
Mato Grosso	0,091	0,133	0,007	0,031	0,085	0,074	0,063	0,095	0,106
Riacho dos Cavalos	0,062	0,017	0,134	0,064	0,067	0,062	0,111	0,089	0,106
São Bento	0,097	0,079	0,204	0,114	0,051	0,158	0,078	0,092	0,106
São José do Brejo do Cruz	0,091	0,047	0,031	0,050	0,068	0,077	0,122	0,096	0,098

Fonte: Autor, 2023.

4.3. Determinação dos Pesos

Conforme descrito anteriormente, para a definição dos pesos de cada critério a ser analisado através do método de análise multicritério – TOPSIS, foi conduzida mediante a aplicação de um questionário que obteve 10 respostas. Os participantes que contribuiriam com suas respostas atuam em áreas que estão ligadas ao

saneamento básico. Do total, dois dos entrevistados atuam como técnicos em saneamento vinculados à CAGEPA, cinco são professores da UFCG que trabalham com disciplinas de saneamento, um é engenheiro atuante na Companhia Riograndense de Saneamento (CORSAN), outro é técnico em engenharia que trabalha na Companhia Pernambucana de Saneamento (Compesa) e o último é o diretor do departamento de saneamento do município de Itapoá-SC. Os valores atribuídos por esses profissionais aos critérios desse estudo estão apresentados na Tabela 5.

Tabela 5 Distribuição do grau de importância obtido pelo questionário.

Critérios	Grau de importância			
	1	2	3	4
C1			1	9
C2		1	1	8
C3		1	4	5
C4	2	1	1	6
C5		1	2	7
C6			2	8
C7			3	7
C8		2	1	7
C9			2	8

Fonte: Autor, 2023.

Observando os dados apresentados na Tabela 5, é notável que o critério C1, que corresponde ao índice de atendimento urbano de água, recebeu uma atribuição significativa de importância, com 9 dos 10 respondentes conferindo o grau 4 a esse critério, isso demonstra uma clara convergência de opiniões quanto à relevância do critério C1. Em relação ao critério C2, referente ao índice de micromedição relativo ao volume disponibilizado, onde 8 dos 10 participantes atribuíram o valor máximo, enquanto 1 entrevistado atribuiu o grau 2 e outro o grau 3. Essa distribuição destaca uma tendência geral de considerável peso para o critério C2, apesar de algumas variações.

Já o critério C3, o referente ao índice de bruto de perdas lineares, revela uma diversidade de opiniões, com 5 entrevistados conferindo o grau de importância máximo, 4 atribuindo o grau 2 e 1 dando o grau 1. Essa distribuição mais equitativa sugere uma perspectiva menos unânime sobre a importância do C3 em comparação com outros critérios. Já o critério C4, o qual refere-se ao índice de despesas com

energia elétrica nas despesas de exportação, apresentou uma grande variação no grau atribuído.

Os critérios C5, C6, C7, C8 e C9 apresentam uma variedade de atribuições de importância, com alguns respondentes indicando o grau máximo e outros optando por graus inferiores. Essa diversidade de avaliações destaca a complexidade e subjetividade inerentes à percepção dos participantes em relação a esses critérios específicos. Mas podemos notar que apesar das oscilações do grau de importância notado em alguns critérios, vemos que critérios selecionados para o presente estudo se apresentaram com certo grau de pertinência para a caracterização dos serviços de saneamento básico.

Para a aplicação dos pesos no método TOPSIS, também se deve fazer a parametrização desses valores, como já foi apresentado anteriormente, na Tabela 6, estão expostos o valor da média dos pesos de cada critério e os seus respectivos valores parametrizados.

Tabela 6 Valores dos pesos

Critério	Média do valor atribuído	Valor parametrizado
C1	3,9	0,120
C2	3,7	0,114
C3	3,4	0,105
C4	3,1	0,095
C5	3,6	0,111
C6	3,8	0,117
C7	3,7	0,114
C8	3,5	0,108
C9	3,8	0,117

Fonte: Autor, 2023.

4.4. Ideal e Anti-ideal

Com os valores dos critérios e pesos já parametrizados podemos então obter os valores ideais e anti-ideais para cada um dos critérios analisados, esses valores, como dispostos na Tabela 7, referem-se apenas aos limites superior e inferior dos valores do conjunto de dados, portanto, não refletem o que poderia ser considerado como o ideal ou não ideal para o sistema em questão, como o atendimento de toda a população do município pela rede de coleta de esgoto, que seria o ideal ou então a deficiência ou falta de abastecimento adequado que seria o anti-ideal.

Tabela 7 Identificação do Ideal e do Anti-ideal para os sistemas de Saneamento.

Critérios	Municípios ¹											Ideal	Anti-ideal
	BBC	BS	BC	BDS	CR	JR	LA	MG	RDC	SB	SJBC		
C1	0,085	0,097	0,094	0,097	0,095	0,092	0,096	0,09	0,062	0,097	0,09	0,097	0,062
C2	0,09	0,132	0,095	0,106	0,094	0,100	0,104	0,133	0,016	0,078	0,047	0,133	0,016
C3	0,056	0,043	0,121	0,054	0,223	0,086	0,038	0,007	0,133	0,204	0,030	0,223	0,007
C4	0,116	0,061	0,107	0,118	0,204	0,068	0,064	0,03	0,064	0,114	0,050	0,204	0,030
C5	0,08	0,284	0,071	0,129	0,049	0,053	0,061	0,085	0,067	0,051	0,067	0,284	0,049
C6	0,056	0,068	0,129	0,155	0,13	0,044	0,043	0,073	0,062	0,157	0,077	0,157	0,043
C7	0,068	0,089	0,108	0,139	0,068	0,076	0,076	0,063	0,11	0,078	0,122	0,139	0,063
C8	0,088	0,089	0,095	0,085	0,095	0,088	0,086	0,094	0,088	0,092	0,095	0,095	0,085
C9	0,085	0,051	0,087	0,075	0,103	0,093	0,086	0,106	0,106	0,106	0,097	0,106	0,051

(1) – As abreviaturas BBC, BS, BC, BDS, CR, JR, LA, MG, RDC, SB e SJBC referem-se respectivamente aos municípios de Belém do Brejo do Cruz, Bom Sucesso, Brejo dos Santos, Catolé do Rocha, Jericó, Lagoa, Mato Grosso, Riacho dos Cavalos, São Bento e São José do Brejo do Cruz.
 Fonte: Autor, 2023.

Ao se avaliar os resultados expressos na Tabela 7, observa-se que Catolé do Rocha foi o município que mais apresentou critérios na categoria ideal, 3 entre os 9 analisados na pesquisa, sendo eles o de índice bruto de perdas lineares (C3), o índice de despesas com energia elétrica (C4) e o índice de coleta de resíduos sólidos urbanos (C8), seguido de Bom Sucesso e São Bento cada um com dois critérios nessa categoria, para Bom Sucesso foram o índice de atendimento urbano de água (C1) e o índice de índice de conformidade da qualidade de amostras – Turbidez (C5) e São Bento ficou com o índice de conformidade da qualidade de amostras – Coliforme Totais (C6) e o índice de coleta de esgoto (C9). Por último temos o município de Brejo dos Santos e de Mato Grosso que apresentaram 1 entre os 9 critérios como ideal dentro da pesquisa, que foi o índice de conformidade da quantidade de amostras – Cloro (C7) e o índice de micromedição relativo ao volume disponibilizado (C2), respectivamente.

Já para o critério anti-ideal, destaca-se o município de Mato Grosso que apresentou a maior quantidade de critérios, 3 de 9 dos critérios considerados, sendo eles o índice bruto de perdas lineares (C3), o índice de despesas com energia elétrica (C4) e o índice de conformidade da quantidade de amostras – Cloro (C7), em seguida

de Riacho dos Cavalos com 2 dos 9 critérios, o índice de atendimento urbano de água (C1) e Índice de micromedição relativo ao volume disponibilizado (C2), seguido de Catolé do Rocha, Lagoa, Brejo dos Santos e Bom Sucesso, cada um apresentamos 1 dos 9 como anti-ideal, os quais são respectivamente o índice de conformidade da qualidade de amostras – Turbidez (C5), o índice de conformidade da qualidade de amostras – Coliforme Totais (C6), índice de coleta de resíduos sólidos urbanos (C8) e índice de coleta de esgoto (C9).

A Tabela 8 mostra como ficou a distribuição da quantidade de critérios dentro da categoria de Ideal e Anti-ideal que cada município apresentou, podemos notar que os municípios de Belém do Brejo do Cruz, Brejo do Cruz, Jericó e São José do Brejo do Cruz não apresentam nem um critério dentro dessas categorias.

Tabela 8 Quantidade de critérios Ideal e Anti-ideal de cada município.

Município	Critérios na categoria Ideal	Critérios na categoria Anti-ideal
Belém do Brejo do Cruz	0	0
Bom Sucesso	2	1
Brejo do Cruz	0	0
Brejo dos Santos	1	1
Católé do Rocha	3	1
Jericó	0	0
Lagoa	0	1
Mato Grosso	1	3
Riacho dos Cavalos	0	2
São Bento	2	0
São José do Brejo do Cruz	0	0

Fonte: Autor, 2023.

4.5. Hierarquização dos sistemas de saneamento

Após a determinação dos valores ideal e anti-ideal para os critérios selecionados, pode-se então aplicar a última parte do método TOPSIS, que se trata do cálculo dos valores de d^M e d^m , que correspondem respectivamente a distância entre os valores apresentados por cada município em relação ao valor ideal e anti-ideal, os quais são utilizados para o cálculo de D_p (taxa de similaridade).

Tabela 9 Valores dos parâmetros do TOPSIS

Município	d^M	d^m	D_p
Belém do Brejo do Cruz	3,3537	1,4265	0,2984
Bom Sucesso	2,6886	3,0154	0,5286
Brejo do Cruz	2,8342	2,1081	0,4265
Brejo dos Santos	2,6398	2,3466	0,4706
Catolé do Rocha	2,7795	3,1980	0,5350
Jericó	3,5615	1,4596	0,2907
Lagoa	3,7540	1,2629	0,2517
Mato Grosso	3,8001	1,6062	0,2971
Riacho dos Cavalos	3,4254	1,6249	0,3217
São Bento	2,8813	2,7924	0,4922
São José do Brejo do Cruz	3,7255	1,1366	0,2338

Fonte: Autor, 2023.

Como os valores da taxa de similaridade, apresentados na Tabela 9, pode-se então fazer a hierarquização das cidades de acordo com os critérios estabelecidos pelo presente estudo. A classificação de modo geral está apresentada na Tabela 10.

Tabela 10 Classificação dos municípios

Município	Classificação
Catolé do Rocha	1
Bom Sucesso	2
São Bento	3
Brejo dos Santos	4
Brejo do Cruz	5
Riacho dos Cavalos	6
Belém do Brejo do Cruz	7
Mato Grosso	8
Jericó	9
Lagoa	10
São José do Brejo do Cruz	11

Fonte: Autor, 2023.

Como pode ser observado na Tabela 10, o município que apresentou o melhor sistema de saneamento básico, segundo a análise multicritério, foi o de Catolé do Rocha, o qual apresentou a maior taxa de similaridade dentre os demais, ele apresentou 3 dos 9 critérios selecionados na categoria ideal, e apenas 1 na categoria anti-ideal.

Em segundo está o município de Bom Sucesso, que como foi demonstrado apresentou 2 critérios na categoria ideal e apenas 1 como anti-ideal. O terceiro lugar ficou com São Bento o qual apresentou 2 critérios na categoria ideal, mas também não apresentou critérios na categoria anti-ideal.

Em último lugar ficou o município de São José do Brejo do Cruz, ele não apresentou nem um critério na categoria ideal e nem tão menos na anti-ideal, como Lagoa, que apresentou apenas uma nessa categoria, mas mesmo assim não ficou em último lugar, isso foi devido aos valores muito baixo dos critérios C2, C3 e C4.

Podemos destacar o município de Riacho dos Cavalos que apesar de apresentar 2 critérios na categoria anti-ideal, ficou em 6 lugar na classificação geral, isso devido a valores elevados nos critérios C3 e C7.

5. CONCLUSÕES

A partir da avaliação comparativa pode-se observar que dentre os 11 municípios que compõem a microrregião, os municípios que apresentaram os melhores sistemas de saneamento básico, foram os mesmos que apresentaram os maiores valores do Produto Interno Bruto (PIB), isso se justifica a partir do fato que com o desenvolvimento do município, há um maior investimento em obras de infraestrutura nesse setor.

Um destaque ficou para o município de São José do Brejo do Cruz, que apesar de estar entre os maiores geradores de renda da microrregião, está em último na classificação, muito pelo fato de ser um município relativamente muito novo, só apresentando 29 anos de emancipação.

A escolha por essa microrregião justifica-se pelo fato de tanto a minha cidade natal, Brejo dos Santos, quanto a cidade que o campus está instalado, buscando assim a realização de uma análise do desempenho dos serviços de saneamento oferecidos há população.

Entretanto, deve-se atentar ao fato que o presente estudo não aponta qual o melhor ou pior sistema de saneamento básico, tanto de abastecimento de água ou coleta de esgotos, realizados pela CAGEPA, quanto à coleta e destinação final do resíduo sólido, que geralmente é realizado pelo Poder Público de cada Município, mas sim apresenta uma avaliação matemática dos dados obtidos pela pesquisa, disponibilizados pelo SNIS, não levando em consideração as particularidades de cada município.

O emprego da análise multicritério, especificamente o método TOPSIS, foi considerado positivo e relevante para o trabalho, já que possibilitou uma hierarquização dos sistemas de saneamento, de uma maneira relativamente fácil de ser aplicada e coerentes com as observações realizadas no desenvolvimento do trabalho.

O Brasil atravessa um período de transformações institucionais no setor de saneamento, com a aprovação da Lei nº 14.026 de 15 de julho de 2020, o Novo Marco Legal do Saneamento Básico. Essa legislação estabelece novas diretrizes e atualiza a política federal de saneamento básico do país. Para atender aos termos delineados na lei, como a regulação dos serviços, mecanismos de controle social e planejamento

de ações, o estímulo e suporte à pesquisa acadêmica desse tipo se tornam de suma importância, essas pesquisas permitem uma melhor compreensão do estado dos sistemas de saneamento municipais, contribuindo para uma alocação mais eficaz de recursos em todo o país.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BARLOW, M.; CLARKE, T. Ouro azul: como as grandes corporações estão se apoderando da água doce do nosso planeta. São Paulo: M. Books, 2003.

BARROS, E.F.S. Avaliação do saneamento ambiental em assentamentos de reforma agrária utilizando o método de análise hierárquica de processos. Dissertação (Mestrado em Engenharia do Meio Ambiente) - Escola de Engenharia Civil, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2013.

BARTRAM, J.; CAIRNCROSS, S. Hygiene, Sanitation and Water: Forgotten Foundations of Health. PLOS Medicine, 2010. Disponível em: <<https://journals.plos.org/plosmedicine/article?id=10.1371>>. Acesso em: 14/08/2023.

BASTOS, R. K. X. Abastecimento de água para consumo humano. 1. ed. Rio de Janeiro: Inter ciência, 2003.

BRASIL. Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007. Estabelece as diretrizes nacionais para o saneamento básico; cria o Comitê Interministerial de Saneamento Básico. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 8 janeiro 2007.

BRASIL. Lei nº 14.026, de 15 de julho de 2020. Atualiza o marco legal do saneamento básico. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 16 julho 2020.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento Regional. Secretaria Nacional de Saneamento – SNS. Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento: 3º Diagnóstico de Drenagem e Manejo das Águas Pluviais Urbanas – 2018. Brasília: SNS/MDR, 2019.

BRIOZO, R.A.; MUSETTI, M.A. Método multicritério de tomada de decisão: aplicação ao caso da localização espacial de uma Unidade de Pronto Atendimento – UPA 24 h. Universidade de São Paulo – USP. Gest. Prod., São Carlos, v. 22, n. 4, 2015. p. 805-819.

CANDIDO BAY, A. M.; SILVA, V. P. Percepção ambiental de moradores do bairro de liberdade de Parnamirim/Rn sobre a implantação do esgotamento sanitário. HOLOS, v. 3, 2011. p. 97-112.

CARVALHO, A. T. Avaliação Multicritérial dos Recursos Hídricos subterrâneos de João Pessoa Aplicando Método do Processo Analítico Hierárquico em um sistema de Informações Geográficas 2011. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental) – Centro de Tecnologia e Recursos Naturais, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande. 2011.

CASTRO, L. M. A. Proposição de metodologia para avaliação da sustentabilidade da implantação de empreendimentos de desenvolvimento urbano. 2007. Tese (Doutorado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos) – Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2007.

CASTRO, L.M.A.; BAPTISTA, M. B.; NETTO, O. M. C. Análise Multicritério para a Avaliação de Sistemas de Drenagem Urbana Proposição de Indicadores e de Sistemática de Estudo. RBRH – Revista Brasileira de Recursos Hídricos, v. 9, n.4, 2004. p. 05-19.

CLAUDINO, C. M. A. GOMES, B. A. OGATA, I. S. SENA, T. S. Análise multicritério para avaliar a qualidade de sistemas de abastecimento de água e esgotamento sanitário nos municípios do Curimataú Oriental Paraibano, Brasil. Revista DAE, São Paulo. v. 69, n. 233, 2021. p. 68-85.

CUNHA, M. J. B. Aplicação da metodologia ELECTRE I de apoio da decisão multicritério na priorização de transporte de mercadoria. ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, v. 23, 2003.

FERNANDES, T. S. Aplicação do Método ELECTRE TRI em Problemas de Tomada de Decisão Multicritério. 2006. Dissertação de Mestrado (Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Gestão do Conhecimento) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2006.

GOMES, A. Apoio Multicritério à Decisão. Notas de aula. Buenos Aires, Argentina. 1998.

GOMES, L. F. A. M. Teoria da decisão. Coleção Debates em Administração. São Paulo: Thomson, 2007.

GOMES, K. G. A. Um método multicritério para localização de unidades de celulares de intendência da FAB. 2009.150 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Departamento de Engenharia de Produção, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2009.

HARTMAN, D. H.; GOLTZ, M. N. Application of the analytic hierarchy process to select characterization and risk-based decision-making and management methods for hazardous waste sites. *Environmental Engineering and Policy*, 2002.

HELLER, P. G. B. Avaliação dos serviços de saneamento de quatro municípios da bacia hidrográfica do Rio das Velhas - MG. Uma abordagem da dimensão tecnológica. 2007. 139 f. Dissertação (Pós-Graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos) - Escola de Engenharia da UFMG, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2007.

HEMPE, C.; NOGUEIRA, J.O.C. A Educação Ambiental e os Resíduos Sólidos Urbanos. *Revista Eletrônica em Gestão, Universidade Federal de Santa Maria - UFSM. Panambi, Rio Grande do Sul*, 2012.

HWANG, C. L.; YOON, K. Multiple Attribute Decision Making: Methods and Applications A State-of-the-Art. 1 ed. Springer Berlin, Heidelberg, 1981.

IBGE. Censo Demográfico 2022. Características da população e domicílios. IBGE: Rio de Janeiro, 2022.

KEENER, J. P. The Perron–Frobenius theorem and the ranking of football teams. Society for Industrial & Applied Mathematics - SIAM, v. 35, n. 1, 1993. P. 80-93.

KLOETZEL, K. A água como alimento. Revista de Saúde Pública, São Paulo, v. 32, n. 6, 1998. P. 609-616.

LEE, A. H. I.; CHEN, W.; CHANG, C. A fuzzy AHP and BSC approach for evaluating performance of IT department in the manufacturing industry in Taiwan. Expert Systems With Applications. v. 4. Elsevier, 2008. p. 96-107.

LIMA, M. C. A engenharia da produção acadêmica. São Paulo: Editora Saraiva, 2004.

LIMA, R. S.; OLIVEIRA, D. C.; SANTOS, A. B. Gerenciamento de águas pluviais: importância e desafios para o saneamento básico. Revista Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, Rio de Janeiro: Rio de Janeiro, 2021.

LIMA, R. S.; OLIVEIRA, D. C.; SANTOS, A. B. Gestão de resíduos sólidos: desafios e perspectivas para a saúde pública e o meio ambiente. Revista Brasileira de Saúde Pública, São Paulo: São Paulo, 2017. pg. 356-369.

MARCHEZETTI, A. L.; KAVISKI, E.; BRAGA, M. C. B. Aplicação do método AHP para a hierarquização das alternativas de tratamento de resíduos sólidos domiciliares. Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 11, n. 2, p. 173-187, 2011.

MELO, F. L. N. B.; SILVA, M. P.; SILVA, R. R.; ARIES, R. F. F. Apoio ao processo de avaliação do serviço de abastecimento de água no Rio Grande do Norte: uma abordagem multicritério. Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, v.23, n.4, 2018.

MELO, K. R. T.; SOUZA, S. C. Ética e gestão ambiental: análise do processo de implantação do projeto de esgotos sanitários da comunidade de Pium e das praias de Cotovelo e Pirangi do Norte, no município de Parnamirim –RN. 2º Congresso de

Pesquisa e Inovação da Rede Norte Nordeste de Educação Tecnológica. João Pessoa: Paraíba, 2007.

MELO, V. S.; LIMA, L. M. Caracterização da Chuva da Microrregião de Catolé do Rocha no Estado da Paraíba Baseada em Estatística Aplicada. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v. 36, n.1, p.97-106, 2021.

MOURA, P. M. Contribuição para a avaliação global de sistemas de drenagem urbana. 2004. 164 f. Dissertação (Mestrado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos) – Escola de Engenharia da UFMG, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2004.

NATIONAL ACADEMIES OF SCIENCES, ENGINEERING, AND MEDICINE. Using Graywater and Stormwater to Enhance Local Water Supplies: An Assessment of Risks, Costs, and Benefits. Washington, DC: The National Academies Press, 2016.

OKEOLA, O.; SULE, B. Evaluation of management alternatives for urban water supply system using Multicriteria Decision Analysis. *Journal of King Saud University - Engineering Sciences*. Nigeria, 2012.

OLIVEIRA, A. B., SANTOS, F. B., & MENDES, J. P. Importância do abastecimento de água potável para a saúde humana. *Revista Brasileira de Pesquisa em Saúde*, 2018. p. 132-144.

POMEROL, J. C.; BARBA-ROMERO, S. Multicriterion decision in management: principles and practice. Kluwer Editora Acadêmica. Alphen aan den Rijn, Holanda. 2000.

SAATY, T. L. Decision making with the analytic hierarchy process. *International journal of services sciences*, v. 1, n. 1, p. 83-98, 2008.

SCHALCH, V. LEITE, W. C. A. JUNIOR, J. L. F. CASTRO, M. A. A. Gestão e Gerenciamento de Resíduos Sólidos. Escola de Engenharia de São Carlos – Universidade de São Paulo, São Carlos: São Paulo, 2002.

SCHMOLDT, D.; KANGAS, J.; MENDOZA, G.; PESONEN, M. The analytic hierarchy process in natural resource and environmental decision making. Managing Forest Ecosystems. Dordrecht, Netherlands: Springer Science+Business Media, 2001.

SILVA, M. C. O. Abordagem multicritério para análise de sistemas de abastecimento de água e esgotamento sanitário com auxílio de dados espaciais de alta resolução. 2021. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2021.

SOARES, S. R. A.; BERNARDES, R. S; CORDEIRO NETTO, O. M. Elementos para formulação de um modelo de planejamento em saneamento. Caderno de Saúde Pública, Rio de Janeiro, 2002.

SOUZA, M. L.; PEREIRA, R. R.; SILVA, J. A. Tratamento de esgoto e seus impactos na saúde pública e no meio ambiente. Revista de Engenharia Ambiental, pg. 255-267. 2019.

TUCCI, C.E.M. Gerenciamento da Drenagem Urbana. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, v. 7, n.1, p. 05-27, 2002.

TUCCI, C.E.M.; BERTONI, J.C. Inundações Urbanas na América do Sul. 1 ed. Porto Alegre: Associação Brasileira de Recursos Hídricos - ABRH, 2003.

VARGAS, L. G. An overview of the Analytic Hierarchy Process and its applications. European Journal of Operational Research, p. 2-8, 1990.

VINCKE, P. Recent progresses in Multicriteria Decision-Aid. Rivista di Matematica per le Scienze Economiche e Sociali 17, p. 21–32, 1994.

ROY, B. Méthodologie multicritère d'aide à la décision. Politiques et management public, vol. 4, n° 3, p. 138-140, 1986.

.

WORLD BANK. Relatório do Banco Mundial: What a Waste 2.0: Um Instantâneo Global da Gestão de Resíduos Sólidos até 2050. International Bank for Reconstruction and Development. Washington, DC, 2018.

ANEXOS

Anexo 1 - Tabelas com os dados utilizados no trabalho.

Dados do Município de Brejo dos Santos

Ano	Critérios								
	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9
2021	100	48,39	14,13	14,72	100	100	100	90,61	86,79
2020	100	75,41	5,57	16,38	100	100	100		
2019	100	68,68	8,45	9,96	106,41	106,41	106,41		
2018	100	59,21	11,18	16,87	108,33	260	100,69		
2017	97,1	47,37	11,17	12,7	108,33	260	100,69	82,85	61,95
2016	99,9	40,8	2,35	10,73	106,25	160	52,78	83,14	62,16
2015	100	60,04	6,18	14,26	125	208,33	86,81		
2014	100	61,01	4,92	11,16	46,53	101,67	38,89	100	74,77
2013	100	59,71	1,36	9,65	98,61	98,33	35,42		
2012	100	62,56	16,03	20,67	218,75	315	95,83		
2011	100	54,9	20,74	22,64	180,56	320	99,31		
2010	100	57,7	19,33	23,76	190,97	373,33	200		
2009	100		15,92	31,89	194,44	235	72,22		
2008	100	49,84	23,94	18,03	166,67	245	79,17		
2007	100	32,9	49,45	33,04	755,95	52,38	111,81		
2006	100	45,78	29,03	26,49	579,05	25,48	41,67		
2005	100	41,15	9		305,48	20,95	29,86		
2004	100	54,76	18,36		9,01	0,5	8,75		

Fonte: SNIS, 2023.

Dados do Município de Belém do Brejo do Cruz

Ano	Critérios								
	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9
2021	65,7	59,1	10,45	11,32	63,57	63,57	63,57	100	73,64
2020	78,8	48,39	15,07	13,56	147,62	40,48	40,48	100	73,64
2019	75,3	48,83	18,91	12,71	141,07	32,14	67,86	100	73,64
2018	74,2	43,97	20,15	18,46	53,03	85	37,12	100	73,63
2017	69,3	59,56	2,63	18,02	53,03	85	37,12	99,83	99,82
2016	81	53,08	12,48	17,01	47,35	104,17	45,83	100	100
2015	95,2	48,65	20,66	24,56	55,68	73,33	33,33	100	100
2014	86,7	38,59	21,66	13,27	208,71	60	27,27	100	95,81
2013	84,2	38,22	12,88	11,68	251,52	61,67	27,27	27,94	41,15
2012	87,2	33,41	18,87	26,57	173,86	71,67	32,58	100	73,6
2011	91,7	33,14	25,17	16,8	170,08	67,5	30,68		
2010	93,4	37,64	19,85	17,48	184,09	87,5	35,98		
2009	100		22,29	24,99	259,85	85,83	36,74		

2008	100	36,11	21,8	8,94	138,26	140	46,59
2007	100	40,32	17,5	30,24	38,87	3,24	53,79
2006	100	53,25	4,97	23,54	37,55	2,36	58,22
2005	100	44,01	-0,05		18,63	2,61	32,88
2004	100	69,38	10,91		117,5	21,67	6,67

Fonte: SNIS, 2023.

Dados do Município de Bom Sucesso

Ano	Critérios								
	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9
2021	100	51,08	18,01	16,41	75	75	75	75,38	50,64
2020	100	71,22	10,88	5,51	329,71	53,62	53,62	75,08	50,44
2019	100	90,63	2,48	4,68	686,67	37,5	62,5	74,78	50,25
2018	100	90,79	1,81	7,62	466,67	105	49,17	99,35	50,06
2017	97,1	86,38	0,92	4,95	466,67	105	49,17	100	48,27
2016	99,9	98,37		1,47	86,67	173,33	60	100	50,11
2015	100	85,61	1,75	4,24	102,5	106,67	53,33	100	48,31
2014	100	93,72	1,09	3,44	84,17	46,67	23,33	100	48,28
2013	100	76,3	1,99	3,33	124,17	36,67	18,33	100	49,56
2012	100	68,95	13,7	7,75	758,33	200	50	100	48,3
2011	100	54,35	21,77	8,99	775,83	84,17	87,5		
2010	99,8	54,84	21,68	9,39	769,17	60,83	60,83	100	40,3
2009	100		25,01	15,37	655,83	63,33	57,5		
2008	100	41,11	27,27	11,45	560,83	57,5	57,5		
2007	99,7	38,46	28,01	25,56	860,48	27,62	85,83		
2006	100	43,97	13,41	22,36	274,29	8,81	27,5		
2005	100	29,56	0		158,81	7,62	15,83		
2004									

Fonte: SNIS, 2023.

Dados do Município de Brejo do Cruz

Ano	Critérios								
	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9
2021	100	56,71	25,11	15,14	70,59	70,59	70,59	99,76	83,99
2020	100	48,84	31,59	10,31	52,98	52,98	52,98	100	84,47
2019	96	46,02	39,72	7,63	81,25	81,25	18,75	100	77,96
2018	93	49,27	31,14	12,89	105,68	232,5	101,52		
2017	89,2	53,18	23,26	10,36	105,68	232,5	101,52		
2016	89,4	51,74	22,39	11,32	128,03	233,33	87,88		
2015	96,3	54,04	18,73	15,96	107,58	187,5	85,23		
2014	96,3	52,35	20,3	8,46	142,42	174,17	68,56		
2013	90,2	50,14	17,85	10,58	154,55	180,83	69,32		
2012	97	49,37	30,01	14,28	193,18	222,5	80,68		
2011	97,8	47,65	40,95	13,5	225,38	241,67	93,56		

2010	96,8	41,97	51,56	15,38	170,45	255	100
2009	100		44,39	24,65	145,83	172,5	54,92
2008	100	47,28	41,45	17,18	138,26	140	46,59
2007	100	38,54	56,44	38,06	36,49	5,36	48,18
2006	100	35,53	55,91	40,96	26,35	3,76	28,53
2005	100	39,69	19,16		19,53	5,99	18,59
2004	100	60,46	26,58		12,27	0,92	11,86

Fonte: SNIS, 2023.

Dados do Município de Catolé do Rocha

Ano	Critérios								
	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9
2021	100	58,15	38,65	14,51	67,59	67,59	67,59	100	98,96
2020	100	46,6	49,2	20,98	37,78	37,78	37,78	100	98,21
2019	100	38,02	84,58	12,25	42,22	42,22	57,78	98,55	98,65
2018	97,9	43,16	71,32	23,74	55,75	234,17	51,19	99,21	99,31
2017	93,5	51,64	46,02	23,58	55,75	234,17	51,19	99,43	99,43
2016	92,3	42,21	62,46	25,36	75,6	292,5	58,53	100	100
2015	100	49,24	45,62	30,94	62,1	160	38,1	100	92,78
2014	98,9	45,64	42,67	20,26	90,08	176,67	36,11	100	91,7
2013	96,4	47,2	37,91	26,92	92,86	167,5	31,15	100	90,62
2012	95	44,31	57,8	32,5	119,05	227,5	44,64	100	100
2011	93,4	50,03	73,71	36,35	119,05	236,67	47,82		
2010	92,1	54,88	56,54	37,36	121,03	277,5	66,27		
2009	95,1		69,08	51,35	113,1	151,67	25	100	100
2008	100	48,42	77,36	37,68	113,1	152,5	27,98		
2007	100	43,66	94,85	55,55	67,79	6,54	32,85		
2006	100	46,98	81,6	56,34	53,51	33,31	17,98		
2005	100	44,47	47,01		25,52	5,05	14,23		
2004	99,8	60,26	65,84		13,29	0,95	7,97		

Fonte: SNIS, 2023.

Dados do Município de Jericó

Ano	Critérios								
	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9
2021	97,4	59,92	21,85	15,3	72,41	72,41	72,41		
2020	93,1	52,01	25,21	4,99	44,44	44,44	44,44		
2019	84,5	54,45	22,81	3,56	72,22	72,22	27,78	100	
2018	79	57,22	21,82	6,67	40,97	49,17	40,97	100	
2017	69,2	36,77	11,53	4,64	40,97	49,17	40,97	100	100
2016	99,9	37,08	3,53	1,63	54,86	37,5	31,25	100	100
2015	85,3	69,14	4,31	4,33	27,08	32,5	27,08	100	85,72
2014	100	50,82	22,24	4,04	61,81	35,83	29,86	100	65,41
2013	100	50,46	24,56	5,55	114,58	30,83	27,08	41,46	

2012	100	54,74	27,19	6,61	149,31	56,67	47,22	100
2011	100	51,87	20,56	8,65	149,31	55,83	46,53	
2010	100	51,52	24,12	9,5	138,89	64,17	53,47	
2009	100		24,28	16,05	201,39	123,33	76,39	
2008	100	58,57	20,76	17,22	166,67	126,67	72,22	
2007	100	47,65	38,34	32,23	36,8	4,6	46,21	
2006	100	47,79	33,49	27,73	38,39	3,51	54,79	
2005	100	48,81	10,34		27,21	3,02	42,47	
2004	100	42,57	69,8		8,87	1,06	17,08	

Fonte: SNIS, 2023.

Dados do Município de Lagoa

Ano	Critérios								
	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9
2021	100	58,04	14,92	15,24	76,47	76,47	76,47	96,32	
2020	100	50,21	16,76	8,32	57,5	57,5	57,5	100	100
2019	100	48,9	15,59	3,05	83,33	83,33	16,67		
2018	100	60,29	7,93	5,82	56,67	56,67	56,67		
2017	99,6	54,37	7,74	2,39	56,67	56,67	56,67		
2016	85,6	41,72	6,58	1,2	80	54,17	54,17		
2015	100	68,94	3,31	7,32	80,83	30,83	30,83		
2014	100	60,86	1,51	4,72	66,67	31,67	31,67		
2013	99,9	72,47	0,66	9,55	50	15	15	64,71	
2012	100	77,24	1,68		151,67	50	50	100	63,43
2011	100	55,1	2,17	9,66	150	46,67	46,67		
2010	100	55,54	8,37	9,89	166,67	61,67	66,67		
2009	100		-2,16	16,48	195,83	77,5	57,5		
2008	100	44,71	5,89	13,02	195,83	76,67	50,83		
2007	100	39,23	32,03	20,67	35,38	3,67	41,25		
2006	100	38,83	36,19	22,88	29,21	1,31	33,61		
2005	100	23,12	21,15		23,49	1,37	17,21		
2004									

Fonte: SNIS, 2023.

Dados do Município de Mato Grosso

Ano	Critérios								
	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9
2021	100	49,08	14,04	19,11	69,41	69,41	69,41		
2020	100	74,86	6,02	1,75	130,83	55,83	55,83		
2019	97,7	74,21	5,78	1,55	310,83	61,67	32,5		
2018	92,1	81,59	3,12	3,48	218,33	35,83	35,83		
2017	85,3	62,75	2,02	1,36	218,33	35,83	35,83		
2016	57,7	21,73	1,3	0,54	0	0	0		
2015	62,6	61,74	4,15	1,55	24,17	24,17	24,17	100	

2014	96,6	83,54	0,52	0,93	43,33	17,5	17,5	100	100
2013	100	74,46	2,23	2,02	70	19,17	19,17	95,69	100
2012	100	81,83	3,65	3,33	79,17	78,33	79,17	100	
2011	97,4	70,75	0	4,61	38,33	28,33	25		
2010	97,5	68,72	5,22	3,41	0	0	0		
2009	98,2		-19,38	7,37					
2008	100	78,58	0,91	4,56	60	655	60		
2007	100	66,31	0,65	9,95					
2006	100	69,12	4,07	10,23	0	0	0		
2005	100	62,22	-0,09		650	100	100		
2004									

Fonte: SNIS, 2023.

Dados do Município de Riacho dos Cavalos

Ano	Critérios								
	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9
2021	0		0	0	75	75	75	100	
2020	0		0	7,89	42,5	42,5	42,5		
2019	0		0	3,35	0	0	0	100	
2018	0		0	5	0	0	0	100	
2017	0		0	1,71	0	0	0	99,81	
2016	99,8	0	2,62	0,96	37,5	37,5	37,5	100	100
2015			0	3,36				100	
2014				14,71				100	
2013	100	13,96	25,52	8,48	200	139,17	108,33	36,4	
2012	87,3	19,75	44,82	8,79	225	137,5	103,33	100	
2011	85,6	8,02	85,41	10,69	204,17	159,17	131,67		
2010	86,2	8,43	53,98	12,74	233,33	155	142,5		
2009	97,9		61,25	21,04	195,83	114,17	80		
2008	100	6,86	103,43	15,33	259,17	121,67	91,67		
2007	100	7,26	104,24	25,12	0,95	6,11	57,5		
2006	100	7,49	27,88	19,48	20,99	2,7	54,92		
2005	100	4,17	76,49		18,85	4,17	43,44		
2004									

Fonte: SNIS, 2023.

Dados do Município de São Bento

Ano	Critérios								
	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9
2021	100	55,97	50,69	17,38	85,82	85,82	85,82	88,97	100
2020	100	49,35	57,52	7,39	13,33	13,33	13,33	89,77	100
2019	100	43	81,49	7,01	85,36	85,36	14,64		100
2018	100	45,06	77,43	11,43	58,71	258,33	52,65		100
2017	100	49,09	61,84	9,89	58,71	258,33	52,65		

2016	100	38,65	100,34	10,94	87,5	300,83	60,98	100	100
2015	100	47,86	41,11	15,64	79,55	297,5	54,36	100	100
2014	100	37,24	41,2	9,07	98,48	265,83	59,66	100	100
2013	100	36,46	39,23	8,65	104,17	230,83	52,65	98,2	100
2012	100	35,77	42,12	17,71	107,58	255,83	56,25	100	169,52
2011	100	35	55,45	14,64	113,64	275,83	61,74		
2010	100	38,88	43,72	19,24	113,64	280	75		
2009	100		46,11	30,91	107,01	166,67	34,66		
2008	100	32,43	58,76	14,23	112,69	155	36,36		
2007	100	30,7	66,22	40,95	46,73	25,7	52,78		
2006	100	29,14	60,55	47,38	38,11	28,69	28,3		
2005	97,6	28,41	41,44		33,38	24,01	20,19		
2004	100	47,27	40,46		33,54	25,2	10		

Fonte: SNIS, 2023.

Dados do Município de São José do Brejo do Cruz

Ano	Critérios								
	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9
2021	100	57,19	12,27	14,96	100	100	100	100	100
2020	100	57,62	9,56	9,37	100	100	100	100	100
2019	100	65,17	7,45	6,92	100	100	0	100	100
2018	100	36,09	1,43	7,07	71,67	71,67	71,67	100	100
2017	100	0	0,3	3,3	71,67	71,67	71,67	100	100
2016	99,8	0	2,38	7,03	0	0	0	100	100
2015	100	0	2,32	10,82	268,33	100	100	100	100
2014	99,5	0	17,19	0	100	100	100	100	62
2013	40,1	0	22,84	10,24	100	100	100	100	64,14
2012								100	
2011								100	
2010									
2009									
2008									
2007									
2006									
2005									
2004									

Fonte: SNIS, 2023.

Anexo 2 – Questionário aplicado aos profissionais

14/11/2023, 12:17

Avaliação de Critérios (Questionário)

Avaliação de Critérios (Questionário)

A

presente consulta é parte integrante do trabalho de conclusão de curso do discente Uigno Jefsson de Sousa Bispo, para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil, pela Universidade Federal de Campina Grande – UFCG, campus de Pombal, sob a orientação da Professora Dr. Érica Cristine Medeiros Machado.

A

pesquisa tem como objetivo avaliar os sistemas de saneamento básico dos municípios que compõem a micro região de Catolé do Rocha. Uma das etapas das pesquisas consiste em consultar a opinião de especialistas sobre a importância de algumas variáveis relacionada ao saneamento básico. A ponderação dessas variáveis será desenvolvida a partir da atribuição de pesos que representarão o grau de importância de cada uma. O questionário foi desenvolvido de modo que o pesquisador não gaste mais do que alguns minutos para respondê-lo. As respostas serão tratadas de forma agregada, sem identificação dos respondentes, entretanto o trabalho consignará o devido crédito aos participantes. Caso necessário segue o link com as descrições dos indicadores: [Descrição dos Indicadores](#).

Agradecemos

sua colaboração e ressaltamos a importância de sua participação para a continuidade dos trabalhos e enriquecimento da pesquisa.

* Indica uma pergunta obrigatória

1. Nome Completo *

2. Instituição que trabalha *

14/11/2023, 12:17

Avaliação de Critérios (Questionário)

3. Cargo *

4. 1 - Índice de atendimento urbano de água: *

Marcar apenas uma oval.

- Pouco importante.
- Importante.
- Muito importante.
- De fundamental importância.

5. 2 - Índice de micromedição relativo ao volume disponibilizado. *

Marcar apenas uma oval.

- Pouco importante.
- Importante.
- Muito importante.
- De fundamental importância.

6. 3 - Índice bruto de perdas lineares. *

Marcar apenas uma oval.

- Pouco importante.
- Importante.
- Muito importante.
- De fundamental importância.

14/11/2023, 12:17

Avaliação de Critérios (Questionário)

7. 4 - Índice de despesa com energia elétrica nas despesas de exploração. *

Marcar apenas uma oval.

- Pouco importante.
- Importante.
- Muito importante.
- De fundamental importância.

8. 5 - Índice de conformidade da quantidade de amostras - turbidez. *

Marcar apenas uma oval.

- Pouco importante.
- Importante.
- Muito importante.
- De fundamental importância.

9. 6 - Índice de conformidade da quantidade de amostras - coliformes totais. *

Marcar apenas uma oval.

- Pouco importante.
- Importante.
- Muito importante.
- De fundamental importância.

10. 7 - Índice de conformidade da quantidade de amostras - cloro residual. *

Marcar apenas uma oval.

- Pouco importante.
- Importante.
- Muito importante.
- De fundamental importância.

<https://docs.google.com/forms/d/150JM5TY1Gq2GSFgSxK4cAzQB4c56pdKajYn1z5gXEiedt>

35

14/11/2023, 12:17

Avaliação de Critérios (Questionário)

11. 8 - Índice de coleta de resíduos sólidos urbanos. *

Marcar apenas uma oval.

- Pouco importante.
- Importante.
- Muito importante.
- De fundamental importância.

12. 9 - Índice de coleta de esgoto *

Marcar apenas uma oval.

- Pouco importante.
- Importante.
- Muito importante.
- De fundamental importância.

13. Sugestões ou comentários

Este conteúdo não foi criado nem aprovado pelo Google.

Google Formulários