



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA  
CENTRO DE TECNOLOGIA  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL  
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

BRUNA LIMA AMORIM

**ANÁLISE MULTICRITÉRIO PARA A PRIORIZAÇÃO DE INVESTIMENTOS  
EM SISTEMAS DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO**

João Pessoa -PB,  
Junho de 2023.

BRUNA LIMA AMORIM

**ANÁLISE MULTICRITÉRIO PARA A PRIORIZAÇÃO DE INVESTIMENTOS  
EM SISTEMAS DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO**

Trabalho de conclusão de curso apresentado como pré-requisito para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil pela Universidade Federal da Paraíba.

Orientador: Prof. Dr. Leonardo Vieira Soares.

JOÃO PESSOA

2023

**Catálogo na publicação**  
**Seção de Catalogação e Classificação**

A524a Amorim, Bruna Lima.

Análise multicritério para a priorização de investimentos em sistemas de esgotamento sanitário / Bruna Lima Amorim. - João Pessoa, 2023.

91 f. : il.

Orientação: Leonardo Vieira Soares.

TCC (Graduação) - UFPB/CT.

1. Analytic Hierarchy Process. 2. ELECTRE II. 3. Análise Multicritério. 4. Saneamento Básico. 5. Esgotamento Sanitário. 6. Região Metropolitana de João Pessoa. I. Soares, Leonardo Vieira. II. Título.

UFPB/CT/BSCT

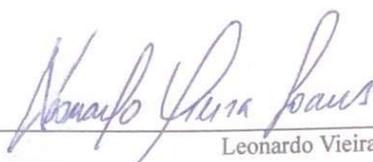
CDU 624(043.2)

**FOLHA DE APROVAÇÃO**

**BRUNA LIMA AMORIM**

**ANÁLISE MULTICRITÉRIO PARA A PRIORIZAÇÃO DE INVESTIMENTOS  
EM SISTEMAS DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO**

Trabalho de Conclusão de Curso em 13/06/2023 perante a seguinte Comissão Julgadora:



Leonardo Vieira Soares

Departamento de Engenharia Civil e Ambiental do CT/UFPB

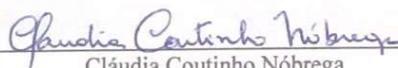
APROVADO



Ana Cláudia Fernandes Medeiros Braga

Universidade Federal da Paraíba

APROVADO



Cláudia Coutinho Nóbrega

Universidade Federal da Paraíba

APROVADO

Prof. Pablo Brilhante de Sousa

Matrícula Siape: 1483214

Coordenador do Curso de Graduação em Engenharia Civil

## AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, Odinaldo e Joana D'arc, agradeço por terem sempre se esforçado para proporcionar o melhor. Agradeço por toda dedicação, cuidado e apoio incondicional em todas as fases da minha vida.

Aos meus familiares, em especial minhas tias Jeovanda e Juliana, agradeço o suporte nos meus piores momentos.

Aos meus gatos, Boo, Mel, Will, Galego e Gatolino, agradeço a terapia diária que conviver com vocês.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Leonardo Vieira Soares, agradeço por ter aceitado me orientar e pela paciência e atenção durante toda a elaboração do trabalho.

Agradeço a todos os professores, colegas e amigos que marcaram a minha vida acadêmica.

Gostaria de agradecer aos membros da banca por terem aceitado participar e pela colaboração com o trabalho.

Por fim, a Felipe, agradeço por auxiliar na conclusão desta etapa da minha graduação e sempre apoiar os meus sonhos.

## RESUMO

O saneamento básico é um direito garantido pela Constituição Federal de 1988 e possui impacto direto em setores como saúde, educação e preservação ambiental. No Brasil, observa-se um grande déficit no acesso aos sistemas de esgotamento sanitário, visto que, em 2021, 44,2% da população não tinha acesso à rede de esgoto e apenas 51,2% dos esgotos eram devidamente tratados. Estudos sobre a universalização do saneamento básico indicam que o processo traria uma economia significativa nos gastos públicos em relação ao sistema de saúde. Embora não existam recursos para atender à execução de todos os projetos, é necessário realizar investimentos nesta área de maneira eficaz com o intuito de reduzir as desigualdades sociais. Este trabalho buscou, através da aplicação dos métodos Analytic Hierarchy Process (AHP) e ELECTRE II, desenvolver um modelo de análise multicritério para a priorização de investimentos em municípios com maior carência em sistemas de esgotamento sanitário. Os indicadores escolhidos para avaliar as alternativas foram divididos em duas categorias: Indicadores de saneamento e Indicadores socioeconômicos e de saúde. Esta divisão permitiu estabelecer critérios comparáveis entre si dentro de cada categoria. A metodologia consistiu na atribuição de pesos aos critérios, realizada através da consulta a três especialistas da área de saneamento da Universidade Federal da Paraíba. As respostas finais obtidas foram avaliadas através do teste de inconsistência e se mostraram dentro das condições indicadas, apresentando razões de consistência abaixo de 10%. Os resultados apresentaram a preferência dos especialistas pelos critérios: Índice de esgotamento sanitário adequado e Internações por diarreia a cada mil habitantes. Por outro lado, o Índice de atendimento total e o PIBM foram apresentados como os indicadores de menor relevância. Estabelecida a prioridade dos critérios, a aplicação do método AHP resultou na criação de uma tabela com o ranking dos municípios para prioridade no recebimento de investimentos. O método AHP indicou os municípios de Caaporã, Conde e Santa Rita como os mais necessitados, enquanto o método ELECTRE II proporcionou a comparação das alternativas avaliando os limites de inaceitabilidade e indicou os municípios de Caaporã, Conde e Pitimbu como os mais necessitados. As divergências nos resultados podem ser atribuídas à compensação proporcionada pelo método AHP, que permite que a avaliação de um critério seja compensada por outro critério.

**Palavras-chave:** Analytic Hierarchy Process; ELECTRE II; Análise Multicritério; Saneamento Básico; Esgotamento Sanitário; Região Metropolitana de João Pessoa.

## ABSTRACT

Basic sanitation is a right guaranteed by the Federal Constitution of 1988 and has a direct impact on sectors such as health, education, and environmental preservation. In Brazil, there is a significant deficit in access to sanitary sewage systems, as in 2021, 44.2% of the population did not have access to a sewage network and just 51,2% of the sewage was properly treated. Studies on the universalization of basic sanitation indicate that the process would bring significant savings in government spending related to the healthcare system. Although there are not enough resources to implement all projects, it is necessary to make investments in this area effectively in order to reduce social inequalities. This study aimed to develop a multicriteria analysis model for prioritizing investments in municipalities with the highest lack of sanitary sewage systems through the application of Analytic Hierarchy Process (AHP) and ELECTRE II methods. The indicators chosen to evaluate the alternatives were divided into two categories: Sanitation indicators and Socioeconomic and health indicators. This division allowed the establishment of comparable criteria within each category. The methodology consisted of assigning weights to criteria through consultations with three sanitation experts from the Federal University of Paraíba. The final responses obtained were evaluated using the inconsistency test and showed consistent results with consistency ratios below 10%. The results showed the experts' preferences for the criteria of Adequate Sanitary Sewage Index and Hospitalizations due to Diarrhea per thousand inhabitants. On the other hand, Total Service Coverage Index and Municipal Gross Domestic Product (GDP) were indicated as the least relevant indicators. After establishing the priority order of the criteria, the application of the AHP method resulted in the creation of a table with municipalities ranked by order of priority in receiving investments. The AHP method indicated the municipalities of Caaporã, Conde, and Santa Rita as the most in need, while the ELECTRE II method allowed the comparison of alternatives by evaluating the limits of unacceptability and indicated the municipalities of Caaporã, Conde and Pitimbu as the most in need. The discrepancies in the results can be attributed to the compensation provided by the AHP method, which allows the evaluation of one criterion to be compensated by another criterion.

**Keywords:** Analytic Hierarchy Process; ELECTRE II; Multicriteria Analysis; Basic sanitation; Sanitary Sewage; Metropolitan Region of João Pessoa.

## **LISTA DE FIGURAS**

Figura 1 - Aplicações de métodos de análise multicritério na área de recursos hídricos. ....	26
Figura 2 - Exemplo de comparação entre dois critérios. ....	36
Figura 3 - Exemplo de identificação do grau de importância do critério escolhido.....	37

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Escala de Saaty. ....	20
Tabela 2 - Índice Randômico Médio do AHP em função do tamanho da matriz. ....	21
Tabela 3 - Características gerais dos municípios que integram a Região Metropolitana de João Pessoa. ....	29
Tabela 4 - Indicadores de saneamento considerados no estudo.....	31
Tabela 5 - Indicadores socioeconômicos e de saúde considerados no estudo. ....	32
Tabela 6 – Exemplo de matriz de preferências.....	37
Tabela 7 - Matriz de preferências do especialista 1 em relação aos indicadores de saneamento. ....	41
Tabela 8 - Matriz de preferências do especialista 2 em relação aos indicadores de saneamento. ....	42
Tabela 9 - Matriz de preferências do especialista 3 em relação aos indicadores de saneamento. ....	43
Tabela 10 - Matriz normalizada e vetor peso do especialista 1 em relação aos indicadores de saneamento. ....	45
Tabela 11 - Matriz normalizada e vetor peso do especialista 2 em relação aos indicadores de saneamento. ....	46
Tabela 12 - Matriz normalizada e vetor peso do especialista 3 em relação aos indicadores de saneamento. ....	47
Tabela 13 - Teste de inconsistência para avaliar as respostas do especialista 1 em relação aos indicadores de saneamento. ....	48
Tabela 14 - Teste de inconsistência para avaliar as respostas do especialista 2 em relação aos indicadores de saneamento. ....	48
Tabela 15 - Teste de inconsistência para avaliar as respostas do especialista 3 em relação aos indicadores de saneamento. ....	49
Tabela 16 - Matriz de preferências do especialista 1 em relação aos indicadores socioeconômicos e de saúde.....	50
Tabela 17 - Matriz de preferências do especialista 2 em relação aos indicadores socioeconômicos e de saúde.....	50
Tabela 18 - Matriz de preferências do especialista 3 em relação aos indicadores socioeconômicos e de saúde.....	51

Tabela 19 - Matriz normalizada e vetor peso do especialista 1 em relação aos indicadores socioeconômicos e de saúde. ....	51
Tabela 20 - Matriz normalizada e vetor peso do especialista 2 em relação aos indicadores socioeconômicos e de saúde. ....	52
Tabela 21 - Matriz normalizada e vetor peso do especialista 3 em relação aos indicadores socioeconômicos e de saúde. ....	52
Tabela 22 - Teste de inconsistência para avaliar as respostas do especialista 1 em relação aos indicadores de socioeconômicos e de saúde. ....	53
Tabela 23 - Teste de inconsistência para avaliar as respostas do especialista 2 em relação aos indicadores de socioeconômicos e de saúde. ....	53
Tabela 24 - Teste de inconsistência para avaliar as respostas do especialista 3 em relação aos indicadores de socioeconômicos e de saúde. ....	53
Tabela 25 - Pesos das categorias de critérios. ....	54
Tabela 26 - Pesos finais dos critérios para cada especialista. ....	55
Tabela 27 - Pesos finais dos critérios. ....	56
Tabela 28 - Dados dos indicadores de saneamento normalizados. ....	57
Tabela 29 - Dados dos indicadores socioeconômicos e de saúde normalizados. ....	57
Tabela 30 - Performance dos municípios. ....	58
Tabela 31 - Notas finais e ranking dos municípios pelo método AHP. ....	58
Tabela 32 - Matriz de concordância. ....	59
Tabela 33 - Matriz de discordância. ....	59
Tabela 34 - Matriz de superação forte. ....	60
Tabela 35 - Matriz de superação fraca. ....	61
Tabela 36 - Ranking dos municípios, segundo o ELECTRE II. ....	61

## SUMÁRIO

1. Introdução.....	11
2. Objetivos.....	13
2.1. Objetivos Gerais .....	13
2.2. Objetivos Específicos .....	13
3. Referencial Teórico.....	14
3.1. Sistemas de esgotamento sanitário .....	14
3.2. Situação do esgotamento sanitário no Brasil .....	14
3.3. Consequências da falta de esgotamento sanitário.....	15
3.4. Tomada de decisão.....	16
3.5. Apoio Multicritério à Decisão (AMD) .....	18
3.6. Métodos de Análise Multicritério .....	19
3.6.1. <i>Analytic Hierarchy Process</i> (AHP).....	19
3.6.2. Métodos ELECTRE.....	22
3.6.3. Utilização dos métodos de análise multicritério.....	25
4. Materiais e métodos.....	28
4.1 Caracterização da área de estudo .....	28
4.2. Definição dos critérios .....	30
4.2.1. Indicadores de saneamento .....	30
4.2.2. Indicadores socioeconômicos e de saúde .....	32
4.3. Definição das alternativas.....	33
4.4. Escolha do método multicritério.....	33
4.4.1. Escolha do Método AHP .....	34
4.4.2. Escolha do Método ELECTRE II .....	35
4.5. Definição dos pesos dos critérios .....	35
4.5.1. Aplicação do método AHP na definição dos pesos dos critérios.....	36
4.6. Aplicação do método AHP.....	38

4.7. Aplicação do método ELECTRE II .....	39
5. Resultados e discussões .....	40
5.1. aplicação do método ahp para definição dos Pesos dos critérios .....	40
5.1.1. Pesos dos indicadores de saneamento.....	40
5.1.2. Pesos dos indicadores socioeconômicos e de saúde .....	49
5.1.3. Pesos de categorias .....	54
5.1.4. Pesos finais dos critérios.....	54
5.2. Aplicação do método AHP para ordenação das alternativas.....	57
5.3. Aplicação do método Electre II .....	59
6 Considerações finais .....	62
7 REFERÊNCIAS .....	63
APÊNDICE A – FORMULÁRIO .....	68

## 1. INTRODUÇÃO

O saneamento básico é composto pelo “conjunto de serviços públicos, infraestruturas e instalações operacionais de abastecimento de água, esgotamento sanitário, limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos e de drenagem e manejo das águas pluviais urbanas” (BRASIL, 2007, s.p.). Trata-se de um direito garantido pela Constituição Federal de 1988 e tem grande impacto na qualidade de vida da população em setores como saúde, trabalho, educação e preservação ambiental (TRATA BRASIL, 2023).

A coleta e o tratamento de esgotos são “[...] ações que representam a promoção de saúde pública e manutenção dos recursos naturais” (SNIS, 2022, p. 49). A falta de esgotamento sanitário ocasiona a proliferação de doenças parasitárias e infecciosas, além de causar a degradação de rios, lagos e mares (PLANSAB, 2019).

No Brasil, observa-se um grande déficit no acesso aos sistemas de esgotamento sanitário. Em 2021, apenas 55,8% da população tinha acesso à rede de esgoto, evidenciando que quase 100 milhões de brasileiros não tinham acesso ao sistema. Quanto ao tratamento, apenas 51,2% dos esgotos do país eram tratados, sendo constatado piores condições nas regiões Norte (20,6%) e Nordeste (35,5%) (SNIS, 2022).

Os estudos de Gomes (2020) abordam que a universalização do saneamento básico traria uma economia significativa nos gastos públicos em relação ao sistema de saúde.

Considerando o panorama apresentado, faz-se necessário investimentos no setor. No entanto, Karnib (2004 *apud* CAMPOS, 2011) destaca que não existem recursos para a execução de todos os projetos e que é necessário estabelecer uma priorização na alocação dos investimentos, no intuito de diminuir as desigualdades sociais.

O Apoio à Decisão Multicritério (AMD) constitui uma ferramenta importante para resolução do problema de priorização, fornecendo condições para consideração de aspectos ambientais, socioeconômicos e de saúde (CAMPOS, 2011).

O trabalho se justifica no desenvolvimento de uma metodologia para auxiliar as decisões de priorização de investimentos através da identificação dos métodos multicritério mais adequados e suas aplicações em uma área de estudo.

A análise conta com os indicadores do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS), cuja base de dados é utilizada de maneira decisória na seleção,

hierarquização e liberação de recursos financeiros pelo Ministério do Desenvolvimento Regional. Além disso, são utilizados indicadores socioeconômicos e de saúde do IBGE.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1. OBJETIVOS GERAIS**

Desenvolver um modelo de análise multicritério para priorização de municípios com maior necessidade de investimentos em sistemas de esgotamento sanitário.

### **2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Determinar os critérios (ou indicadores) para análise da situação atual do esgotamento sanitário na área de estudo;
- Avaliar a preferência dos indicadores pelos especialistas;
- Analisar de forma isolada e em conjunto a aplicação dos métodos multicritérios;
- Classificar os municípios que integram a Região Metropolitana de João Pessoa quanto à necessidade de investimentos em sistemas de esgotamento sanitário.

### 3. REFERENCIAL TEÓRICO

#### 3.1. SISTEMAS DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO

A Lei nº 11445/2007 atualizada pela Lei nº 14026/2020, que estabelece diretriz para o saneamento básico, define que o esgotamento sanitário é “constituído pelas atividades e pela disponibilização e manutenção de infraestruturas e instalações operacionais necessárias à coleta, ao transporte, ao tratamento e à disposição final adequados dos esgotos sanitários” (BRASIL, 2020, s.p.).

Von Sperling (2005) destaca que os sistemas de esgotamento sanitário podem ser individuais (fossa absorvente, fossa seca, tanque séptico, filtro biológico e sumidouro) ou coletivos.

As soluções individuais são aquelas em que acontece a etapa de tratamento no próprio domicílio. Os esgotos coletados na residência são encaminhados para uma unidade de tratamento e depois são lançados no próprio domicílio, dependendo das características do solo e da profundidade do lençol freático (FUNASA, 2020).

Os sistemas coletivos são compostos pela rede coletora de esgotos, interceptor, emissário, estação elevatória, sifão invertido, estação de tratamento de esgotos e corpo receptor, onde são lançados os esgotos em estágio final (SOBRINHO e TSUTIYA, 2000).

A escolha do tipo de sistema depende do local e da densidade demográfica. As soluções individuais são indicadas para zonas rurais e comunidades de baixa densidade demográfica e os sistemas coletivos para zonas urbanas, com elevada densidade demográfica (VON SPERLING, 2005).

#### 3.2. SITUAÇÃO DO ESGOTAMENTO SANITÁRIO NO BRASIL

Segundo dados do SNIS (2022, p. 51), em 2021, 2.787 municípios brasileiros, dos 4.774 que prestaram informações ao sistema, contavam com sistemas públicos de esgotamento

sanitário. Em 35,7% dos municípios da amostra eram “[...] utilizadas soluções individuais como fossa séptica, fossa rudimentar, vala a céu aberto e lançamento em cursos d’água”.

A rede de esgotos atende cerca de 117,3 milhões de brasileiros, sendo apenas 55,8% da população total da amostra. A menor cobertura foi observada na região Norte (14%), seguida da Nordeste (30,2%), e a maior, na Sudeste (81,7%) (SNIS, 2022).

A situação do tratamento de esgoto é mensurada através do cálculo de dois índices. O primeiro índice (Índice de esgoto tratado referido à água consumida) permite avaliar a cobertura dos sistemas que coletam as águas residuárias domésticas. O segundo índice (Índice de tratamento de esgoto) reflete sobre a capacidade de tratamento do esgoto que foi coletado (SNIS, 2022).

O SNIS (2022) aponta que, no Brasil, do total de esgoto gerado, apenas 51,2% são tratados. Com referência ao esgoto coletado, 80,8% são tratados.

Esses dados revelam que o direito ao esgotamento sanitário não é garantido no país, estando muito longe de se alcançar índices adequados para coleta e tratamento do esgoto.

Além disso, o Diagnóstico do SNIS (2022) traz um comparativo entre 2017 e 2021 em relação aos investimentos aplicados e percentual de carência no acesso aos serviços de água e esgoto em cada macrorregião, considerando a população urbana.

A avaliação permitiu observar que o déficit de acesso aos serviços de água e esgoto é maior do que o percentual investido nas regiões Norte e Nordeste e menor que o percentual investido nas regiões Sudeste, Sul e Centro-Oeste.

### 3.3. CONSEQUÊNCIAS DA FALTA DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO

A falta de coleta e tratamento dos esgotos traz consequências para os seres humanos em diversos aspectos, além de ameaçar o meio ambiente e demais seres vivos. Segundo o Instituto Trata Brasil (2020), o saneamento básico é um direito fundamental, visto que a sua falta afeta diretamente a qualidade de vida da população.

A poluição causada pelos lançamentos de esgotos em rios, mares e lagos prejudica toda a população, já que as águas contaminadas estão associadas a graves problemas de saúde.

O contato da pele ou mucosas com a água contaminada, assim como o seu consumo, causam doenças como diarreia, hepatite, esquistossomose e febre tifoide (SOARES, 2019).

Além disso, a falta de saneamento propicia as condições necessárias para a proliferação do mosquito *Aedes Aegypt* que transmite doenças como a dengue, chikungunya e zika.

O Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2015 *apud* LAMEGO, 2018, p. 2) aponta que “as doenças de transmissão feco-oral (diarreias, parasitoses, hepatite A) foram responsáveis por 87% das internações causadas pelo saneamento ambiental inadequado no período de 2000 a 2013”.

Nos estudos de Gomes (2020) são apresentados dados do Ministério da Saúde (DATASUS) a respeito das internações por infecções gastrointestinais em todo o país. Os dados mostram que, em 2013, foram notificadas mais de 340 mil internações, sendo cerca de 173 mil classificadas pelos médicos como “diarreia e gastroenterite de origem infecciosa presumível”.

Ainda a respeito das internações, o estudo traz que o custo gerado é de R\$355,71 por paciente, o que aponta para despesas públicas de R\$121 milhões no ano. O saneamento adequado “[...] traria uma economia anual de R\$27,3 milhões, distribuídos 52,3% no Nordeste e 27,2% no Norte; o restante da redução ocorreria no Sudeste, Sul e Centro-Oeste do país” (GOMES, 2020, p. 116).

É importante ressaltar que, além das consequências à saúde, à qualidade de vida e ao meio ambiente, a falta de esgotamento sanitário impacta nos gastos públicos. Além disso, outros setores econômicos são afetados, tais como: turismo, produtividade, valorização imobiliária e arrecadação tributária (GOMES, 2020).

### 3.4. TOMADA DE DECISÃO

As decisões fazem parte do cotidiano do ser humano, desde as escolhas mais simples até as mais complexas e determinantes. Para cada situação, pretende-se chegar à “melhor escolha” considerando um conjunto de alternativas e critérios para avaliar as preferências dos decisores (TORRES, 2014).

Gomes, L. e Gomes, C. (2019, p. 1) afirmam que “uma decisão precisa ser tomada sempre que se está diante um problema que possui mais que uma alternativa para sua solução” ou, quando existir uma alternativa, decidir se a ação será realizada.

Para Malczewski (1999 *apud* GOMES, L. e GOMES, C., 2019) as decisões não são tomadas apenas quando se está diante de um problema ou quando algo não está em conformidade, mas também quando existe uma oportunidade de melhoria.

Gomes, L. e Gomes, C. (2019, p. 1) definem decidir como um “processo de colher informações, atribuir importância a elas, posteriormente buscar possíveis alternativas de solução e, depois, fazer a escolha entre as alternativas.”

O processo de tomada de decisão é composto pela apresentação do problema, definição dos critérios de avaliação, atribuição de peso aos critérios, definição dos objetivos e a busca de alternativas para solução.

Na escolha de um investimento, por exemplo, os critérios segurança, tempo e rendimento devem ser levados em consideração. O(s) decisor(es) devem utilizar os critérios para avaliar as alternativas existentes e alcançar o objetivo.

Para situações simples, a tomada de decisão se dá de forma intuitiva, mas, em situações complexas, chegar à “melhor escolha” requer um tratamento apropriado referente aos dados disponíveis (SILVA, 2006).

O processo decisório pode contar com participação de um ou mais decisores. Cada um é responsável por avaliar as alternativas em relação a cada critério e o peso dos critérios de avaliação, de acordo com a intuição e experiência (LIMA JUNIOR, OSIRO, CARPINETTI, 2013).

Baltar e Netto (1998 *apud* TORRES, 2014, p. 38) ainda destacam que o decisor se depara não apenas com diferentes pontos de vista, mas também com problemas de grande complexidade que envolvem informações incompletas, a subjetividade, múltiplos objetivos e critérios.

A análise de decisão tem como objetivo prover uma metodologia que permita avaliar a decisão a ser tomada.

Gomes, L. e Gomes, C. (2019, p. 19) afirmam que:

Uma análise de decisões consiste na utilização de diferentes conceitos e técnicas de modelagem e síntese, visando a uma melhor qualidade no processo decisório. O emprego de uma boa análise de decisões é mais importante à medida que a complexidade do processo aumenta.

Em busca de descrever e avaliar determinada situação da melhor forma, o Apoio Multicritério à Decisão (AMD) leva em consideração diferentes indicadores, tornando a tomada de decisão mais criteriosa.

### 3.5. APOIO MULTICRITÉRIO À DECISÃO (AMD)

Segundo Gomes L. e Gomes, C. (2019, p. 57), “o homem tenta há muitos anos abordar processos complexos de tomada de decisão, utilizando abstrações, heurísticas e raciocínios dedutivos [...]”, limitando-se ao conhecimento científico disponível. O autor ainda ressalta que “até a primeira metade do século XX [...] utilizava-se basicamente a esperança matemática para a tomada de decisão em condições consideradas aleatórias”.

Os primeiros métodos voltados para os problemas de decisão multicritério foram desenvolvidos na década de 1970 e passaram a atuar como uma forma de auxílio à decisão, incorporando a subjetividade dos atores no processo decisório.

O Apoio Multicritério à Decisão (AMD) busca estabelecer uma relação de preferências (aspectos subjetivos) entre as alternativas que estão sendo avaliadas considerando vários critérios (GOMES, L. e GOMES, C., 2019).

É fundamental ressaltar que, na análise multicritério, a decisão não deve ser concebida apenas por meio de algoritmos. É necessário que exista o fator humano na decisão para que sejam consideradas preferências, conhecimento prévio e experiência na avaliação dos critérios e alternativas.

De acordo com Vanderpooten (1995 *apud* GOMES, L. e GOMES, C., 2019, p.70):

O AMD assume que é frequentemente impossível prever se uma situação é boa ou má apenas por métodos matemáticos, bem como se a modelagem dos critérios envolvidos no processo de decisão não é meramente objetiva, se a subjetividade não está sempre presente.

Os problemas de decisão podem ser discretos ou contínuos. São considerados problemas discretos os que possuem um número finito de alternativas. Problemas contínuos são aqueles nos quais o número de alternativas é infinitamente grande (GOMES, L. e GOMES, C., 2019).

Entre os métodos multicritérios discretos, destacam-se o método AHP (Analytic Hierarchy Process) da chamada Escola Americana do AMD e os métodos ELECTRE da Escola Francesa.

### 3.6. MÉTODOS DE ANÁLISE MULTICRITÉRIO

#### 3.6.1. *Analytic Hierarchy Process* (AHP)

O método AHP foi desenvolvido por Thomas L. Saaty na década de 1970, sendo um dos primeiros métodos de decisão multicritério. Tem como finalidade ordenar as alternativas ou critérios de acordo com as preferências do(s) decisor(es) através da utilização de matrizes e álgebra linear (SRDJEVIC et al., 2002 *apud* TORRES, 2014).

O método é baseado em duas etapas. Inicialmente temos a hierarquização dos elementos da decisão, seguido da avaliação desta estrutura. Este conjunto deve conter o objetivo da decisão, os critérios de avaliação e as alternativas para solucionar o problema (TORRES, 2014). A hierarquização permite uma melhor compreensão da relação entre os critérios e as alternativas.

A comparação é realizada em pares, ou seja, os critérios são comparados par a par e, posteriormente, as alternativas para cada um dos critérios (CAMPOS, 2011; TORRES, 2014; GOMES, L. e GOMES, C., 2019; FREITAS, 2020). Essa comparação é feita por meio das perguntas: qual destes critérios é o mais importante? Quanto este critério é mais importante que o outro? (GOMES, L. e GOMES, C., 2019)

O(s) decisor(es) deve(m) responder a segunda pergunta com o número que relate a sua preferência de um critério em relação a outro. Essa preferência deve ser interpretada por uma escala de 1 a 9 proposta pelo autor do método (Tabela 1).

Gomes, L. e Gomes C. (2019) reforçam que, para aplicação do método, os critérios devem ser comparáveis entre si.

Tabela 1 - Escala de Saaty.

<b>Intensidade de importância</b>	<b>Definição</b>	<b>Explicação</b>
<b>1</b>	Mesma importância	Os dois elementos em avaliação contribuem igualmente para o objetivo.
<b>3</b>	Importância pequena de um sobre o outro	A experiência e o julgamento favorecem levemente um elemento em relação a outro.
<b>5</b>	Importância grande ou essencial	Experiência e julgamento favorecem fortemente em relação a outro.
<b>7</b>	Importância muito grande ou demonstrada	Experiência e julgamento favorecem muito fortemente em relação a outro.
<b>9</b>	Importância absoluta	Experiência e julgamento favorecem um elemento em relação a outro com mais alto grau de certeza.
<b>2,4,6,8</b>	Valores intermediários entre os valores adjacentes	Quando se procura uma condição de compromisso entre as duas definições.
<b>Recíprocos dos valores acima</b>	Se o elemento <i>i</i> recebe um dos valores acima quando comparado com a elemento <i>j</i> , então <i>j</i> recebe o valor recíproco se comparado a <i>i</i> .	

Fonte: Adaptado de Saaty (1994 *apud* COSTA NETO e BRITO, 2020, p. 6).

A comparação dos critérios par a par resulta em uma matriz, onde cada elemento  $p_{ij}$  representa a preferência de *i* em relação a *j*.

Para a construção da matriz de preferências, são necessários  $n(n - 1)/2$  julgamentos, onde  $n$  é o número de critérios.

Após a elaboração da matriz, é possível obter o vetor peso, que indica a prioridade de cada critério em relação aos demais. Esse procedimento pode ser dado por diferentes metodologias.

Uma dessas metodologias é normalizar a matriz de preferência, ou seja, dividir cada elemento  $p_{ij}$  de cada coluna pelo somatório dos elementos da coluna ( $\sum_j p_{ij}$ ). Em posse da matriz normalizada, os pesos dos critérios são dados pela média aritmética de cada linha (SAATY, 2008).

O próximo passo é analisar a coerência das respostas dos decisores pelo teste de inconsistência, visto que a representação das preferências não apresenta consistência exata.

Berzins (2009) destaca que esse teste é utilizado para verificar a consistência nas comparações realizadas, onde resultados iguais a 0 indicam uma consistência perfeita, sendo possível dar continuidade à aplicação do método. Já valores superiores a 0,1 são considerados inadequados, podendo refletir em erro na decisão, sendo necessário uma reavaliação pelos decisores para dar continuidade à aplicação do método.

O teste da inconsistência é realizado pelo cálculo da razão de consistência ( $RC$ ) dado pela equação (SAATY, 2008):

$$RC = \frac{IC}{IR}$$

e

$$IC = \frac{\lambda_{m\acute{a}x} - n}{n - 1}$$

Onde:

$IC$  – é o índice de consistência;

$\lambda_{m\acute{a}x}$  – é o máximo autovalor da matriz;

$n$  – é o número de critérios;

$IR$  – é o índice randômico, que varia com o tamanho da matriz, conforme Tabela 2.

Tabela 2 - Índice Randômico Médio do AHP em função do tamanho da matriz.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
0,00	0,00	0,58	0,90	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49	1,51	1,48	1,56	1,57	1,59

Fonte: Saaty (2008).

Para o cálculo do máximo autovalor da matriz ( $\lambda_{m\acute{a}x}$ ), os procedimentos são:

- Multiplica-se a matriz de preferências original pelo vetor peso;

- Depois divide-se o resultado pelo vetor peso;
- Faz-se a média aritmética dos valores e obtém-se  $\lambda_{máx}$ .

Sendo o resultado do teste de inconsistência aceitável, é possível realizar a avaliação global das alternativas. A nota final de cada alternativa é dada pelo somatório dos produtos entre a sua avaliação no critério e a prioridade do critério.

Por fim, a escolha da melhor alternativa é resultado da colocação das notas em ordem decrescente.

### 3.6.2. Métodos ELECTRE

A família de métodos ELECTRE pertencente à chamada Escola Francesa do AMD tem como objetivo mensurar a superação de uma alternativa em relação a outra pela comparação entre alternativas aos pares (CAMPOS, 2011; FREITAS, 2020).

Frederico e Santos (2020) destacam que os métodos ELECTRE operam com conceitos de preferências mais próximos da realidade. As relações de preferência são descritas da seguinte forma:

- Preferencia estrita (P): corresponde à existência de razões claras para o decisor, que justificam uma preferência significativa em favor de um dos dois elementos;
- Preferencia fraca (Q): corresponde à existência de razões claras para o decisor, que invalidam a preferência estrita, mas ainda assim “a é preferível a b”. Seu status entre indiferença e a preferência estrita;
- Indiferença (I): corresponde à existência de razões claras para o decisor que justificam a equivalência entre dois elementos;
- Incomparabilidade (R): corresponde à ausência de razões claras para o decisor, que justificam qualquer das três situações precedentes.

O método foi modificado ao longo do tempo e hoje existem seis variantes: ELECTRE I, II, III, IV, IS e TRI (AYALA e FRANK, 2013).

### 3.6.2.1. ELECTRE II

O método ELECTRE II busca estabelecer a ordenação das alternativas através dos conceitos de índice de concordância -  $C(a, b)$ , índice de discordância -  $D(a, b)$ , limiar de concordância -  $p$ , limiar de discordância -  $q$ , e relações de sobreclassificação ou superação (VINCKE, 1992; ROY, 1996 *apud* MORAIS e ALMEIDA, 2003).

O índice de concordância -  $C(a, b)$  mede o quanto a alternativa  $a$  supera  $b$ , ou seja, o quanto  $a$  é favorita em relação a  $b$ . Já o índice de discordância -  $D(a, b)$  mede o quanto a alternativa  $a$  é inferior a  $b$ . Os índices são dados pelas fórmulas a seguir.

$$C(a, b) = \frac{\sum(w_j^+ + w_j^-)}{\sum w_j}$$

e

$$D(a, b) = 0, \text{ se } g_j(a) \geq g_j(b) \text{ ou}$$

$$D(a, b) = \max \left( \frac{g_j(b) - g_j(a)}{\delta_j} \right) \text{ onde } \delta_j = \max [g_j(b) - g_j(a)]$$

sendo:

$w_j^+$  a soma dos pesos dos critérios em que  $a$  é preferível a  $b$ .

$w_j^-$  a soma dos pesos dos critérios em que  $a = b$ .

$g_j(a)$  a avaliação de  $a$  em relação ao critério  $j$ ;

$g_j(b)$  a avaliação de  $b$  em relação ao critério  $j$ ;

$\delta_j$  a diferença entre a melhor e a pior avaliação no critério  $j$ .

Rodrigues (2009 *apud* FREITAS, 2020, p. 66) define que:

O limiar de concordância é o limite a partir do qual o índice de concordância é suficiente para apoiar a ideia de que  $a \geq b$ , já o limiar de discordância é o limite até o qual o índice de discordância é suficiente para apoiar a ideia de que  $a < b$ .

Podendo-se destacar o aspecto não compensatório do método quando comparado ao AHP, que permite que a avaliação de uma alternativa segundo um critério seja compensada por outro critério.

O método ELECTRE II preestabelece a definição de duas relações de superação ou sobreclassificação: uma forte ( $S^F$ ) e outra fraca ( $S^f$ ). Sua formulação consiste em admitir três índices de concordância ( $c_1$ ,  $c_2$  e  $c_3$ ) e dois de discordância ( $d_1$  e  $d_2$ ) de forma que (CAMPOS, 2011):

$$0 \leq c_3 \leq c_2 \leq c_1 \leq 1 \text{ e } 0 \leq d_2 \leq d_1 \leq 1$$

A relação de superação forte ( $S^F$ ):

$$aS^F b, \text{ se e somente se } \begin{cases} C(a, b) \geq c_1 \\ g_j(a) - g_j(b) \leq d_1 \\ \frac{P^+(a, b)}{P^-(a, b)} \geq 1 \end{cases}$$

ou

$$aS^F b, \text{ se e somente se } \begin{cases} C(a, b) \geq c_2 \\ g_j(a) - g_j(b) \leq d_2 \\ \frac{P^+(a, b)}{P^-(a, b)} \geq 1 \end{cases}$$

onde:

$P^+(a, b)$  é o somatório dos pesos dos critérios em a alternativa a é preferível à b;

$P^-(a, b)$  é o somatório dos pesos quando b é preferível à a.

Para relação de superação fraca ( $S^f$ ):

$$aS^f b, \text{ se e somente se } \begin{cases} C(a, b) \geq c_3 \\ g_j(a) - g_j(b) \leq d_1 \\ \frac{P^+(a, b)}{P^-(a, b)} \geq 1 \end{cases}$$

Gomes L. e Gomes C. (2019) ressaltam que todas as relações existentes na relação forte também estão presentes na relação fraca, já que as condições são menos rígidas.

O próximo passo da aplicação do método é a representação das relações de sobreclassificação usando grafos. Os grafos “são representações gráficas que consistem em pontos, chamados de vértices, ligados por linhas orientadas, chamadas de arcos” (GOMES, L; GOMES, F, 2019, p. 256).

Nessa representação as alternativas são os vértices e os arcos são as arestas, cuja orientação representa a sobreclassificação de uma alternativa em relação a outra.

As alternativas também podem ser incomparáveis (não existindo relação entre elas) ou indiferentes (apresentando equivalência) de acordo com as relações de preferência estabelecidas.

Ando e Costa (2004, p. 1196-1197) apresentam o procedimento a ser seguido para ordenação das alternativas após a construção dos grafos de dominância (forte e fraco).

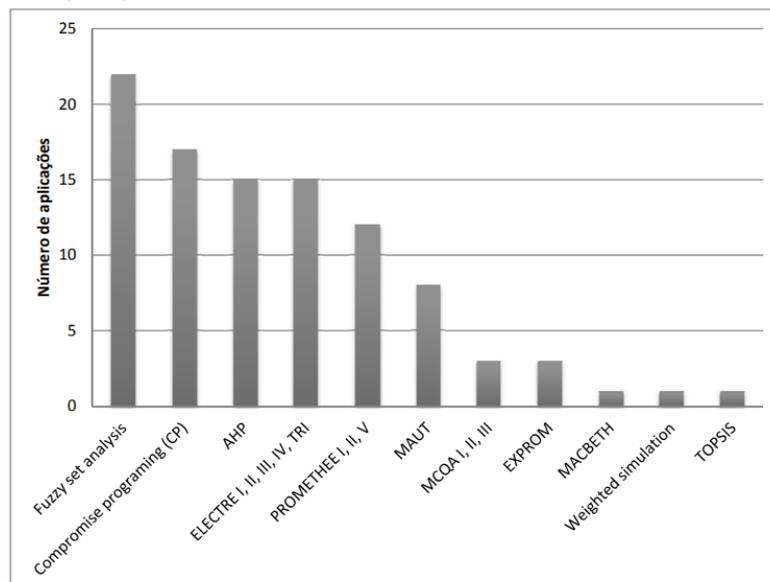
- a) Considerar  $k=0$  e fazer  $Y[k]=A$ ;
- b) Identificar e denotar por  $D$  o conjunto de todas as alternativas em  $Y[k]$  que não são fortemente sobreclassificadas;
- c) Identificar e denotar por  $U$  o conjunto de alternativas em  $D$  entre quais existem relações fracas de dominação;
- d) Identificar e denotar por  $B$  o conjunto de alternativas em  $U$  que não são fracamente dominadas por alguma alternativa em  $U$ ;
- f) Definir  $A[k] = (D - U) \cup B$ ;
- g) Associar um ranking às alternativas pertencentes a  $A[k]$ ;
- h) Fazer  $Y[k + 1] = Y[k] - A[k]$ ;
- i) Se  $Y[k + 1] = \{ \}$ , parar. Caso contrário fazer  $k = k + 1$  e voltar ao passo (b);
- j) Inverter as relações de subordinação forte e fraca e realizar os passos do processo descendente. Em seguida, inverter a ordenação ascendente para obter uma nova ordenação descendente (da melhor para a pior alternativa).
- k) Por fim, as ordenações ascendente e descendente são combinadas e obtendo-se a ordenação das alternativas.

Vale ressaltar que os métodos ELECTRE permitem testar a sensibilidade da análise. Para isso, adotam-se outros parâmetros de concordância e discordância e repetem-se os procedimentos para comparação dos resultados.

### 3.6.3. Utilização dos métodos de análise multicritério

Na área de recursos hídricos, Campos (2011) destaca o estudo de Hajkowick e Collins (2007), cuja análise abrange 113 artigos que aplicaram análise múlticritério. Os resultados dessa pesquisa podem ser observados na Figura 1, onde estão expostos os principais métodos utilizados.

Figura 1 - Aplicações de métodos de análise multicritério na área de recursos hídricos.



Fonte: Hajkowick e Collins (2007, p. 1557 *apud* CAMPOS, 2011, p. 90).

Analizando a Figura 1, pode-se observar que a maioria das publicações aplicaram a análise de conjuntos nebulosos e programação de compromisso. O método AHP aparece com um número significativo de publicações, seguido dos métodos ELECTRE e PROMETHEE que se baseiam em relações de superação ou sobreclassificação.

Freitas (2020) aplicou o método ELECTRE I para selecionar as melhores técnicas de tratamento de esgoto, utilizando três cenários e 16 critérios com características técnicas, econômicas, sociais e ambientais para o cenário 1, 10 critérios para cenário 2 e 8 critérios para o cenário 3.

Nos estudos de Baltar e Netto (1998 *apud* TORRES, 2014) foram aplicados os métodos ELECTRE III e programação de compromisso para hierarquização de investimentos de projetos de abastecimento de água, utilizando seis critérios que consideraram aspectos econômicos, sociais, políticos, técnicos e ambientais.

Morais e Almeida (2003) aplicaram o método multicritério ELECTRE II para priorização de alternativas de redução de perdas em sistemas de abastecimento de água.

Santos (2009) realizou a avaliação de intervenções hidráulicas na Bacia do Rio Gramame, cuja análise abrangeu critérios de aspectos sociais, ambientais e econômicos. O método PROMETHEE foi utilizado no processo de seleção das melhores alternativas, tendo em vista a natureza do problema.

O estudo de Nicolau (2007) aplicou o método ELECTRE I para hierarquização de oito alternativas de investimento na área de sistemas de esgotamento sanitário. Foram utilizados três cenários e sete critérios para ponderação das alternativas.

Teixeira e Heller (2001) desenvolveram um modelo de priorização de investimentos em saneamento, segundo os critérios epidemiológico, sanitário, financeiro, social e ambiental, a partir de sistemas de pontuação e ponderação.

O trabalho de Medeiros (2021) utilizou o método *Analytic Hierarchy Process* (AHP), com a finalidade de ordenar os municípios da Bacia do Rio Mamanguape para priorização de investimentos em abastecimento de água.

A revisão bibliográfica tem como objetivo explorar a aplicação de análise multicritério na área de estudo, evidenciando o problema abordado, método multicritério e critérios considerados.

## 4. MATERIAIS E MÉTODOS

O presente estudo tem como objetivo desenvolver uma metodologia para a priorização de investimentos em sistemas de esgotamento sanitário, visando classificar os municípios que integram a Região Metropolitana de João Pessoa quanto à precariedade de seus respectivos sistemas.

A análise teve início com a identificação do problema a ser resolvido. Na sequência, foi realizada a revisão bibliográfica com a finalidade de captar ferramentas para auxiliar na escolha dos critérios de avaliação e dos métodos multicritérios mais adequados.

Na última etapa, foi realizada a aplicação dos métodos AHP e ELECTRE II, a fim de estabelecer as comparações entre os resultados e identificar o método que melhor atenderia à resolução do problema de priorização de investimentos.

### 4.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A pesquisa foi realizada no ano de 202 e aplicada na Região Metropolitana de João Pessoa, criada a partir da Lei Complementar nº 59/2003 e modificada pela Lei Complementar nº 93/2009 com o objetivo promover o desenvolvimento integrado da região.

A região está localizada no estado da Paraíba e inclui os municípios de Alhandra, Bayeux, Caaporã, Cabedelo, Conde, Cruz do Espírito Santo, João Pessoa, Lucena, Pedras de Fogo, Pitimbu, Rio Tinto e Santa Rita.

De acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), os doze municípios somam uma área total de 2.786,539 km<sup>2</sup> (2022), população de 1.363.450 habitantes (2022) e Produto Interno Bruto (PIB) de aproximadamente R\$3,5 bilhões (2020).

A Tabela 3 sintetiza os principais indicadores sociais, econômicos, ambientais e de saúde.

Tabela 3 - Características gerais dos municípios que integram a Região Metropolitana de João Pessoa.

<b>Município</b>	<b>Área total (2022, km<sup>2</sup>)</b>	<b>População (prévia do censo demográfico, 2022)</b>	<b>IDH (2010)</b>	<b>PIB (2020, mil R\$)</b>	<b>Internações por diarreia (2016, por mil habitantes)</b>	<b>Esgotamento sanitário adequado (2010, %)</b>
Alhandra	183,974	21.632	0,582	2198122,82	0,5	9,3
Bayeux	27,705	81.932	0,649	1290553,35	1,1	45,9
Caaporã	151,018	21.290	0,602	475299,01	8,7	16,7
Cabedelo	29,873	68.744	0,748	2741733,55	0,7	51,1
Conde	171,267	27.344	0,618	892755,95	2	16,7
Cruz do Espírito Santo	192,512	16.828	0,552	165478,67	0,6	21,9
João Pessoa	210,044	889.618	0,763	20766550,52	1,1	70,8
Lucena	93,800	12.910	0,583	200825,27	0,5	29,7
Pedras de Fogo	406,729	29.625	0,590	537517,98	1,4	26,9
Pitimbu	135,801	17.696	0,570	375571,78	0,7	17,1
Rio Tinto	465,240	27.352	0,585	287787,26	0	26,6
Santa Rita	718,576	148.479	0,627	2564700,40	1,5	21,1

Fonte: IBGE Cidades.

A partir dos dados apresentados na Tabela 3, é possível observar que os valores de Índice de Desenvolvimento Humano informam um médio desenvolvimento humano (entre 0,500 e 0,799).

Os índices associados ao PIB e ao percentual de Esgotamento Sanitário Adequado demonstram desigualdades na região. Comparando o PIB entre os municípios, temos João Pessoa com R\$20,7 bilhões e Cruz do Espírito Santo com R\$0,17 bilhões. A respeito do Índice de Esgotamento Sanitário Adequado, é possível identificar João Pessoa com 70,8% e outros municípios como Alhandra e Caaporã com, respectivamente, 9,3% e 16,7%.

## 4.2. DEFINIÇÃO DOS CRITÉRIOS

A definição dos critérios tem papel fundamental na resolução do problema, influenciando de maneira decisiva nos resultados, já que servem para avaliar as alternativas propostas (GOMES L., GOMES C., 2019).

Para proporcionar qualidade à decisão tomada, é importante analisar as relações entre critérios e alternativas e ponderar sobre a sua significância no processo decisório (CAMPOS, 2011).

Na literatura, a recomendação para escolha dos critérios em saneamento é consultar o Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS) que atualiza anualmente informações e indicadores operacionais da área.

Campos (2011) destaca que outra fonte importante são os indicadores de desenvolvimento sustentável do IBGE. Esses indicadores sintetizam informações relevantes de aspecto ambiental, social, econômico e institucional.

“É essencial observar a quantidade de critérios como medida de simplificação do problema” (CAMPOS, 2011, p. 121). No estudo, foram analisados indicadores de saneamento, socioeconômicos e de saúde para obter uma visão ampla sobre o problema.

Como mencionado anteriormente, os parâmetros devem ser comparáveis entre si. Por isso, os critérios foram separados em duas categorias: indicadores de saneamento e indicadores socioeconômicos e de saúde.

### 4.2.1. Indicadores de saneamento

Além do embasamento proporcionado pela pesquisa bibliográfica, a escolha dos indicadores de saneamento considerou os dados disponíveis no Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS), no Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e na Agência Nacional de Águas (ANA).

Os indicadores foram escolhidos com a intenção de avaliar a situação do esgotamento sanitário no território, verificando a coleta e tratamento dos esgotos, assim como a população atendida pelos sistemas.

Tabela 4 - Indicadores de saneamento considerados no estudo.

<b>Indicador</b>	<b>Fonte</b>	<b>Explicação</b>
Índice de coleta de esgoto	SNIS – Série História. Ano de referência 2021.	Expressa o percentual de esgoto coletado em relação ao volume de água consumido.
Índice de atendimento total de esgoto referido aos municípios atendidos com água	SNIS – Série História. Ano de referência 2021.	Expressa o percentual da população total atendida com esgotamento sanitário em relação à população total residente do município com abastecimento de água, segundo o IBGE.
Índice de atendimento urbano de esgoto referido aos municípios atendidos com água	SNIS – Série História. Ano de referência 2021.	Expressa o percentual da população urbana atendida com esgotamento sanitário em relação à população urbana residente do município com abastecimento de água, segundo o IBGE.
Índice de esgoto tratado referido à água consumida	SNIS – Série História. Ano de referência 2021.	Expressa o percentual de esgoto tratado em relação ao volume de água consumido.
Índice de tratamento de esgoto	SNIS – Série História. Ano de referência 2021.	Expressa o percentual de esgoto tratado e em relação ao volume coletado.
Índice de esgotamento sanitário adequado	IBGE Cidades. Ano de referência 2010.	Expressa o percentual da população total residente nos domicílios particulares permanentes com esgotamento sanitário do tipo rede geral e fossa séptica em relação à população total residente nos domicílios particulares permanentes.

Fonte: Próprio autor, 2023.

É importante observar que foram escolhidos dois índices de tratamento de esgoto: o índice de tratamento de esgoto e o índice de esgoto tratado referido à água consumida, visto que o primeiro permite estimar a capacidade de tratamento, enquanto o segundo “[...] tem maior relação com a abrangência das infraestruturas que coletam a água que se torna esgoto após usos domésticos” (SNIS, 2022, p. 62).

Outro índice relevante a ser observado é o índice de esgotamento sanitário adequado, que permite analisar a população atendida com sistemas adequados, segundo o Plano Nacional de Saneamento Básico (PLANSAB).

#### 4.2.2. Indicadores socioeconômicos e de saúde

A escolha dos indicadores socioeconômicos e de saúde considerou a pesquisa bibliográfica somada aos dados disponibilizados pelo Ministério da Saúde (DATASUS) e Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).

Tabela 5 - Indicadores socioeconômicos e de saúde considerados no estudo.

<b>Indicador</b>	<b>Fonte</b>	<b>Explicação</b>
Internações por diarreia (por mil habitantes)	IBGE Cidades. Ano de referência 2016.	Expressa o número de internações por diarreia a cada mil habitantes.
Índice de Desenvolvimento Humano	IBGE Cidades. Ano de referência 2010.	Expressa o grau de desenvolvimento humano em três dimensões: expectativa de vida, educação e renda.
Produto Interno Bruto Municipal - PIBM	IBGE Cidades. Ano de referência 2020.	É a soma dos bens e serviços finais produzidos pelo município em um ano.
Índice de Gini da renda domiciliar per capita	DATASUS. Ano de referência 2010.	Mede o grau de concentração de renda em um território.

Fonte: Próprio autor, 2023.

Os indicadores socioeconômicos foram escolhidos com o objetivo de evidenciar a desigualdade na região, visto que a concentração de renda é apontada pelo SNIS (2022) como principal obstáculo da universalização do saneamento.

O número de internações por diarreia é um índice que merece destaque, visto que a diarreia pode ter forte relação com a falta de saneamento básico por ser um sinal comum em infecções gastrointestinais (GOMES, 2020).

#### 4.3. DEFINIÇÃO DAS ALTERNATIVAS

O estudo visa realizar uma análise do estado atual do esgotamento sanitário da Região Metropolitana de João Pessoa, coletando dados que permitam a sua caracterização.

A coleta de dados permitiu verificar que 6 dos 12 municípios não têm dados sobre a coleta e tratamento de esgoto junto ao Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS).

Segundo o SNIS (2022), os municípios de Caaporã, Conde, Lucena e Pitimbu não possuem sistema público de esgotamento sanitário e utilizam soluções alternativas como fossa séptica e fossa rudimentar. Já os municípios de Cruz do Espírito Santo e Rio Tinto não responderam à pesquisa realizada pelo sistema.

Considerando que o conjunto de alternativas deve ser formado pelos municípios que apresentam informações suficientes para sua avaliação, foram excluídos os municípios de Cruz do Espírito Santo e Rio Tinto.

#### 4.4. ESCOLHA DO MÉTODO MULTICRITÉRIO

A estruturação do processo de decisão deve ser precedida da escolha do(s) método(s) mais adequado(s). Essa decisão é realizada por meio das perguntas: “quais métodos são mais adequados à situação? Quais as vantagens e desvantagens de cada método, diante do problema?” (LEITE e FREITAS, 2012, p. 2).

Ayala e Frank (2013) ressaltam que não se pode afirmar que um método seja melhor que outro. Para cada situação, deve-se analisar os objetivos desejados, assim como os recursos necessários e a complexidade de execução que se pretende alcançar.

A escolha do método deve ser um resultado da avaliação dos critérios escolhidos, do tipo e da precisão dos dados, subjetividade do(s) decisor(es), entendimento do problema, resultados esperados e natureza da decisão (MOREIRA, 2007).

No estudo foram escolhidos os métodos AHP e ELECTRE II, já que partem da atribuição de peso aos critérios e tratam de uma problemática que tem como resultado a ordenação das alternativas.

#### 4.4.1. Escolha do Método AHP

O método AHP tem destaque pelo seu aprofundado estudo na literatura, tendo uma vasta aplicação e avaliação na resolução de problemas em diferentes áreas. Esse método permite a decomposição do problema de forma hierárquica, facilitando a sua compreensão e o reconhecimento das preferências dos decisores (LOPES, 2008 *apud* LEITE e FREITAS, 2012; AYALA e FRANK, 2013).

Ayala e Frank (2013) também abordam como vantagem a simplicidade, facilidade de utilização e flexibilidade aliadas aos resultados obtidos pelo método AHP, que permitem a comparação da importância relativa de cada critério.

Juntamente com os benefícios citados acima, também devem ser consideradas as desvantagens de aplicação do método AHP, como:

- Limitação diante de situações com muitos critérios devido à grande quantidade de comparações, que podem tornar o processo difícil e tedioso;
- A escala de comparações não permite expressar a incerteza;
- Não é permitido o uso de alternativas e critérios incomparáveis;
- É possível que as respostas dos decisores não sejam coerentes (BERZINS, 2009; VILAS, 2008).

A escolha do método AHP possibilita considerar as preferências dos decisores na definição dos pesos dos critérios, adequação através do teste de inconsistência e classificação das alternativas.

#### 4.4.2. Escolha do Método ELECTRE II

Os métodos ELECTRE têm como vantagens:

[...] as definições do relacionamento de dominância, abrindo um maior leque de possibilidade para a análise de sensibilidade, além de que cada versão [...] possuir um resultado específico entre seleção, ordenação e classificação, podendo ou não utilizar peso para os critérios” (ACOLET, 2008 *apud* LEITE E FREITAS, 2012, p. 8).

Moreira (2007) reforça que esses métodos são muito flexíveis, visto que aceitam a incomparabilidade entre as alternativas e não exigem o estabelecimento de uma estruturação hierárquica dos critérios. Além das vantagens citadas, o método avalia as alternativas através dos testes de concordância e de discordância na avaliação, que não permitem a compensação de um critério em relação a outro.

O método ELECTRE II permite a avaliação das alternativas mediante a determinação de limites aceitáveis para a sua inadequação. Outro ponto relevante é que o método possibilita a análise de sensibilidade, uma ferramenta que permite analisar o impacto de pequenas variações nos limites considerados.

Alguns pontos negativos associados ao método ELECTRE II:

- Não especificação da definição dos pesos dos critérios;
- Problemas na definição dos limites de preferência, considerando que os limites são tomados de maneira arbitrária;
- Não fornece um ranking completo das alternativas, uma vez que elas podem não ser comparáveis.

#### 4.5. DEFINIÇÃO DOS PESOS DOS CRITÉRIOS

Os pesos dos critérios expressam a importância relativa de cada critério no conjunto de critérios utilizados para avaliar as alternativas. O processo de definição dos pesos deve ser

realizado de forma cuidadosa, uma vez que tem papel decisivo nos resultados obtidos (GOMES L. e GOMES, C., 2019).

Gomes L. e Gomes C. (2019) abordam a existência de diversas técnicas de definição dos pesos. As técnicas podem ser diretas (ordenação simples e taxação simples) ou por métodos mais sofisticados de comparação, como o método AHP, que foi utilizado na pesquisa.

#### 4.5.1. Aplicação do método AHP na definição dos pesos dos critérios

A metodologia de comparação em pares do método AHP proporciona aos decisores a expressão de suas preferências de forma clara, o que facilita o processo de mensuração dos pesos dos critérios.

Em busca de levantar as preferências dos decisores em relação aos critérios e à cada categoria de critérios, foi elaborado um questionário no *Google Forms* baseado no modelo proposto por Medeiros (2021).

As Figuras 2 e 3 exibem como foi realizada a comparação par a par entre os critérios e a identificação do grau de preferência (ou importância), dado pela escala de Saaty (2008).

Figura 2 - Exemplo de comparação entre dois critérios.

1. Qual é o critério mais importante? \*

- Índice de coleta de esgoto
- Índice de atendimento total de esgoto referido aos municípios atendidos com água
- Os dois critérios têm a mesma importância

Fonte: Próprio autor, 2023.

Figura 3 - Exemplo de identificação do grau de importância do critério escolhido.

⋮

2. Quanto o critério escolhido é mais importante? \*

- Não se aplica (Os dois critérios têm a mesma importância)
- 2 - Quase a mesma importância
- 3 - Importância pequena de um sobre a outro
- 4 - Valor intermediário (se procura uma condição entre as duas definições adjacentes)
- 5 - Importância grande
- 6 - Valor intermediário (se procura uma condição entre as duas definições adjacentes)
- 7 - Importância muito grande
- 8 - Valor intermediário (se procura uma condição entre as duas definições adjacentes)
- 9 - Importância absoluta

Fonte: Próprio autor, 2023.

Após a aplicação do formulário ao grupo de decisores composto por três especialistas, nove matrizes de preferências foram construídas.

Tabela 6 – Exemplo de matriz de preferências.

Indicadores	Indicador 1	Indicador 2	Indicador 3
Indicador 1	1	Valor de comparação entre 1 e 2	Valor de comparação entre 1 e 3
Indicador 2	Valor de comparação entre 2 e 1	1	Valor de comparação entre 2 e 3
Indicador 3	Valor de comparação entre 3 e 1	Valor de comparação entre 3 e 2	1

Fonte: Adaptado Medeiros (2021, p. 42).

Por fim, a definição dos pesos dos critérios foi possível pelo emprego do procedimento exposto no índice 3.6.1.

#### 4.6. APLICAÇÃO DO MÉTODO AHP

A partir da definição dos pesos dos critérios e dos dados devidamente normalizados, foi possível comparar as alternativas.

A normalização dos dados foi realizada para mudar os valores para uma escala comum, preservando as variações e informações. Esse procedimento é necessário já que não é possível comparar o Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) que apresenta valores de 0 a 1 com o Produto Interno Bruto Municipal (PIBM), cujos valores variam de 100000 a 1000000.

Existem diversos métodos para a normalização. No estudo, utilizou-se o normalizador de mínimo e máximo que redimensiona os valores no intervalo de 0 a 1 usando a seguinte fórmula:

$$z = \frac{x - x_{\min}}{x_{\max} - x_{\min}}$$

Outro processo relevante durante a aplicação do método foi a inversão dos dados de interações por diarreia e do índice Gini da renda per capita, dado que uma melhor avaliação nestes índices reflete em uma pior situação do município.

A aplicação do método segue com o cálculo da performance de cada alternativa através da multiplicação de sua avaliação em cada critério pela prioridade do critério, como já exposto no índice 3.6.1. Cada alternativa recebe uma nota e, por fim, são ordenadas em ordem decrescente.

É importante ressaltar que os municípios com as maiores notas apresentam as melhores condições quanto ao esgotamento sanitário. Por isso, a ordenação é invertida para que se tenha o *ranking* dos municípios com maior necessidade de investimentos em sistemas de esgotamento sanitário.

#### 4.7. APLICAÇÃO DO MÉTODO ELECTRE II

O método ELECTRE II requer informações de importância relativa entre os critérios, ou seja, pesos dos critérios (MORAIS e ALMEIDA, 2003). Esses pesos podem ser definidos por ordenação, taxaço simples ou métodos mais sofisticados.

Neste estudo, os pesos dos critérios foram definidos pelo método AHP. Esse método considera as preferências dos decisores de forma clara e não exige a atribuição arbitrária dos pesos. Os critérios são analisados aos pares e a importância é definida por uma escala preestabelecida.

De posse dos pesos dos critérios, são calculados os índices de concordância e discordância para cada par de alternativa.

A metodologia não prevê a normalização dos dados para comparação das alternativas, no entanto, existe a necessidade de realizar a inversão de determinados indicadores para coerência na análise.

Os indicadores de saneamento, o PIBM e o IDH foram invertidos, já que maiores valores representam uma melhor situação do município.

Após a construção das relações entre os pares de alternativas, foi realizada a análise de superação seguindo o exposto no índice 3.6.2. As matrizes de sobreclassificação forte e fraca, em conjunto com a representação em grafos, foram estabelecidas para proceder com a ordenação das alternativas.

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Neste índice serão apresentados os resultados das aplicações dos dois métodos escolhidos (AHP e ELECTRE II). Os cálculos foram realizados no *software* Excel.

### 5.1. APLICAÇÃO DO MÉTODO AHP PARA DEFINIÇÃO DOS PESOS DOS CRITÉRIOS

Foram consideradas duas categorias na determinação dos pesos dos critérios: indicadores de saneamento e os indicadores socioeconômicos e de saúde.

Essa separação se deu como forma de antecipar dificuldades no julgamento dos especialistas devido à natureza heterogênea dos indicadores.

#### 5.1.1. Pesos dos indicadores de saneamento

A partir das respostas dos especialistas, foram elaboradas as matrizes de preferências (Tabelas 7, 8 e 9).

Tabela 7 - Matriz de preferências do especialista 1 em relação aos indicadores de saneamento.

Indicadores	Índice de coleta de esgoto	Índice de atendimento total de esgoto referido aos municípios atendidos com água	Índice de atendimento urbano de esgoto referido aos municípios atendidos com água	Índice de esgoto tratado referido à água consumida	Índice de tratamento de esgoto	Índice de esgotamento sanitário adequado
Índice de coleta de esgoto	1	6	6	0,5	0,5	0,125
Índice de atendimento total de esgoto referido aos municípios atendidos com água	0,167	1	3	0,25	0,25	0,111
Índice de atendimento urbano de esgoto referido aos municípios atendidos com água	0,167	0,333333	1	0,2	0,25	0,111
Índice de esgoto tratado referido à água consumida	2	4	5	1	0,333	0,25
Índice de tratamento de esgoto	2	4	4	3	1	0,5
Índice de esgotamento sanitário adequado	8	9	9	4	2	1

Fonte: Próprio autor, 2023.

Tabela 8 - Matriz de preferências do especialista 2 em relação aos indicadores de saneamento.

Indicadores	Índice de coleta de esgoto	Índice de atendimento total de esgoto referido aos municípios atendidos com água	Índice de atendimento urbano de esgoto referido aos municípios atendidos com água	Índice de esgoto tratado referido à água consumida	Índice de tratamento de esgoto	Índice de esgotamento sanitário adequado
Índice de coleta de esgoto	1	3	3	7	7	0,333
Índice de atendimento total de esgoto referido aos municípios atendidos com água	0,333	1	0,5	3	3	0,2
Índice de atendimento urbano de esgoto referido aos municípios atendidos com água	0,333	2	1	4	4	0,2
Índice de esgoto tratado referido à água consumida	0,143	0,333	0,25	1	0,5	0,2
Índice de tratamento de esgoto	0,143	0,333	0,25	2	1	0,2
Índice de esgotamento sanitário adequado	3	5	5	5	5	1

Fonte: Próprio autor, 2023.

Tabela 9 - Matriz de preferências do especialista 3 em relação aos indicadores de saneamento.

Indicadores	Índice de coleta de esgoto	Índice de atendimento total de esgoto referido aos municípios atendidos com água	Índice de atendimento urbano de esgoto referido aos municípios atendidos com água	Índice de esgoto tratado referido à água consumida	Índice de tratamento de esgoto	Índice de esgotamento sanitário adequado
Índice de coleta de esgoto	1	1	1	0,2	1	0,2
Índice de atendimento total de esgoto referido aos municípios atendidos com água	1	1	1	0,2	1	0,2
Índice de atendimento urbano de esgoto referido aos municípios atendidos com água	1	1	1	0,2	1	0,2
Índice de esgoto tratado referido à água consumida	5	5	5	1	1	1
Índice de tratamento de esgoto	1	1	1	1	1	1
Índice de esgotamento sanitário adequado	5	5	5	1	1	1

Fonte: Próprio autor, 2023.

Nas matrizes de preferências, cada elemento  $p_{ij}$  representa a preferência de  $i$  em relação a  $j$ . Ou seja, a cada linha, pode-se observar a preferência de um critério em relação aos demais.

Tomando a primeira linha da Tabela 8, podemos estabelecer comparações entre o Índice de coleta de esgoto com os demais indicadores. Para o especialista 2, este indicador é um pouco mais importante que o Índice de atendimento total e Índice de atendimento urbano (importância 3), muito mais importante do que o Índice de esgoto tratado referido à água consumida e Índice de tratamento de esgoto (importância 7) e o valor 0,333 apresentado na comparação com o Índice de esgotamento sanitário adequado significa uma importância de  $1/3$ , implicando em uma importância de 3 na comparação inversa entre os mesmos indicadores.

Para a definição dos pesos dos critérios, seguiu-se a metodologia de normalização e obtenção do vetor peso conforme o índice 3.6.1 (Tabelas 10, 11 e 12).

Tabela 10 - Matriz normalizada e vetor peso do especialista 1 em relação aos indicadores de saneamento.

Indicadores	Índice de coleta de esgoto	Índice de atendimento total de esgoto referido aos municípios atendidos com água	Índice de atendimento urbano de esgoto referido aos municípios atendidos com água	Índice de esgoto tratado referido à água consumida	Índice de tratamento de esgoto	Índice de esgotamento sanitário adequado	Vetor peso
Índice de coleta de esgoto	0,075	0,247	0,214	0,056	0,115	0,060	0,128
Índice de atendimento total de esgoto referido aos municípios atendidos com água	0,013	0,041	0,107	0,028	0,058	0,053	0,050
Índice de atendimento urbano de esgoto referido aos municípios atendidos com água	0,013	0,014	0,036	0,022	0,058	0,053	0,032
Índice de esgoto tratado referido à água consumida	0,150	0,164	0,179	0,112	0,077	0,119	0,133
Índice de tratamento de esgoto	0,150	0,164	0,143	0,335	0,231	0,238	0,210
Índice de esgotamento sanitário adequado	0,600	0,370	0,321	0,447	0,462	0,477	0,446

Fonte: Próprio autor, 2023.

Tabela 11 - Matriz normalizada e vetor peso do especialista 2 em relação aos indicadores de saneamento.

Indicadores	Índice de coleta de esgoto	Índice de atendimento total de esgoto referido aos municípios atendidos com água	Índice de atendimento urbano de esgoto referido aos municípios atendidos com água	Índice de esgoto tratado referido à água consumida	Índice de tratamento de esgoto	Índice de esgotamento sanitário adequado	Vetor peso
Índice de coleta de esgoto	0,202	0,257	0,300	0,318	0,341	0,156	0,262
Índice de atendimento total de esgoto referido aos municípios atendidos com água	0,067	0,086	0,050	0,136	0,146	0,094	0,097
Índice de atendimento urbano de esgoto referido aos municípios atendidos com água	0,067	0,171	0,100	0,182	0,195	0,094	0,135
Índice de esgoto tratado referido à água consumida	0,029	0,029	0,025	0,045	0,024	0,094	0,041
Índice de tratamento de esgoto	0,029	0,029	0,025	0,091	0,049	0,094	0,053
Índice de esgotamento sanitário adequado	0,606	0,429	0,500	0,227	0,244	0,469	0,412

Fonte: Próprio autor, 2023.

Tabela 12 - Matriz normalizada e vetor peso do especialista 3 em relação aos indicadores de saneamento.

Indicadores	Índice de coleta de esgoto	Índice de atendimento total de esgoto referido aos municípios atendidos com água	Índice de atendimento urbano de esgoto referido aos municípios atendidos com água	Índice de esgoto tratado referido à água consumida	Índice de tratamento de esgoto	Índice de esgotamento sanitário adequado	Vetor peso
Índice de coleta de esgoto	0,071	0,071	0,071	0,056	0,167	0,056	0,082
Índice de atendimento total de esgoto referido aos municípios atendidos com água	0,071	0,071	0,071	0,056	0,167	0,056	0,082
Índice de atendimento urbano de esgoto referido aos municípios atendidos com água	0,071	0,071	0,071	0,056	0,167	0,056	0,082
Índice de esgoto tratado referido à água consumida	0,357	0,357	0,357	0,278	0,167	0,278	0,299
Índice de tratamento de esgoto	0,071	0,071	0,071	0,278	0,167	0,278	0,156
Índice de esgotamento sanitário adequado	0,357	0,357	0,357	0,278	0,167	0,278	0,299

Fonte: Próprio autor, 2023.

Embora as atribuições de importâncias tenham sido feitas de maneira individual, para os especialistas 1 e 2 o Índice de esgotamento sanitário adequado é identificado como o mais importante, visto que apresenta o maior valor de peso entre os demais.

O especialista 3 atribuiu igual importância ao Índice de esgoto tratado referido à água consumida e ao Índice de esgotamento sanitário adequado, sendo estes os de maior importância em seu julgamento.

Para o especialista 1, o critério de menor importância foi o Índice de atendimento urbano e para o especialista 2, o critério de menor importância foi o Índice de esgoto tratado referido à água consumida. Com relação ao especialista 3, os critérios Índice de coleta de esgoto, Índice de atendimento total e Índice de atendimento urbano foram igualmente avaliados como os de menor importância.

O teste de inconsistência foi efetuado para avaliar a coerência das respostas seguindo o procedimento explicado no índice 3.6.1 (Tabelas 13, 14 e 15).

Tabela 13 - Teste de inconsistência para avaliar as respostas do especialista 1 em relação aos indicadores de saneamento.

$\lambda_{m\acute{a}x}$	6,617844
$n$	6
$IR$	1,24
$IC$	0,123569
$RC$	0,099652 9,96%

Fonte: Próprio autor, 2023.

Tabela 14 - Teste de inconsistência para avaliar as respostas do especialista 2 em relação aos indicadores de saneamento.

$\lambda_{m\acute{a}x}$	6,436424
$n$	6
$IR$	1,24
$IC$	0,087285
$RC$	0,070391 7,04%

Fonte: Próprio autor, 2023.

Tabela 15 - Teste de inconsistência para avaliar as respostas do especialista 3 em relação aos indicadores de saneamento.

$\lambda_{m\acute{a}x}$	6,460831
$n$	6
$IR$	1,24
$IC$	0,092166
$RC$	0,074328 7,43%

Fonte: Próprio autor, 2023.

Os resultados do teste de inconsistência foram inferiores a 0,1, sendo assim considerados aceitáveis e possibilitando a continuidade da análise.

Vale ressaltar que na primeira rodada de julgamentos, as respostas do especialista 3 apresentaram inconsistência, sendo incentivado a rever as suas respostas.

#### 5.1.2. Pesos dos indicadores socioeconômicos e de saúde

De maneira análoga aos procedimentos utilizados no índice 5.1.1, foram obtidas as matrizes de preferências para os indicadores socioeconômicos e de saúde (Tabelas 16, 17 e 18).

Tabela 16 - Matriz de preferências do especialista 1 em relação aos indicadores socioeconômicos e de saúde.

Indicadores	Internações por diarreia a cada mil habitantes	Índice de Desenvolvimento Humano	Produto Interno Bruto Municipal - PIBM	Índice de Gini da renda domiciliar per capita
Internações por diarreia a cada mil habitantes	1	4	4	4
Índice de Desenvolvimento Humano	0,250	1	2	0,333
Produto Interno Bruto Municipal - PIBM	0,250	0,500	1	0,333
Índice de Gini da renda domiciliar per capita	0,250	3	3	1

Fonte: Próprio autor, 2023.

Tabela 17 - Matriz de preferências do especialista 2 em relação aos indicadores socioeconômicos e de saúde.

Indicadores	Internações por diarreia a cada mil habitantes	Índice de Desenvolvimento Humano	Produto Interno Bruto Municipal - PIBM	Índice de Gini da renda domiciliar per capita
Internações por diarreia a cada mil habitantes	1	3	4	3
Índice de Desenvolvimento Humano	0,333	1	4	4
Produto Interno Bruto Municipal - PIBM	0,250	0,250	1	0,500
Índice de Gini da renda domiciliar per capita	0,333	0,250	2	1

Fonte: Próprio autor, 2023.

Tabela 18 - Matriz de preferências do especialista 3 em relação aos indicadores socioeconômicos e de saúde.

Indicadores	Internações por diarreia a cada mil habitantes	Índice de Desenvolvimento Humano	Produto Interno Bruto Municipal - PIBM	Índice de Gini da renda domiciliar per capita
Internações por diarreia a cada mil habitantes	1	5	5	5
Índice de Desenvolvimento Humano	0,200	1	1	1
Produto Interno Bruto Municipal - PIBM	0,200	1	1	1
Índice de Gini da renda domiciliar per capita	0,200	1	1	1

Fonte: Próprio autor, 2023.

Após a elaboração das matrizes de preferências houve a normalização dos valores para a obtenção do vetor peso (Tabelas 19, 20 e 21).

Tabela 19 - Matriz normalizada e vetor peso do especialista 1 em relação aos indicadores socioeconômicos e de saúde.

Indicadores	Internações por diarreia a cada mil habitantes	Índice de Desenvolvimento Humano	Produto Interno Bruto Municipal - PIBM	Índice de Gini da renda domiciliar per capita	Vetor peso
Internações por diarreia a cada mil habitantes	0,571	0,471	0,400	0,706	0,537
Índice de Desenvolvimento Humano	0,143	0,118	0,200	0,059	0,130
Produto Interno Bruto Municipal - PIBM	0,143	0,059	0,100	0,059	0,090
Índice de Gini da renda domiciliar per capita	0,143	0,353	0,300	0,176	0,243

Fonte: Próprio autor, 2023.

Tabela 20 - Matriz normalizada e vetor peso do especialista 2 em relação aos indicadores socioeconômicos e de saúde.

Indicadores	Internações por diarreia a cada mil habitantes	Índice de Desenvolvimento Humano	Produto Interno Bruto Municipal - PIBM	Índice de Gini da renda domiciliar per capita	Vetor peso
Internações por diarreia a cada mil habitantes	0,522	0,667	0,364	0,353	0,476
Índice de Desenvolvimento Humano	0,174	0,222	0,364	0,471	0,308
Produto Interno Bruto Municipal - PIBM	0,130	0,056	0,091	0,059	0,084
Índice de Gini da renda domiciliar per capita	0,174	0,056	0,182	0,118	0,132

Fonte: Próprio autor, 2023.

Tabela 21 - Matriz normalizada e vetor peso do especialista 3 em relação aos indicadores socioeconômicos e de saúde.

Indicadores	Internações por diarreia a cada mil habitantes	Índice de Desenvolvimento Humano	Produto Interno Bruto Municipal - PIBM	Índice de Gini da renda domiciliar per capita	Vetor peso
Internações por diarreia a cada mil habitantes	0,625	0,625	0,625	0,625	0,625
Índice de Desenvolvimento Humano	0,125	0,125	0,125	0,125	0,125
Produto Interno Bruto Municipal - PIBM	0,125	0,125	0,125	0,125	0,125
Índice de Gini da renda domiciliar per capita	0,125	0,125	0,125	0,125	0,125

Fonte: Próprio autor, 2023.

De acordo com os resultados acima, Internações por diarreia a cada mil habitantes foi o critério de maior importância de forma unânime entre os especialistas.

Por outro lado, o PIBM foi o critério de menor relevância para os especialistas, visto que apresentou os menores valores de peso durante a análise.

Após a obtenção dos vetores peso dos indicadores socioeconômicos e de saúde, foi realizado o teste inconsistência para analisar a coerência nas respostas dos especialistas (Tabelas 22, 23 e 24).

Tabela 22 - Teste de inconsistência para avaliar as respostas do especialista 1 em relação aos indicadores de socioeconômicos e de saúde.

$\lambda_{máx}$	4,218	
$n$	4	
$IR$	0,9	
$IC$	0,073	
$RC$	0,0807	8,07%

Fonte: Próprio autor, 2023.

Tabela 23 - Teste de inconsistência para avaliar as respostas do especialista 2 em relação aos indicadores de socioeconômicos e de saúde.

$\lambda_{máx}$	4,244	
$n$	4	
$IR$	0,9	
$IC$	0,081	
$RC$	0,0904	9,04%

Fonte: Próprio autor, 2023.

Tabela 24 - Teste de inconsistência para avaliar as respostas do especialista 3 em relação aos indicadores de socioeconômicos e de saúde.

$\lambda_{máx}$	4	
$n$	4	
$IR$	0,9	
$IC$	0	
$RC$	0	0,00%

Fonte: Próprio autor, 2023.

Apesar dos resultados apresentados nas Tabelas 22, 23 e 24 terem sido aceitáveis, é importante destacar que foi solicitado ao especialista 1 a revisão de suas respostas devido à falta de coerência na primeira rodada de julgamentos.

### 5.1.3. Pesos de categorias

Nesta etapa foi solicitado aos especialistas para avaliarem qual categoria seria mais importante: indicadores de saneamento ou indicadores socioeconômicos e de saúde.

Os especialistas 1 e 3 avaliaram que as duas categorias têm a mesma importância. O especialista 2 atribuiu que os indicadores de saneamento seriam quatro vezes mais importantes do que os indicadores socioeconômicos e de saúde.

Os resultados da atribuição de pesos estão dispostos na Tabela 25.

Tabela 25 - Pesos das categorias de critérios.

	<b>Especialista 1</b>	<b>Especialista 2</b>	<b>Especialista 3</b>
Indicadores de saneamento	0,500	0,800	0,500
Indicadores socioeconômicos e de saúde	0,500	0,200	0,500

Fonte: Próprio autor, 2023.

### 5.1.4. Pesos finais dos critérios

A avaliação dos critérios em categorias permitiu o cálculo da prioridade local, sendo a prioridade final dada pelo produto entre o peso do critério e o peso da categoria a que pertence. Para cada especialista, os pesos finais dos critérios podem ser observados na Tabela 26.

Tabela 26 - Pesos finais dos critérios para cada especialista.

Indicadores	Pesos dos indicadores para o especialista 1	Pesos dos indicadores para o especialista 2	Pesos dos indicadores para o especialista 3
Índice de coleta de esgoto	0,064	0,210	0,041
Índice de atendimento total de esgoto referido aos municípios atendidos com água	0,025	0,077	0,041
Índice de atendimento urbano de esgoto referido aos municípios atendidos com água	0,016	0,108	0,041
Índice de esgoto tratado referido à água consumida	0,067	0,033	0,149
Índice de tratamento de esgoto	0,105	0,042	0,078
Índice de esgotamento sanitário adequado	0,223	0,330	0,149
Internações por diarreia a cada mil habitantes	0,268	0,095	0,312
Índice de Desenvolvimento Humano	0,065	0,061	0,062
Produto Interno Bruto Municipal - PIBM	0,045	0,017	0,062
Índice de Gini da renda domiciliar per capita	0,121	0,026	0,062

Fonte: Próprio autor, 2023.

Para dar continuidade ao estudo, foi considerada a média aritmética entre os resultados dos pesos finais dos especialistas, conforme a Tabela 27.

Tabela 27 - Pesos finais dos critérios.

Indicadores	Pesos para especialista 1	Pesos para especialista 2	Pesos para especialista 3	Média aritmética	Peso final (%)
Índice de coleta de esgoto	0,064	0,210	0,041	0,1050	10,50
Índice de atendimento total de esgoto referido aos municípios atendidos com água	0,025	0,077	0,041	0,0477	4,77
Índice de atendimento urbano de esgoto referido aos municípios atendidos com água	0,016	0,108	0,041	0,0551	5,51
Índice de esgoto tratado referido à água consumida	0,067	0,033	0,149	0,0830	8,30
Índice de tratamento de esgoto	0,105	0,042	0,078	0,0751	7,51
Índice de esgotamento sanitário adequado	0,223	0,330	0,149	0,2341	23,41
Internações por diarreia a cada mil habitantes	0,268	0,095	0,312	0,2254	22,54
Índice de Desenvolvimento Humano	0,065	0,061	0,062	0,0630	6,30
Produto Interno Bruto Municipal - PIBM	0,045	0,017	0,062	0,0415	4,15
Índice de Gini da renda domiciliar per capita	0,121	0,026	0,062	0,0702	7,02

Fonte: Próprio autor, 2023.

Na coluna final com o peso de cada indicador, é possível observar que os indicadores de maior relevância são Índice de esgotamento sanitário adequado e Internações por diarreia a cada mil habitantes. Por outro lado, o Índice de atendimento total e o PIBM foram indicados como os indicadores de menor relevância.

## 5.2. APLICAÇÃO DO MÉTODO AHP PARA ORDENAÇÃO DAS ALTERNATIVAS

Conforme a metodologia apresentada no índice 4.6, após a definição dos pesos, deve-se normalizar os dados para comparar as alternativas (Tabelas 28 e 29).

Tabela 28 - Dados dos indicadores de saneamento normalizados.

Município	Índice de coleta de esgoto	Índice de atendimento total de esgoto referido aos municípios atendidos com água	Índice de atendimento urbano de esgoto referido aos municípios atendidos com água	Índice de esgoto tratado referido à água consumida	Índice de tratamento de esgoto	Índice de esgotamento adequado
Alhandra	0,111	0,087	0,139	0,111	1	0
Bayeux	0,152	0,093	0,094	0	0	0,595
Caaporã	0	0	0	0	0	0,120
Cabedelo	0,383	0,458	0,456	0,383	0	0,680
Conde	0	0	0	0	0	0,120
João Pessoa	1	1	1	1	1	1
Lucena	0	0	0	0	0	0,332
Pedras de Fogo	0,122	0,047	0,077	0,122	1	0,286
Pitimbu	0	0	0	0	0	0,127
Santa Rita	0,064	0,039	0,045	0	0	0,192

Fonte: Próprio autor, 2023.

Tabela 29 - Dados dos indicadores socioeconômicos e de saúde normalizados.

Município	Internação por diarreia a cada mil habitantes	Índice de Desenvolvimento Humano (IDH)	Produto Interno Bruto Municipal (PIBM)	Índice de Gini da renda per capita
Alhandra	1	0,062	0,097	1
Bayeux	0,421	0,409	0,053	0,906
Caaporã	0	0,166	0,013	0,854
Cabedelo	0,697	0,922	0,124	0
Conde	0,204	0,249	0,034	0,593
João Pessoa	0,421	1	1	0,235
Lucena	1	0,067	0	0,491
Pedras de Fogo	0,318	0,104	0,016	0,593
Pitimbu	0,697	0	0,008	0,739
Santa Rita	0,293	0,295	0,115	0,934

Fonte: Próprio autor, 2023.

Em posse dos resultados da normalização, as performances das alternativas foram calculadas através do produto entre as avaliações da alternativa nos critérios e o peso destes critérios.

Tabela 30 - Performance dos municípios.

<b>Município</b>	<b>Nota</b>
Alhandra	0,411
Bayeux	0,351
Caaporã	0,099
Cabedelo	0,574
Conde	0,133
João Pessoa	0,816
Lucena	0,342
Pedras de Fogo	0,292
Pitimbu	0,239
Santa Rita	0,211

Fonte: Próprio autor, 2023.

A partir da Tabela 30 foi possível ordenar os municípios invertendo a ordem das notas. Ou seja, classificar os municípios com as menores notas para ocuparem uma posição mais alta na priorização do recebimento de investimentos em esgotamento sanitário.

Tabela 31 - Notas finais e ranking dos municípios pelo método AHP.

<b>Município</b>	<b>Notas finais</b>	<b>Ranking</b>
Alhandra	2,431	8
Bayeux	2,845	7
Caaporã	10,089	1
Cabedelo	1,743	9
Conde	7,524	2
João Pessoa	1,226	10
Lucena	2,926	6
Pedras de Fogo	3,426	5
Pitimbu	4,185	4
Santa Rita	4,745	3

Fonte: Próprio autor, 2023.

De acordo com o método AHP, temos que os municípios com maior necessidade de investimentos em sistemas de esgotamento sanitário são: Caaporã, Conde e Santa Rita.

### 5.3. APLICAÇÃO DO MÉTODO ELECTRE II

De acordo com a metodologia apresentada no índice 4.7, após a definição dos pesos, são calculados os índices de concordância e discordância (Tabelas 32 e 33) para cada par de alternativas.

Tabela 32 - Matriz de concordância.

Município	Alhandra	Bayeux	Caaporã	Cabedelo	Conde	João Pessoa	Lucena	Pedras de Fogo	Pitimbu	Santa Rita
Alhandra	1	0,450	0,297	0,704	0,297	0,704	0,523	0,560	0,234	0,339
Bayeux	0,550	1	0,158	0,930	0,158	0,930	0,384	0,158	0,384	0,270
Caaporã	0,703	1	1	0,930	0,930	0,930	0,825	0,867	0,825	1
Cabedelo	0,371	0,070	0,070	1	0,070	0,775	0,296	0,145	0,296	0,070
Conde	0,703	1	0,670	0,930	1	0,930	0,825	0,896	0,896	1
João Pessoa	0,371	0,296	0,070	0,301	0,070	1	0,296	0,145	0,296	0,070
Lucena	0,703	0,775	0,540	0,704	0,540	0,704	1	0,540	0,477	0,540
Pedras de Fogo	0,515	0,842	0,133	0,930	0,175	0,930	0,460	1	0,296	0,175
Pitimbu	0,766	0,775	0,540	0,930	0,470	0,704	0,888	0,704	1	0,775
Santa Rita	0,661	0,888	0,158	0,930	0,158	0,930	0,618	0,825	0,384	1

Fonte: Próprio autor, 2023.

Tabela 33 - Matriz de discordância.

Município	Alhandra	Bayeux	Caaporã	Cabedelo	Conde	João Pessoa	Lucena	Pedras de Fogo	Pitimbu	Santa Rita
Alhandra	0	1	1	1	1	0,683	1	0,312	1	1
Bayeux	0,918	0	1	0,936	1	0,619	1	0,347	1	0,274
Caaporã	0,510	0	0	0,899	0,211	0,581	0,583	0,211	0,210	0
Cabedelo	0,942	1	1	0	1	0,049	1	0,807	1	1
Conde	0,510	0	0,817	0,688	0	0,371	0,783	0,173	0,313	0
João Pessoa	1	1	1	0,317	1	0	1	0,866	1	1
Lucena	0,791	0,073	1	0,594	0,281	0,277	0	0,110	0,266	0,147
Pedras de Fogo	0,753	1	1	0,688	1	0,371	1	0	1	1
Pitimbu	0,525	0,049	0,976	0,811	0,159	0,493	0,470	0,122	0	0,098
Santa Rita	0,644	0,078	1	0,955	1	0,638	1	0,298	1	0

Fonte: Próprio autor, 2023.

Após o cálculo dos índices de concordância e discordância entre os pares de alternativas, as relações de sobreclassificação foram estabelecidas através das condições expostas no índice 3.6.2 e rerepresentadas abaixo.

A relação de superação forte ( $S^F$ ):

$$aS^F b, \text{ se e somente se } \begin{cases} C(a, b) \geq c_1 \\ g_j(a) - g_j(b) \leq d_1 \\ \frac{P^+(a, b)}{P^-(a, b)} \geq 1 \end{cases}$$

ou

$$aS^F b, \text{ se e somente se } \begin{cases} C(a, b) \geq c_2 \\ g_j(a) - g_j(b) \leq d_2 \\ \frac{P^+(a, b)}{P^-(a, b)} \geq 1 \end{cases}$$

onde:

$P^+(a, b)$  é o somatório dos pesos dos critérios em a alternativa a é preferível à b;

$P^-(a, b)$  é o somatório dos pesos quando b é preferível à a.

Para relação de superação fraca ( $S^f$ ):

$$aS^f b, \text{ se e somente se } \begin{cases} C(a, b) \geq c_3 \\ g_j(a) - g_j(b) \leq d_1 \\ \frac{P^+(a, b)}{P^-(a, b)} \geq 1 \end{cases}$$

Os limites adotados para a concordância foram de  $c_1=0,9$ ,  $c_2=0,6$  e  $c_3=0,3$  e, para discordância,  $d_1=0,7$  e  $d_2=0,5$ , resultando nas matrizes de superação forte e fraca (Tabelas 34 e 35).

Tabela 34 - Matriz de superação forte.

Município	Alhandra	Bayeux	Caaporã	Cabedelo	Conde	João Pessoa	Lucena	Pedras de Fogo	Pitimbu	Santa Rita
Alhandra		0	0	0	0	0	0	0	0	0
Bayeux	0		0	0	0	1	0	0	0	0
Caaporã	0	1		0	1	1	0	1	1	1
Cabedelo	0	0	0		0	1	0	0	0	0
Conde	0	1	0	1		1	0	1	1	1
João Pessoa	0	0	0	0	0		0	0	0	0
Lucena	0	1	0	0	0	1		0	0	0
Pedras de Fogo	0	0	0	1	0	1	0		0	0
Pitimbu	0	1	0	0	0	1	1	1		1
Santa Rita	0	1	0	0	0	1	0	1	0	

Fonte: Próprio autor, 2023.

Tabela 35 - Matriz de superação fraca.

Município	Alhandra	Bayeux	Caaporã	Cabedelo	Conde	João Pessoa	Lucena	Pedras de Fogo	Pitimbu	Santa Rita
Alhandra		0	0	0	0	1	0	1	0	0
Bayeux	0		0	0	0	1	0	0	0	0
Caaporã	1	1		0	1	1	0	1	1	1
Cabedelo	0	0	0		0	1	0	0	0	0
Conde	1	1	0	1		1	0	1	1	1
João Pessoa	0	0	0	0	0		0	0	0	0
Lucena	0	1	0	1	0	1		1	0	0
Pedras de Fogo	0	0	0	1	0	1	0		0	0
Pitimbu	1	1	0	0	0	1	1	1		1
Santa Rita	1	1	0	0	0	1	0	1	0	

Fonte: Próprio autor, 2023.

As relações binárias estabelecidas nas matrizes expressam a superação de uma alternativa em relação a outra. Tomando a primeira linha da Tabela 34, verifica-se que Caaporã supera Baxeux, Conde, João Pessoa, Pedras de Fogo, Pitimbu e Santa Rita. Tomando a coluna 3 da Tabela 34, temos que Caaporã não é superada por nenhuma alternativa.

As relações de superação foram representadas em grafos e, em seguida, realizados os passos necessários para ordenação das alternativas. O procedimento seguido está exposto no índice 3.6.2.

Tabela 36 - Ranking dos municípios, segundo o ELECTRE II.

	Pré-ordem ascendente	Pré-ordem descendente	Ranking final
Alhandra	5	6	6
Bayeux	5	6	6
Caaporã	1	1	1
Cabedelo	7	6	7
Conde	2	2	2
João Pessoa	8	7	8
Lucena	4	4	4
Pedras de Fogo	6	5	6
Pitimbu	3	3	3
Santa Rita	4	4	4

Fonte: Próprio autor, 2023.

O método ELECTRE II possibilitou a identificação dos municípios de Caaporã, Conde e Pitimbu como os mais carentes de investimentos na região.

## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho buscou, através da aplicação dos métodos *Analytic Hierarchy Process* (AHP) e ELECTRE II, desenvolver um modelo de análise multicritério para a priorização de investimentos em municípios com maior carência em sistemas de esgotamento sanitário.

A aplicação do método AHP possibilitou a atribuição dos pesos dos critérios, assim como o ranqueamento dos municípios que compõem a Região Metropolitana de João Pessoa de acordo com a necessidade de investimentos na área de esgotamento sanitário. Os resultados do método AHP indicaram os municípios de Caaporã, Conde e Santa Rita como os que mereciam maior atenção em relação à questão sanitária.

O método ELECTRE II destacou-se por proporcionar a comparação das alternativas avaliando os limites de aceitabilidade. Diferente do método AHP, este modelo não permite a compensação de critérios. Os municípios de Caaporã, Conde e Pitimbu foram indicados como os de maior carência pelo método ELECTRE II.

Na comparação dos dois métodos, pode-se perceber uma sutil variação na ordenação das alternativas, destacando a preferência pelo município de Pitimbu ao município de Santa Rita. Existe também a possibilidade de, no método ELECTRE II, duas alternativas ocuparem a mesma posição no ranking.

Ainda que exista uma preferência pelo método ELECTRE II com destaque para comparação entre alternativas aos pares, adoção de diferentes limites de concordância e discordância, e relações de preferências de maior proximidade à realidade, não é possível afirmar que este método teria melhor performance para avaliação dos municípios do que o AHP.

A sugestão é que sejam aplicados outros métodos mais sofisticados, a exemplo do PROMETHEE que segue a mesma corrente do ELECTRE, mas apresenta um processo mais rebuscado de obtenção dos resultados com utilização de *softwares*. Outro ponto a se destacar é que sejam considerados, em futuras análises, dados mais recentes dos indicadores socioeconômicos e de saúde, e que sejam adicionados novos indicadores para avaliação. Desta forma, é possível aumentar as possibilidades de discussões a respeito da carência de esgotamento sanitário.

## 7 REFERÊNCIAS

ABREU, L. M. et al. Escolha de um Programa de Controle da Qualidade da Água para Consumo Humano: Aplicação do Método AHP. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.4, n.2, p.257-262, 2000. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbeaa/a/ggmSPmBW8fwVr9qtmY3SkDC/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 9 de abr. 2023.

Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. **ATLAS ESGOTOS**. Disponível em: <https://app.powerbi.com/view?r=eyJrIjoiZjA1ZjQwZWUtYmRkYS00YjM0LWFhMjItMTMyOTQ0NDIjNGQyIiwidCI6ImUwYmI0MDEyLTgxMGItdmY5YS00YjRkLTY2N2ZjZDFiYWY4OCJ9>. Acesso: 20 de mai. 2023.

ANDO, J. K; COSTA, H. G. **Electre II Aplicado à Seleção de Estratégia de Manutenção em Operadoras de Táxi Aéreo “Offshore”**. In: **SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PESQUISA OPERACIONAL**, nº 36, 2004, São João del Rei. Disponível em: <http://www.din.uem.br/sbpo/sbpo2004/pdf/arq0168.pdf>. Acesso em: 25 de mai. 2023.

AYALA, N. F; FRANK, A. G. **Métodos de análise multicriterial: uma revisão bibliográfica**. In: **SEMANA DE LA INGENIERIA DE PRODUCCIÓN SUDAMERICANA**, nº 13, 2013, Gramado. Disponível em: <https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/196504/000903880.pdf?sequence=1>. Acesso em: 9 de abr. 2023.

BERZINS, L. J. **Avaliação de Desempenho pelo AHP, através do superdecisions: Caso Inmetro**. Dissertação (Mestrado Profissionalizante em Administração) – Faculdade de Economia e Finanças IBMEC, Rio de Janeiro, 2009. Disponível em: [http://s3.amazonaws.com/public-cdn.ibmec.br/portalibmec-content/public/arquivos/df/dis\\_2009\\_15\\_-\\_lorena\\_jacobson\\_berzins.pdf](http://s3.amazonaws.com/public-cdn.ibmec.br/portalibmec-content/public/arquivos/df/dis_2009_15_-_lorena_jacobson_berzins.pdf). Acesso em: 10 de abr. 2023.

BRASIL. Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007. Estabelece as diretrizes nacionais para o saneamento básico e para a política federal de saneamento básico. **Diário Oficial da União**: seção 1, Brasília, DF, ano 155, n. 5, p. 3-7, 8 jan. 2007. Disponível em: [https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2007/lei/11445.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/lei/11445.htm). Acesso em: 25 de mai. 2023.

\_\_\_\_\_. Lei nº 14.026, de julho de 2020. Atualiza o marco legal do saneamento. **Diário Oficial da União**: seção 1, Brasília, DF, ano 158, n. 135, p. 1-8, 16 jul. 2020. Disponível em: [https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2019-2022/2020/lei/14026.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2020/lei/14026.htm). Acesso em: 25 de mai. 2023.

\_\_\_\_\_, Ministério do Desenvolvimento Regional, Secretaria Nacional de Saneamento – SNS. **Diagnóstico dos serviços de Água e Esgoto: Visão Geral – 2021**. Brasília: SNIS, 2019. Disponível em: <https://arquivos->

snis.mdr.gov.br/REPUBLICACAO\_DIAGNOSTICO\_TEMATICO\_VISAO\_GERAL\_AE\_SNIS\_2022.pdf. Acesso em: 12 de mai. 2023.

\_\_\_\_\_, Ministério do Desenvolvimento Regional, Secretaria Nacional de Saneamento – SNS. **Painel de Saneamento**. Brasília: SNIS, 2021. Disponível em: [http://appsnis.mdr.gov.br/indicadores/web/agua\\_esgoto/mapa-esgoto/?cod=25](http://appsnis.mdr.gov.br/indicadores/web/agua_esgoto/mapa-esgoto/?cod=25). Acesso em: 20 de abr. 2023.

\_\_\_\_\_, Ministério do Desenvolvimento Regional, Secretaria Nacional de Saneamento – SNS. **PLANSAB: Plano Nacional de Saneamento Básico**. Brasília: SNIS, 2022. Disponível em: [https://www.gov.br/mdr/pt-br/assuntos/saneamento/plansab/Versao\\_Conselhos\\_Resolucao\\_Alta\\_Capa\\_Atualizada.pdf](https://www.gov.br/mdr/pt-br/assuntos/saneamento/plansab/Versao_Conselhos_Resolucao_Alta_Capa_Atualizada.pdf). Acesso em: 15 de mai. 2023.

\_\_\_\_\_. Fundação Nacional de Saúde. **Caderno didático técnico para curso de gestão de sistemas de esgotamento sanitário em áreas rurais do Brasil**. Brasília: FUNASA, 2020. Disponível em: [http://www.funasa.gov.br/documents/20182/38564/CADERNO\\_SUSTENTAR\\_Gestao\\_de\\_Sistemas\\_de\\_Esgotamento\\_Sanitario\\_em\\_areas\\_rurais.pdf/ca2ec945-8327-4756-a9c1-a9aaf329be1c](http://www.funasa.gov.br/documents/20182/38564/CADERNO_SUSTENTAR_Gestao_de_Sistemas_de_Esgotamento_Sanitario_em_areas_rurais.pdf/ca2ec945-8327-4756-a9c1-a9aaf329be1c). Acesso em: 19 de mai. 2023.

\_\_\_\_\_. Fundação Nacional de Saúde. **Manual do Saneamento**, 5. ed. Brasília: FUNASA, 2019.

CAMPOS, V. R. **Modelo de Apoio à Decisão Multicritério para Priorização de Projetos em Saneamento**. Teste (Doutorado em Engenharia de Produção) – Escola de Engenharia de São Carlos do Universidade de São Paulo, 2011. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18157/tde-08022012-104925/publico/VanessaRibeiroCampos.pdf>. Acesso em: 15 de abr. 2023.

COSTA NETO, L. A.; BRITO, A. V. **Aplicação do Método AHP no Processo de Seleção de Fornecedores em um Empreendimento de Cerro Corá-RN**. Trabalho de Conclusão de Curso, Universidade Federal Rural do Semi-Árido, 2020. Disponível em: <https://repositorio.ufersa.edu.br/handle/prefix/4877>. Acesso em: 23 de abr. 2023.

FREDERICO, L.; SANTOS, M. **Live Método ELECTRE: Prof. MSc. Luiz Frederico e Prof. Dr. Marcos Santos**. Youtube, 2020. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=Yrdkfb05wWo>. Acesso em: 19 de mai. 2023.

FREITAS, E. C. B. **Seleção de Tecnologias de Tratamento de Esgoto Utilizando Análise Multicritério**. Dissertação (Mestre em Engenharia Ambiental e Sanitária) - Universidade Federal de Goiás, 2020.

GOMES, F. D. Falta de Saneamento: O Preço que o Estado e a População Pagam. **Paradiplomacia Ambiental: Agenda 2023**, Santos, SP, Editora Universitária Leopoldianum, p. 109-129, 2020. Disponível em: [https://www.researchgate.net/profile/Rosilandy-Lapa-2/publication/349773705\\_Alem\\_do\\_habitual\\_reflexoes\\_sobre\\_propostas\\_de\\_solucoes\\_duraveis\\_no\\_ambito\\_das\\_migracoes\\_forçadas/links/604142f692851c077f188e6d/Alem-do-habitual-](https://www.researchgate.net/profile/Rosilandy-Lapa-2/publication/349773705_Alem_do_habitual_reflexoes_sobre_propostas_de_solucoes_duraveis_no_ambito_das_migracoes_forçadas/links/604142f692851c077f188e6d/Alem-do-habitual-)

reflexoes-sobre-propostas-de-solucoes-duraveis-no-ambito-das-migracoes-forçadas.pdf#page=109. Acesso em: 25 de mai. 2023.

GOMES, L. F. A. M; GOMES, C. F. S. **Princípios e Métodos para Tomada de Decisão Enfoque Multicritério**. 6. ed. São Paulo: Grupo GEN, 2019. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788597021592/>. Acesso em: 10 de abr. 2023.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia E Estatística. **IBGE Cidades**. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pb/panorama>. Acesso: 20 de abr. 2023.

\_\_\_\_\_. **Censo Brasileiro de 2010**. Rio de Janeiro, 2012. Disponível em: <https://datasus.saude.gov.br/informacoes-de-saude-tabnet/>. Acesso em: 20 de abr. 2023.

LAMEGO, M. R. R. **Hepatite A e sua relação com serviços de saneamento básico em Juiz de Fora - MG**. Trabalho de Conclusão de Curso, Universidade Federal de Juiz de Fora, 2028. Disponível em: [https://www2.ufjf.br/engsanitariaeambiental/files/2014/02/TFC\\_M%a1rcia08.12.18-Apos-corre%a7%b5es-banca-1.pdf](https://www2.ufjf.br/engsanitariaeambiental/files/2014/02/TFC_M%a1rcia08.12.18-Apos-corre%a7%b5es-banca-1.pdf). Acesso em: 25 de mai. 2023.

LEITE, I. M. S; FREITAS, F. F. T. **Análise Comparativa dos Métodos de Apoio Multicritério a Decisão: AHP, ELECTRE e PROMETHEE**. In: **ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**, nº 32, 2012, Bento Gonçalves. Disponível em: [https://abepro.org.br/biblioteca/enegep2012\\_TN\\_STP\\_162\\_944\\_20906.pdf](https://abepro.org.br/biblioteca/enegep2012_TN_STP_162_944_20906.pdf). Acesso em: 9 de abr. 2023.

LIMA JUNIOR, F. R; OSIRO, L; CARPINETTI, L. C. R. Métodos de decisão multicritério para seleção de fornecedores: um panorama do estado da arte. **Gestão e Produção**, São Carlos, v. 20, n. 4, p. 781-801, 2013. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/gp/a/6dg97pfkmZDsWSC9Jsp53SD/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 19 de abr. 2023.

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. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ac/a/jhNwXdVpXJQpmgrkPqJqmB/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 23 de abr. 2023.

MARINS, C. S; SOUZA, D. O; BARROS, M. S. **O Uso do Método de Análise Hierárquica (AHP) na Tomada de Decisões Gerenciais: Um Estudo de Caso**. In: **SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PESQUISA OPERACIONAL**, nº 41, 2009, Porto Seguro. Disponível em: <http://www2.ic.uff.br/~emitacc/AMD/Artigo%204.pdf>. Acesso em: 9 de abr. 2023.

MEDEIROS, I, D. **Análise Multicritério para a Definição de Prioridade de Investimento em Tecnologias Sociais de Abastecimento de Água**. Trabalho de Conclusão de Curso, Universidade Federal da Paraíba, 2021.

MORAIS, D. M; ALMEIDA, A, T. **Aplicação do ELECTRE II no gerenciamento de sistemas de abastecimento de água para redução de perdas.** In: **ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DA PRODUÇÃO**, nº 23, 2003, Ouro Preto. Disponível em: [https://abepro.org.br/biblioteca/enegep2003\\_tr0602\\_0949.pdf](https://abepro.org.br/biblioteca/enegep2003_tr0602_0949.pdf). Acesso em: 25 de mai. 2023.

MOREIRA, R. A. **Análise multicritério dos projetos do SEBRAE/RJ através do ELECTRE IV.** Dissertação (Mestrado Profissionalizante em Administração) – Faculdade de Economia e Finanças IBMEC, Rio de Janeiro, 2007. Disponível em: [http://s3.amazonaws.com/public-cdn.ibmec.br/portalibmec-content/public/arquivos/df/dis\\_2007\\_09\\_-\\_rogerio\\_amadel\\_moreita.pdf](http://s3.amazonaws.com/public-cdn.ibmec.br/portalibmec-content/public/arquivos/df/dis_2007_09_-_rogerio_amadel_moreita.pdf). Acesso em: 10 de abr. 2023.

NICOLAU, L, V. **Análise Multicriterial para a Priorização de Investimentos no Setor de Sistemas de Esgotamento Sanitário.** Trabalho de Conclusão de Curso, Universidade Federal de Santa Catarina, 2007. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/124367/77.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 23 de abr. 2023.

PARAÍBA. Lei Complementar nº 59, de 30 de dezembro de 2003. Paraíba: Assembleia Legislativa, 2003. Disponível em: [https://www.pm.pb.gov.br/arquivos/legislacao/Leis\\_Ordinarias/2003\\_CRIA\\_A\\_REGIAO\\_METROPOLITANA\\_DE\\_JOAO\\_PESSOA.pdf](https://www.pm.pb.gov.br/arquivos/legislacao/Leis_Ordinarias/2003_CRIA_A_REGIAO_METROPOLITANA_DE_JOAO_PESSOA.pdf). Acesso em: 25 mai. 2023.

\_\_\_\_\_. Lei Complementar nº 90, de 23 de setembro de 2003. Paraíba: Assembleia Legislativa, 2003. Disponível em: [https://www.pm.pb.gov.br/arquivos/legislacao/Leis\\_Complementares/2009\\_DA\\_NOVA\\_REDACAO\\_AO\\_ART\\_1\\_DO\\_CAPITULO\\_I\\_DA\\_LEI\\_COMPLEMENTAR\\_N\\_59\\_DE\\_30\\_DE\\_DEZEMBRO\\_DE\\_2003\\_E\\_DA\\_OUTRAS\\_PROVIDENCIAS.pdf](https://www.pm.pb.gov.br/arquivos/legislacao/Leis_Complementares/2009_DA_NOVA_REDACAO_AO_ART_1_DO_CAPITULO_I_DA_LEI_COMPLEMENTAR_N_59_DE_30_DE_DEZEMBRO_DE_2003_E_DA_OUTRAS_PROVIDENCIAS.pdf). Acesso em: 25 de mai. 2023.

\_\_\_\_\_. Lei Complementar nº 93, de dezembro de 2009. **Diário Oficial do Estado da Paraíba**, Paraíba, PB, n. 14257, p. 1, 13 dez. 2009. Disponível em: [http://static.paraiba.pb.gov.br/diariooficial\\_old/diariooficial13122009.pdf](http://static.paraiba.pb.gov.br/diariooficial_old/diariooficial13122009.pdf). Acesso em: 25 de mai. 2023.

SANTOS, R. B. **Avaliação de Intervenções Hidráulicas na Bacia do Rio Gramame-PB com Uso de Técnicas de Análise Multiobjetivo e Multicriterial.** Tese (Doutorado em Recursos Hídricos) - Universidade Federal de Campina Grande, 2009. Disponível em: <http://dspace.sti.ufcg.edu.br:8080/jspui/bitstream/riufcg/16998/3/ROSINETE%20BATISTA%20DOS%20SANTOS%20-%20TESE%20PPGRN%202009.pdf>. Acesso em: 19 de abr. 2023.

SAATY, T.L. Decision making with the analytic hierarchy process. **Int. J. Services Sciences**, v. 1, nº. 1, p.83–98, 2008. Disponível em: <https://www.rafikulislam.com/uploads/resourses/197245512559a37aadea6d.pdf>. Acesso em: 10 de abr. 2023.

SILVA, R.C. **Proposta de método para priorização de alternativas por múltiplos critérios.** (Tese doutorado). Instituto Tecnológico de Aeronáutica/ITA, 2006. Disponível em:

[http://bdtd.ibict.br/vufind/Record/ITA\\_19c176cd76e75ce05bd2ea5aa39a6cd6](http://bdtd.ibict.br/vufind/Record/ITA_19c176cd76e75ce05bd2ea5aa39a6cd6). Acesso em: 19 de abr. 2023.

SOARES, L. V. **Sistemas de esgotamento sanitário**. In: **SOARES, Sistemas de Esgoto e Drenagem**. Engenharia Civil. Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2019. 50 slides. Notas de aula.

SOBRINHO, P. A.; TSUTIYA, M. T. **Coleta e transporte de esgoto sanitário**. 2. ed. São Paulo, 2000. Disponível em: <https://pt.slideshare.net/brunelasn/coleta-e-transporte-de-esgoto-tsutiya>. Acesso em: 15 de abr. 2023.

TEIXEIRA, J. C; HELLER, L. **Modelo de Priorização de Investimentos em Saneamento com ênfase em Indicadores de Saúde**: Desenvolvimento e Aplicação em uma Companhia Estadual. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, Campina Grande, v. 6, n. 3, p.138-146, 2001. Disponível em: [https://www.researchgate.net/profile/Leo-Heller/publication/237491835\\_MODELO\\_DE\\_PRIORIZAO\\_DE\\_INVESTIMENTOS\\_EM\\_SANEAMENTO\\_COMNFASE\\_EM\\_INDICADORES\\_DE\\_SADE\\_DESENVOLVIMENTO\\_E\\_APLICAO\\_EM\\_UMA\\_COMPANHIA\\_ESTADUAL/links/0deec52265ccb0a2d9000000/MODELO-DE-PRIORIZAO-DE-INVESTIMENTOS-EM-SANEAMENTO-COMNFASE-EM-INDICADORES-DE-SADE-DESENVOLVIMENTO-E-APLICAO-EM-UMA-COMPANHIA-ESTADUAL.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Leo-Heller/publication/237491835_MODELO_DE_PRIORIZAO_DE_INVESTIMENTOS_EM_SANEAMENTO_COMNFASE_EM_INDICADORES_DE_SADE_DESENVOLVIMENTO_E_APLICAO_EM_UMA_COMPANHIA_ESTADUAL/links/0deec52265ccb0a2d9000000/MODELO-DE-PRIORIZAO-DE-INVESTIMENTOS-EM-SANEAMENTO-COMNFASE-EM-INDICADORES-DE-SADE-DESENVOLVIMENTO-E-APLICAO-EM-UMA-COMPANHIA-ESTADUAL.pdf). Acesso em: 5 de mai. 2023.

TORRES, C. J. F. **Desenvolvimento Metodológico para Apoio à Tomada de Decisão sobre o Programa de Efetivação de Enquadramento dos Corpos D'água**. Dissertação (Mestre em Engenharia Ambiental Urbana) - Universidade Federal da Bahia, 2014. Disponível em: <https://repositorio.ufba.br/bitstream/ri/15265/1/DISSERTA%C3%87%C3%83O%20-%20C%C3%81SSIA%20JULIANA%20F.%20TORRES.pdf>. Acesso em: 19 de abr. 2023.

TRATA BRASIL. **Ranking do Saneamento do Instituto Trata Brasil de 2023 (SNIS 2021)**. São Paulo, 2023. Disponível em: [https://tratabrasil.org.br/wp-content/uploads/2023/03/Versao-Final-do-Relatorio\\_Ranking-do-Saneamento-de-2023-2023.03.10.pdf](https://tratabrasil.org.br/wp-content/uploads/2023/03/Versao-Final-do-Relatorio_Ranking-do-Saneamento-de-2023-2023.03.10.pdf). Acesso em: 21 de mai. 2023.

TRATA BRASIL. **O que é saneamento**. Disponível em: <https://tratabrasil.org.br/o-que-e-saneamento/>. Acesso em: 20 de mai. 2023.

TRATA BRASIL. **Esgoto**. Disponível em: <https://tratabrasil.org.br/principais-estatisticas/esgoto/>. Acesso em: 20 de mai. 2023.

VILAS, C. **Análise da Aplicação de Métodos Multicritérios de Apoio à Decisão (MMAD) na Gestão de Recursos Hídricos**. Disponível em: <https://silo.tips/download/analise-da-aplicacao-de-metodos-multicriterios-de-apoio-a-decisao-mmad-na-gestao#>. Acesso em: 20 abr. 2023.

VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2005.

## APÊNDICE A – FORMULÁRIO

# Método AHP - Definição dos pesos dos critérios (ou indicadores)

A pesquisa tem como objetivo desenvolver uma metodologia para a classificação dos municípios com maior necessidade de investimento em sistemas de esgotamento sanitário e aplicação em uma área de estudo: a região metropolitana de João Pessoa.

Para isso, é necessário determinar a importância dos critérios utilizados para caracterizar os municípios.

A definição dos pesos dos critérios (ou indicadores) é dada pela comparação dos critérios par a par, devendo identificar o grau de preferência através de uma escala de 1 a 9 proposta pelo autor do método. A escala pode ser interpretada da seguinte forma.

- 1 - Mesma importância;
- 2 - Quase a mesma importância;
- 3 - Importância pequena de um sobre o outro;
- 4 - Valor intermediário (quando se procura uma condição entre as duas definições adjacentes);
- 5 - Importância forte;
- 6 - Valor intermediário (quando se procura uma condição entre as duas definições adjacentes);
- 7 - Importância muito forte;
- 8 - Valor intermediário (quando se procura uma condição entre as duas definições adjacentes);
- 9 - Importância absoluta.

A pesquisa contará com três etapas de comparação, sendo a primeira entre os indicadores de saneamento, a segunda entre os indicadores socioeconômicos e de saúde e a terceira entre as categorias de indicadores.

\* Indica uma pergunta obrigatória

---

### 1. E-mail \*

*Pular para a pergunta 2*

## Indicadores de saneamento

Serão comparados os indicadores de saneamento expostos na tabela 1.

Tabela 1 - Indicadores de saneamento

Indicador	Fonte	Explicação
Índice de coleta de esgoto	SNIS – Série História. Ano de referência 2021.	Expressa o percentual de esgoto coletado em relação ao volume de água consumido.
Índice de atendimento total de esgoto referido aos municípios atendidos com água	SNIS – Série História. Ano de referência 2021.	Expressa o percentual da população total atendida com esgotamento sanitário em relação à população total residente do município com abastecimento de água, segundo o IBGE.
Índice de atendimento urbano de esgoto referido aos municípios atendidos com água	SNIS – Série História. Ano de referência 2021.	Expressa o percentual da população urbana atendida com esgotamento sanitário em relação à população urbana residente do município com abastecimento de água, segundo o IBGE.
Índice de esgoto tratado referido à água consumida	SNIS – Série História. Ano de referência 2021.	Expressa o percentual de esgoto tratado em relação ao volume de água consumido.
Índice de tratamento de esgoto	SNIS – Série História. Ano de referência 2021.	Expressa o percentual de esgoto tratado e em relação ao volume coletado.
Índice de esgotamento sanitário adequado	IBGE Cidades. Ano de referência 2010.	Expressa o percentual da população total residente nos domicílios particulares permanentes com esgotamento sanitário do tipo rede geral e fossa séptica em relação à população total residente nos domicílios particulares permanentes.

2. 1. Qual é o critério mais importante? \*

*Marcar apenas uma oval.*

- Índice de coleta de esgoto
- Índice de atendimento total de esgoto referido aos municípios atendidos com água
- Os dois critérios têm a mesma importância

## 3. 2. Quanto o critério escolhido é mais importante? \*

*Marcar apenas uma oval.*

- Não se aplica (Os dois critérios têm a mesma importância)2 -
- Quase a mesma importância
- 3 - Importância pequena de um sobre a outro
- 4 - Valor intermediário (se procura uma condição entre as duas definições adjacentes)
- 5 - Importância grande
- 6 - Valor intermediário (se procura uma condição entre as duas definições adjacentes)
- 7 - Importância muito grande
- 8 - Valor intermediário (se procura uma condição entre as duas definições adjacentes)
- 9 - Importância absoluta

## 4. 3. Qual é o critério mais importante? \*

*Marcar apenas uma oval.*

- Índice de coleta de esgoto
- Índice de atendimento urbano de esgoto referido aos municípios atendidos com água
- Os dois critérios têm a mesma importância

## 5. 4. Quanto o critério escolhido é mais importante? \*

*Marcar apenas uma oval.*

- Não se aplica (Os dois critérios têm a mesma importância)2 -
- Quase a mesma importância
- 3 - Importância pequena de um sobre a outro
- 4 - Valor intermediário (se procura uma condição entre as duas definições adjacentes)
- 5 - Importância grande
- 6 - Valor intermediário (se procura uma condição entre as duas definições adjacentes)
- 7 - Importância muito grande
- 8 - Valor intermediário (se procura uma condição entre as duas definições adjacentes)
- 9 - Importância absoluta

## 6. 5. Qual é o critério mais importante? \*

*Marcar apenas uma oval.*

- Índice de coleta de esgoto
- Índice de esgoto tratado referido à água consumidaOs dois
- critérios têm a mesma importância

## 7. 6. Quanto o critério escolhido é mais importante? \*

*Marcar apenas uma oval.*

- Não se aplica (Os dois critérios têm a mesma importância)2 -
- Quase a mesma importância
- 3 - Importância pequena de um sobre a outro
- 4 - Valor intermediário (se procura uma condição entre as duas definições adjacentes)
- 5 - Importância grande
- 6 - Valor intermediário (se procura uma condição entre as duas definições adjacentes)
- 7 - Importância muito grande
- 8 - Valor intermediário (se procura uma condição entre as duas definições adjacentes)
- 9 - Importância absoluta

## 8. 7. Qual é o critério mais importante? \*

*Marcar apenas uma oval.*

- Índice de coleta de esgoto Índice
- de tratamento de esgoto
- Os dois critérios têm a mesma importância

## 9. 8. Quanto o critério escolhido é mais importante? \*

*Marcar apenas uma oval.*

- Não se aplica (Os dois critérios têm a mesma importância)2 -
- Quase a mesma importância
- 3 - Importância pequena de um sobre a outro
- 4 - Valor intermediário (se procura uma condição entre as duas definições adjacentes)
- 5 - Importância grande
- 6 - Valor intermediário (se procura uma condição entre as duas definições adjacentes)
- 7 - Importância muito grande
- 8 - Valor intermediário (se procura uma condição entre as duas definições adjacentes)
- 9 - Importância absoluta

## 10. 9. Qual é o critério mais importante? \*

*Marcar apenas uma oval.*

- Índice de coleta de esgoto
- Índice de esgotamento sanitário adequado Os
- dois critérios têm a mesma importância

## 11. 10. Quanto o critério escolhido é mais importante? \*

*Marcar apenas uma oval.*

- Não se aplica (Os dois critérios têm a mesma importância)2 -
- Quase a mesma importância
- 3 - Importância pequena de um sobre a outro
- 4 - Valor intermediário (se procura uma condição entre as duas definições adjacentes)
- 5 - Importância grande
- 6 - Valor intermediário (se procura uma condição entre as duas definições adjacentes)
- 7 - Importância muito grande
- 8 - Valor intermediário (se procura uma condição entre as duas definições adjacentes)
- 9 - Importância absoluta

## 12. 11. Qual é o critério mais importante? \*

*Marcar apenas uma oval.*

- Índice de atendimento total de esgoto referido aos municípios atendidos com água
- Índice de atendimento urbano de esgoto referido aos municípios atendidos com água
- Os dois critérios têm a mesma importância

13. 12. Quanto o critério escolhido é mais importante? \*

*Marcar apenas uma oval.*

- Não se aplica (Os dois critérios têm a mesma importância)2 -
- Quase a mesma importância
- 3 - Importância pequena de um sobre a outro
- 4 - Valor intermediário (se procura uma condição entre as duas definições adjacentes)
- 5 - Importância grande
- 6 - Valor intermediário (se procura uma condição entre as duas definições adjacentes)
- 7 - Importância muito grande
- 8 - Valor intermediário (se procura uma condição entre as duas definições adjacentes)
- 9 - Importância absoluta

14. 13. Qual é o critério mais importante? \*

*Marcar apenas uma oval.*

- Índice de atendimento total de esgoto referido aos municípios atendidos com água
- Índice de esgoto tratado referido à água consumidaOs
- dois critérios têm a mesma importância

15. 14. Quanto o critério escolhido é mais importante? \*

*Marcar apenas uma oval.*

- Não se aplica (Os dois critérios têm a mesma importância)2 -
- Quase a mesma importância
- 3 - Importância pequena de um sobre a outro
- 4 - Valor intermediário (se procura uma condição entre as duas definições adjacentes)
- 5 - Importância grande
- 6 - Valor intermediário (se procura uma condição entre as duas definições adjacentes)
- 7 - Importância muito grande
- 8 - Valor intermediário (se procura uma condição entre as duas definições adjacentes)
- 9 - Importância absoluta

16. 15. Qual é o critério mais importante? \*

*Marcar apenas uma oval.*

- Índice de atendimento total de esgoto referido aos municípios atendidos com água
- Índice de tratamento de esgoto
- Os dois critérios têm a mesma importância

17. 16. Quanto o critério escolhido é mais importante? \*

*Marcar apenas uma oval.*

- Não se aplica (Os dois critérios têm a mesma importância)2 -
- Quase a mesma importância
- 3 - Importância pequena de um sobre a outro
- 4 - Valor intermediário (se procura uma condição entre as duas definições adjacentes)
- 5 - Importância grande
- 6 - Valor intermediário (se procura uma condição entre as duas definições adjacentes)
- 7 - Importância muito grande
- 8 - Valor intermediário (se procura uma condição entre as duas definições adjacentes)
- 9 - Importância absoluta

18. 17. Qual é o critério mais importante? \*

*Marcar apenas uma oval.*

- Índice de atendimento total de esgoto referido aos municípios atendidos com água
- Índice de esgotamento sanitário adequado Os
- dois critérios têm a mesma importância

19. 18. Quanto o critério escolhido é mais importante? \*

*Marcar apenas uma oval.*

- Não se aplica (Os dois critérios têm a mesma importância)2 -
- Quase a mesma importância
- 3 - Importância pequena de um sobre a outro
- 4 - Valor intermediário (se procura uma condição entre as duas definições adjacentes)
- 5 - Importância grande
- 6 - Valor intermediário (se procura uma condição entre as duas definições adjacentes)
- 7 - Importância muito grande
- 8 - Valor intermediário (se procura uma condição entre as duas definições adjacentes)
- 9 - Importância absoluta

20. 19. Qual é o critério mais importante? \*

*Marcar apenas uma oval.*

- Índice de atendimento urbano de esgoto referido aos municípios atendidos com água
- Índice de esgoto tratado referido à água consumidaOs
- dois critérios têm a mesma importância

21. 20. Quanto o critério escolhido é mais importante? \*

*Marcar apenas uma oval.*

- Não se aplica (Os dois critérios têm a mesma importância)2 -
- Quase a mesma importância
- 3 - Importância pequena de um sobre a outro
- 4 - Valor intermediário (se procura uma condição entre as duas definições adjacentes)
- 5 - Importância grande
- 6 - Valor intermediário (se procura uma condição entre as duas definições adjacentes)
- 7 - Importância muito grande
- 8 - Valor intermediário (se procura uma condição entre as duas definições adjacentes)
- 9 - Importância absoluta

22. 21. Qual é o critério mais importante? \*

*Marcar apenas uma oval.*

- Índice de atendimento urbano de esgoto referido aos municípios atendidos com água
- Índice de tratamento de esgoto
- Os dois critérios têm a mesma importância

23. 22. Quanto o critério escolhido é mais importante? \*

*Marcar apenas uma oval.*

- Não se aplica (Os dois critérios têm a mesma importância)2 -
- Quase a mesma importância
- 3 - Importância pequena de um sobre a outro
- 4 - Valor intermediário (se procura uma condição entre as duas definições adjacentes)
- 5 - Importância grande
- 6 - Valor intermediário (se procura uma condição entre as duas definições adjacentes)
- 7 - Importância muito grande
- 8 - Valor intermediário (se procura uma condição entre as duas definições adjacentes)
- 9 - Importância absoluta

24. 23. Qual é o critério mais importante? \*

*Marcar apenas uma oval.*

- Índice de atendimento urbano de esgoto referido aos municípios atendidos com água
- Índice de esgotamento sanitário adequado Os
- dois critérios têm a mesma importância

25. 24. Quanto o critério escolhido é mais importante? \*

*Marcar apenas uma oval.*

- Não se aplica (Os dois critérios têm a mesma importância) 2 -
- Quase a mesma importância
- 3 - Importância pequena de um sobre o outro
- 4 - Valor intermediário (se procura uma condição entre as duas definições adjacentes)
- 5 - Importância grande
- 6 - Valor intermediário (se procura uma condição entre as duas definições adjacentes)
- 7 - Importância muito grande
- 8 - Valor intermediário (se procura uma condição entre as duas definições adjacentes)
- 9 - Importância absoluta

26. 25. Qual é o critério mais importante? \*

*Marcar apenas uma oval.*

- Índice de esgoto tratado referido à água consumida Índice
- de tratamento de esgoto
- Os dois critérios têm a mesma importância

27. 26. Quanto o critério escolhido é mais importante? \*

*Marcar apenas uma oval.*

- Não se aplica (Os dois critérios têm a mesma importância) 2 -
- Quase a mesma importância
- 3 - Importância pequena de um sobre o outro
- 4 - Valor intermediário (se procura uma condição entre as duas definições adjacentes)
- 5 - Importância grande
- 6 - Valor intermediário (se procura uma condição entre as duas definições adjacentes)
- 7 - Importância muito grande
- 8 - Valor intermediário (se procura uma condição entre as duas definições adjacentes)
- 9 - Importância absoluta

28. 27. Qual é o critério mais importante? \*

*Marcar apenas uma oval.*

- Índice de esgoto tratado referido à água consumida Índice
- de esgotamento sanitário adequado
- Os dois critérios têm a mesma importância

29. 28. Quanto o critério escolhido é mais importante? \*

*Marcar apenas uma oval.*

- Não se aplica (Os dois critérios têm a mesma importância)2 -
- Quase a mesma importância
- 3 - Importância pequena de um sobre a outro
- 4 - Valor intermediário (se procura uma condição entre as duas definições adjacentes)
- 5 - Importância grande
- 6 - Valor intermediário (se procura uma condição entre as duas definições adjacentes)
- 7 - Importância muito grande
- 8 - Valor intermediário (se procura uma condição entre as duas definições adjacentes)
- 9 - Importância absoluta

30. 29. Qual é o critério mais importante? \*

*Marcar apenas uma oval.*

- Índice de tratamento de esgoto
- Índice de esgotamento sanitário adequado Os
- dois critérios têm a mesma importância

31. 30. Quanto o critério escolhido é mais importante? \*

Marcar apenas uma oval.

- Não se aplica (Os dois critérios têm a mesma importância)2 -
- Quase a mesma importância
- 3 - Importância pequena de um sobre a outro
- 4 - Valor intermediário (se procura uma condição entre as duas definições adjacentes)
- 5 - Importância grande
- 6 - Valor intermediário (se procura uma condição entre as duas definições adjacentes)
- 7 - Importância muito grande
- 8 - Valor intermediário (se procura uma condição entre as duas definições adjacentes)
- 9 - Importância absoluta

Pular para a pergunta 32

### Indicadores socioeconômicos e de saúde

Serão comparados os indicadores socioeconômicos e de saúde expostos na tabela 2.

Tabela 2 - Indicadores socioeconômicos e de saúde

Indicador	Fonte	Explicação
Internações por diarreia a cada mil habitantes	IBGE Cidades. Ano de referência 2016.	Expressa o número de internações por diarreia a cada mil habitantes.
Índice de Desenvolvimento Humano	IBGE Cidades. Ano de referência 2010.	Expressa o grau de desenvolvimento humano em três dimensões: expectativa de vida, educação e renda.
Produto Interno Bruto Municipal - PIBM	IBGE Cidades. Ano de referência 2020.	É a soma dos bens e serviços finais produzidos pelo município em um ano.
Índice de Gini da renda domiciliar per capita	DATASUS. Ano de referência 2010.	Mede o grau de concentração de renda em um território.

32. 1. Qual é o critério mais importante? \*

*Marcar apenas uma oval.*

- Internações por diarreia a cada mil habitantes
- Índice de Desenvolvimento Humano
- Os dois critérios têm a mesma importância

33. 2. Quanto o critério escolhido é mais importante? \*

*Marcar apenas uma oval.*

- Não se aplica (Os dois critérios têm a mesma importância)2 -
- Quase a mesma importância
- 3 - Importância pequena de um sobre a outro
- 4 - Valor intermediário (se procura uma condição entre as duas definições adjacentes)
- 5 - Importância grande
- 6 - Valor intermediário (se procura uma condição entre as duas definições adjacentes)
- 7 - Importância muito grande
- 8 - Valor intermediário (se procura uma condição entre as duas definições adjacentes)
- 9 - Importância absoluta

34. 3. Qual é o critério mais importante? \*

*Marcar apenas uma oval.*

- Internações por diarreia a cada mil habitantesProduto
- Interno Bruto Municipal - PIBM
- Os dois critérios têm a mesma importância

35. 4. Quanto o critério escolhido é mais importante? \*

*Marcar apenas uma oval.*

- Não se aplica (Os dois critérios têm a mesma importância)2 -
- Quase a mesma importância
- 3 - Importância pequena de um sobre a outro
- 4 - Valor intermediário (se procura uma condição entre as duas definições adjacentes)
- 5 - Importância grande
- 6 - Valor intermediário (se procura uma condição entre as duas definições adjacentes)
- 7 - Importância muito grande
- 8 - Valor intermediário (se procura uma condição entre as duas definições adjacentes)
- 9 - Importância absoluta

36. 5. Qual é o critério mais importante? \*

*Marcar apenas uma oval.*

- Internações por diarreia a cada mil habitantes
- Índice de Gini da renda domiciliar per capita Os
- dois critérios têm a mesma importância

37. 6. Quanto o critério escolhido é mais importante? \*

*Marcar apenas uma oval.*

- Não se aplica (Os dois critérios têm a mesma importância)2 -
- Quase a mesma importância
- 3 - Importância pequena de um sobre a outro
- 4 - Valor intermediário (se procura uma condição entre as duas definições adjacentes)
- 5 - Importância grande
- 6 - Valor intermediário (se procura uma condição entre as duas definições adjacentes)
- 7 - Importância muito grande
- 8 - Valor intermediário (se procura uma condição entre as duas definições adjacentes)
- 9 - Importância absoluta

38. 7. Qual é o critério mais importante? \*

*Marcar apenas uma oval.*

- Índice de Desenvolvimento Humano Produto
- Interno Bruto Municipal - IBM
- Os dois critérios têm a mesma importância

39. 8. Quanto o critério escolhido é mais importante? \*

*Marcar apenas uma oval.*

- Não se aplica (Os dois critérios têm a mesma importância)2 -
- Quase a mesma importância
- 3 - Importância pequena de um sobre a outro
- 4 - Valor intermediário (se procura uma condição entre as duas definições adjacentes)
- 5 - Importância grande
- 6 - Valor intermediário (se procura uma condição entre as duas definições adjacentes)
- 7 - Importância muito grande
- 8 - Valor intermediário (se procura uma condição entre as duas definições adjacentes)
- 9 - Importância absoluta

40. 9. Qual é o critério mais importante? \*

*Marcar apenas uma oval.*

- Índice de Desenvolvimento Humano
- Índice de Gini da renda domiciliar per capitaOs
- dois critérios têm a mesma importância

41. 10. Quanto o critério escolhido é mais importante? \*

*Marcar apenas uma oval.*

- Não se aplica (Os dois critérios têm a mesma importância)2 -
- Quase a mesma importância
- 3 - Importância pequena de um sobre a outro
- 4 - Valor intermediário (se procura uma condição entre as duas definições adjacentes)
- 5 - Importância grande
- 6 - Valor intermediário (se procura uma condição entre as duas definições adjacentes)
- 7 - Importância muito grande
- 8 - Valor intermediário (se procura uma condição entre as duas definições adjacentes)
- 9 - Importância absoluta

42. 11. Qual é o critério mais importante? \*

*Marcar apenas uma oval.*

- Produto Interno Bruto Municipal - PIBM Índice de
- Gini da renda domiciliar per capitaOs dois
- critérios têm a mesma importância

43. 12. Quanto o critério escolhido é mais importante? \*

*Marcar apenas uma oval.*

- Não se aplica (Os dois critérios têm a mesma importância)2 -
- Quase a mesma importância
- 3 - Importância pequena de um sobre a outro
- 4 - Valor intermediário (se procura uma condição entre as duas definições adjacentes)
- 5 - Importância grande
- 6 - Valor intermediário (se procura uma condição entre as duas definições adjacentes)
- 7 - Importância muito grande
- 8 - Valor intermediário (se procura uma condição entre as duas definições adjacentes)
- 9 - Importância absoluta

*Pular para a pergunta 44*

#### Indicadores de saneamento, socioeconômicos e de saúde

Serão comparadas as categorias de indicadores.

44. 1. Qual categoria de indicadores é mais importante? \*

*Marcar apenas uma oval.*

- Indicadores de saneamento
- Indicadores socioeconômicos e de saúde
- As duas categorias têm a mesma importância

45. 2. Quanto a categoria escolhida é mais importante? \*

*Marcar apenas uma oval.*

- Não se aplica (Os dois critérios têm a mesma importância)2 -
  - Quase a mesma importância
  - 3 - Importância pequena de um sobre a outro
  - 4 - Valor intermediário (se procura uma condição entre as duas definições adjacentes)
  - 5 - Importância grande
  - 6 - Valor intermediário (se procura uma condição entre as duas definições adjacentes)
  - 7 - Importância muito grande
  - 8 - Valor intermediário (se procura uma condição entre as duas definições adjacentes)
  - 9 - Importância absoluta
-