



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS
PÓS-GRADUAÇÃO EM RECURSOS NATURAIS
MESTRADO EM ENGENHARIA DE RECURSOS NATURAIS**



JASMYNE KARLA VIEIRA SOUZA MACIEL

Dissertação de Mestrado

**AValiação MULTICRITÉRIO PARA ESCOLHA DE SOLUÇÕES INDIVIDUAIS
DE TRATAMENTO DE ESGOTO EM ZONAS RURAIS**

ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: SANEAMENTO BÁSICO

LINHAS DE PESQUISA: ENGENHARIA E GESTÃO DE RECURSOS NATURAIS

**Dr.^a Patrícia Hermínio Cunha
(Orientador)**

**CAMPINA GRANDE–PB
MARÇO/2024**

M152a

Maciel, Jasmyne Karla Vieira Souza.

Avaliação multicritério para escolha de soluções individuais de tratamento de esgoto em zonas rurais / Jasmyne Karla Vieira Souza Maciel. – Campina Grande, 2024.

172 f. : il. color.

Dissertação (Mestrado em Engenharia e Gestão de Recursos Naturais) – Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais, 2024.

"Orientação: Profa. Dra. Patrícia Hermínio Cunha".

Referências.

1. Saneamento Básico. 2. Esgoto Sanitário – Alternativas Isoladas de Tratamento. 3. Esgotamento Sanitário Rural. 4. Tratamento de Esgoto em Zonas Rurais. 5. Modelo de Apoio a Decisão. I. Cunha, Patrícia Hermínio. II. Título.

CDU 628.3(043)

JASMYNE KARLA VIEIRA SOUZA MACIEL

**AVALIAÇÃO MULTICRITÉRIO PARA ESCOLHA DE SOLUÇÕES INDIVIDUAIS
DE TRATAMENTO DE ESGOTO EM ZONAS RURAIS**

**Defesa de Dissertação apresentada à
Universidade Federal de Campina Grande,
como parte das exigências do Programa de
Pós-graduação em engenharia e gestão de
recursos naturais-PPGRN, para obtenção
do título de Mestre.**

Orientadora: Dr.^a Patrícia Hermínio Cunha

CAMPINA GRANDE-PB

2024

Jasmyne Karla Vieira Souza Maciel

**AVALIAÇÃO MULTICRITÉRIO PARA ESCOLHA DE SOLUÇÕES INDIVIDUAIS
DE TRATAMENTO DE ESGOTO EM ZONAS RURAIS**

Defesa de Dissertação apresentada à Universidade Federal de Campina Grande, como parte das exigências do Programa de Pós-graduação em engenharia e gestão de recursos naturais-PPGRN, para obtenção do título de Mestre.

Aprovada em: _____/_____/_____

BANCA EXAMINADORA

Prof.^a Dr.^a Patrícia Hermínio Cunha
Universidade Federal de Campina Grande-UFCG

Prof.^a Dr.^a Andréa Carla Lima Rodrigues
Universidade Federal de Campina Grande-UFCG

Prof. Dr.^a Elis Gean Rocha
Universidade Federal de Campina Grande-UFCG

Campina Grande–PB
2024



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
POS-GRADUACAO EM ENGENHARIA E GESTAO DE RECURSOS NATURAIS
Rua Aprigio Veloso, 882, - Bairro Universitario, Campina Grande/PB, CEP 58429-900

FOLHA DE ASSINATURA PARA TESES E DISSERTAÇÕES

JASMYNE KARLA VIEIRA SOUZA MACIEL

“AVALIAÇÃO MULTICRITÉRIO PARA ESCOLHA DE SOLUÇÕES INDIVIDUAIS DE TRATAMENTO DE ESGOTO EM ZONAS RURAIS”

Dissertação apresentada
ao
Programa
de
Pós-
Graduação
em
Engenharia
e
Gestão
de
Recursos
Naturais
como
pré-
requisito
para
obtenção
do
título
de
Mestre
Engenharia
e
Gestão
de
Recursos
Naturais.

Aprovada em: 06/Fevereiro/2024

Dr.(a.) **Patrícia Hermínio Cunha Feitosa/UFMG** (Orientador PPGEGRN).

Dr.(a.) **Andréa Carla Lima Rodrigues/PPGEGRN**(Examinador Interno).

Dr.(a.)**Elis Gean Rocha/PPGECA** (Examinador Externo).



Documento assinado eletronicamente por **PATRICIA HERMINIO CUNHA FEITOSA, PROFESSOR(A) DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em 06/02/2024, às 16:32, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 8º, caput, da [Portaria SEI nº 002, de 25 de outubro de 2018](#).



Documento assinado eletronicamente por **ANDREA CARLA LIMA RODRIGUES, PROFESSOR(A) DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em 06/02/2024, às 16:35, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 8º, caput, da [Portaria SEI nº 002, de 25 de outubro de 2018](#).



Documento assinado eletronicamente por **Elis Gean Rocha, Usuário Externo**, em 02/04/2024, às 17:49, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 8º, caput, da [Portaria SEI nº 002, de 25 de outubro de 2018](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site <https://sei.ufcg.edu.br/autenticidade>, informando o código verificador **4159041** e o código CRC **12888A22**.

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho especialmente ao meu pai e em sua memória por serem justamente as lembranças dele que me mantêm na carreira acadêmica, já que fora o meu maior incentivador em estudos, sentava comigo e escutava por horas independentemente do assunto que havia aprendido, e que ficava sempre empolgada em compartilhar com alguém. Sei que se estivesse aqui fisicamente, faria questão de me escutar recitar essa pesquisa por horas, o que me faz persistir diante das dificuldades pessoais encontradas diariamente.

Não posso deixar de dedicar também, a minha mãe, a qual é a minha base para tudo e que apesar de nem sempre entender minhas escolhas e ter aquela constante agonia de que eu realize meus planos quanto antes, sempre me deu apoio para seguir nesse caminho, e segue me amparando todos os dias.

AGRADECIMENTOS

A evolução desta pesquisa de dissertação vem contando com a ajuda e auxílio e diversas pessoas, dentre as quais agradeço:

As professoras orientadoras, Patrícia e Marília, que além de serem constantes inspirações, foram pacientes em me apontar minhas dificuldades e me mostrar como superá-las; espero um dia conseguir reproduzir metade do que elas já me ensinaram.

Aos técnicos e profissionais envolvidos no desenvolvimento dos Planos Municipais de Saneamento Básico, realizados pela UFCG em Parceria com Funasa, que estão construindo um trabalho magnífico, que vem sendo a principal base de consulta de dados desse trabalho.

A Luiza Lira Leite que revisou todo o texto e me ajudou em correções necessárias e a Lorena Padilha que deu suporte na montagem da tabela do método utilizado nessa pesquisa.

*A dúvida é o preço da pureza;
Não precisamos saber para onde
vamos.*

*Nós só precisamos ir.
Engenheiros do Hawaii*

RESUMO

Conforme o censo do IBGE de 2010, aproximadamente 928 mil pessoas residiam em áreas rurais, estas que se encontram em situação precária no que se refere ao saneamento básico, segundo o SNIS em 2021 somente oito por cento da população rural tinha coleta de esgoto. Uma vez que essas localidades são comumente negligenciadas e as ações aplicadas não atendem às necessidades da população. Assim, a utilização de sistemas individuais de tratamento de esgoto emerge como a principal opção para a adequação do descarte de efluentes domésticos em áreas rurais e isoladas, sendo parte indispensável da busca da universalização do serviço. Este trabalho buscou examinar a viabilidade dos procedimentos multicritério para seleção de sistemas tratamento de esgoto para residências unifamiliares no Brasil. Foi desenvolvida uma metodologia baseada no método de sobreclassificação PROMETHE-II, em que as alternativas deverão ser comparadas e classificadas segundo critérios. Avaliaram-se os seguintes sistemas: (1) Tanque séptico e sumidouro; (2) Tanque séptico e vala de infiltração; (3) Tanque séptico e círculo de bananeiras; (4) Tanque séptico e *Wetland*; (5) Fossa Verde; (6) Reator UASB compacto; (7) Fossa biodigestor. Foi desenvolvida uma revisão de literatura que incluiu uma análise das principais características dos sistemas individuais de tratamento considerados, servindo como fundamento para a subsequente avaliação e comparação das opções. Para a definição do peso dos critérios de avaliação, foi realizada uma entrevista, aplicada a um conjunto decisores e especialistas que fazem parte da elaboração de planos municipais de saneamento do TED n.º 03/ 2019 com a Universidade Federal de Campina Grande. A ferramenta foi testada e validada em sete cenários distintos relacionados ao desafio da tomada de decisões em situações complexas. Observou-se que das alternativas individuais analisadas, diante dos critérios julgados, as alternativas que se saíram melhor, em seis cenários, foi a fossa verde e a fossa biodigestora, principalmente por suas vantagens de custos, operação e eficiência de tratamento. Somente no cenário 5 o tanque séptico associado a vala de infiltração, ao círculo de bananeiras e ao sumidouro foram as melhores classificadas, isso se justifica pelo fato dos critérios econômicos terem maior proporção nessa análise.

Palavras-chave: Alternativas isoladas de tratamento. Esgotamento sanitário rural. Modelo de apoio a decisão.

ABSTRACT

According to the 2010 IBGE census, approximately 928 thousand people live in rural areas, which are in a precarious situation with regard to basic sanitation. According to the SNIS in 2021, only eight percent of the rural population had sewage collection. Since these locations are commonly neglected and the actions taken do not meet the needs of the population. Thus, the use of individual sewage treatment systems appears as the main option for adapting the disposal of domestic effluents in rural and isolated areas, being an indispensable part of the search for universal service. This work sought to examine the application of multi-criteria procedures for selecting sewage treatment systems for single-family homes in Brazil. A methodology was developed based on the PROMETHE-II overclassification method, in which alternatives must be compared and categories of second criteria. The following systems were evaluated: (1) Septic tank and drain; (2) Septic tank and infiltration ditch; (3) Septic tank and banana tree circle; (4) Septic tank and Pantanal; (5) Green Trench; (6) Compact UASB reactor; (7) Septic tank biodigester. A literature review was developed that included an analysis of the main characteristics of the individual treatment systems considered, provided as a basis for subsequent evaluation and comparison of options. To define the weight of the evaluation criteria, an interview was carried out with a group of decision-makers and experts who are part of the development of municipal sanitation plans of TED no. 03/2019 with the Federal University of Campina Grande. The tool was tested and validated in seven different scenarios related to the challenge of decision-making in complex situations. It should be noted that the individual alternatives proven, in view of the judgments, the alternatives that performed best, in six scenarios, were the green septic tank and the biodigester septic tank, mainly due to their advantages in costs, operation and treatment efficiency. Only in scenario 5 the septic tank associated with the infiltration ditch, the circle of banana trees and the sinkhole were the best definitions, this is justified by the fact that the strategic ones have a greater dimension in this analysis.

Keywords: Rural sanitary sewage. Individual treatment alternatives. Small Municipalities; multicriteria model.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Sistemas de Esgotamento Sanitário	24
Figura 2- Sistema Individual de esgotamento sanitário	25
Figura 3 - Hierarquia do processo de tomada de decisão	39
Figura 4 - Fluxograma geral da metodologia	55
Figura 5 - Microrregiões de saneamento básico da Paraíba	57
Figura 6 - Mapa dos municípios selecionados	60
Figura 7 - Mapa do grau de urbanização dos municípios da Paraíba	63
Figura 8 - Fluxograma das etapas de metodologia de pesquisa utilizada no modelo multicritério de suporte à decisão das melhores alternativas de esgotamento sanitário.....	67
Figura 9 – Critérios selecionados para aplicação do modelo	71
Figura 10 – Cenários que serão aplicado o método e analisado o resultado	76
Figura 11 - Aplicação do método no Excel	95
Figura 12 - Página da web do PROMROCNRatio.....	106
Figura 13 - Faixa de variação dos pesos.....	107
Figura 14 - Fluxograma para auxiliar na escolha da melhor forma de disposição final do esgoto	111
Figura 15 - Questionário aplicado para atribuição de peso dos critérios.....	121
Figura 16 - Aplicação do método no Cenário 1	133
Figura 17 - Aplicação do método no Cenário 2	133
Figura 18 - Aplicação do método no Cenário 3	133
Figura 19 - Aplicação do método no Cenário 4	133
Figura 20 - Aplicação do método no Cenário 5	133
Figura 21 - Aplicação do método no Cenário 6	133
Figura 22 - Aplicação do método no Cenário 5	133

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Parcela da população com coleta de esgoto em 2021	30
Tabela 2 – Dados de relação e rendimento trabalhista e desempenho escolar associados ao saneamento de 2018 a 2021 no Brasil (continua).....	33
Tabela 3 - Matriz de Consequência	47
Tabela 4 - Peso ROC calculados a partir da equação (7)	52
Tabela 5 - Áreas de Ocupação Densa nos municípios do estudo	64
Tabela 6 - Classificação dos critérios pela média das notas atribuídas	85
Tabela 7 - Valores dos pesos, segundo metodologia ROC, segundo a classificação atribuída pelos entrevistados.....	86
Tabela 8 - Classificação e média dos critérios por região	90
Tabela 9 - Valor ROC dos pesos atribuído aos critérios segundo preferencias por região	90
Tabela 10 - Dados e informações dos municípios estudados	93
Tabela 11 - Matriz de avaliação do problema	94
Tabela 12 - Hierarquia e Fluxos das alternativas para o cenário 1	96
Tabela 13 - Hierarquia e Fluxos das alternativas para o cenário 2.....	96
Tabela 14 - Hierarquia e Fluxos das alternativas para o cenário 3.....	97
Tabela 15 - Hierarquia e Fluxos das alternativas para o cenário 4.....	97
Tabela 16- Hierarquia e Fluxos das alternativas para o cenário 5.....	97
Tabela 17 - Hierarquia e Fluxos das alternativas para o cenário 6.....	98
Tabela 18 - Hierarquia e Fluxos das alternativas para o cenário 7	98
Tabela 19 - Hierarquia das alternativas em cada cenário	99
Tabela 20 - Hierarquia fluxo líquido global das alternativas em cada cenário	102
Tabela 21 - Resultado da análise de sensibilidade para uma faixa de variação de 15% nos valores dos critérios	107
Tabela 22 - Resultado da análise de sensibilidade para uma e variação de 20% nos limiares de preferência e indiferença	108

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Características e definições das soluções individuais abordadas	26
Quadro 2 – Pesquisas semelhantes que usam métodos de apoio a decisão (continua)	40
Quadro 3- Formas das funções de preferência	48
Quadro 4 - População e microrregiões de água e esgoto dos municípios contemplados no TED (continua).....	58
Quadro 5 - Características rural-urbano dos municípios	62
Quadro 6 - Características climáticas e meteorológicas (continua)	65
Quadro 7 - Tecnologias de tratamento de esgotos domésticos para sistemas individuais abordadas nos estudos analisados.....	68
Quadro 8 - Tecnologias de tratamento de esgotos domésticos para sistemas individuais que serão analisadas	69
Quadro 9 - critérios que interferem na escolha da solução individual do domicílio	70
Quadro 10 - Mensuração, escala e conversão dos Critérios Qualitativos	72
Quadro 11 - Mensuração, escala e conversão dos Critérios Quantitativos	73
Quadro 12 - Características de entrada dos critérios sócios culturais	78
Quadro 13 - Valores atribuídos aos critérios socioculturais.....	79
Quadro 14 - Características de entrada dos critérios socioeconômicos	80
Quadro 15 - Valores atribuídos aos critérios socioculturais.....	81
Quadro 16 - Características de entrada dos critérios técnicos	82
Quadro 17 - Valores atribuídos aos critérios técnicos.....	83
Quadro 18 - Características de entrada dos critérios físicos e ambientais	83
Quadro 19 - Valores atribuídos ao critério CFA01	84
Quadro 20 - Pessoas entrevistadas por municípios e regiões	89
Quadro 21 - Trabalhos consultados para mensuração e classificação do critério aceitação ..	127
Quadro 22 - Trabalhos consultados para mensuração e classificação do critério Odor Desagradável	127
Quadro 23 - Trabalhos consultados para mensuração e classificação do critério Complexidade operacional.....	128
Quadro 24 - Trabalhos consultados para mensuração e classificação do critério Custo de operação e manutenção.....	128

Quadro 25 - Trabalhos consultados para mensuração e classificação do critério Frequência de Manutenção	129
Quadro 26 - Trabalhos consultados para mensuração e classificação do critério Remoção de DBO.....	129
Quadro 27 - Trabalhos consultados para mensuração e classificação do critério Remoção sólidos suspensos.....	130
Quadro 28 - Trabalhos consultados para mensuração e classificação do Área do Terreno Necessária.....	130

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Parcela da população que mora em domicílios com acesso ao serviço de coleta de esgoto de 2010 a 2021	30
Gráfico 2 - Parcela da população atendida com coleta de esgoto, por regiões em 2021.....	32
Gráfico 3 - Porcentagem dos modelos multicritério usados em pesquisas de saneamento básico nos últimos 15 anos	45
Gráfico 4 – Classificação dos critérios segundo preferencia de cada grupo entrevistado.....	87
Gráfico 5 - Dimensões dos critérios para a análise das alternativas no modelo.....	88
Gráfico 6 - Proporção das preferências dos critérios por região	92
Gráfico 7 - Fluxos líquidos das alternativas em cada cenário	99
Gráfico 8 - Fluxos líquidos Globais das alternativas em cada cenário.....	102
Gráfico 9 - Gráfico de mudanças do ranqueamento das alternativas nas simulações	108
Gráfico 10 - Mudanças do ranqueamento das alternativas nas simulações.....	109

LISTA DE ABREVIATURA E SIGLAS

AHP	Analytic Hierarchy Process
AMD	Apoio Multicritério à Decisão
ANP	Analytical Network Process
BDTD	Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações
BET	Bacia de Evapotranspiração
BJD	Brazilian Journal of Development
BSI	Biosistema Integrado
CAPES	Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
CGT	Cooperative Game Theory
CP	Compromise Programming
DBO	Demanda Bioquímica de Oxigênio
ELECTRE	Elimination Et Choix Traduisant La Réalité
FBE	Fossa Biodigestor Econômica
FGV	Fundação Getúlio Vargas
FUNASA	Fundação Nacional de Saúde
FUNDACE	Fundação para Pesquisa e Desenvolvimento da Administração, Contabilidade e Economia
GAIA	Gerenciamento de Aspectos e Impactos Ambientais
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia
IDHM	Índice de Desenvolvimento Humano Municipal
MAUT	Multiattribute Utility Theory
MAVT	Multi-attribute Value Theory
MCDA	Multicriteria Decision Aid
PAC	Programa de Aceleração do Crescimento
PB	Paraíba
PLANASA	Plano Nacional de Saneamento
PLANSAB	Plano Nacional de Saneamento Básico
PMSB	Plano Municipal de Saneamento Básico
PNAD	Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios
PNL	Programa Não Linear
PNRS	Programa Nacional de Saneamento Rural

PNSB	Política Nacional de Saneamento Básico
QUAL	Modelo de Autodepuração de Qualidade das Águas
RCIpea	Repositório do Conhecimento do Ipea
ROC	Receiver Operating Characteristic
SAC	Sistemas Alagados Construídos
SAW	Simple Additive Weighting method
SCIELO	Scientific Electronic Library Online
SNIS	Sistema Nacional de Informações Sobre Saneamento
TED	Termo de Execução Descentralizado
TEDE	Sistema de Publicação Eletrônica de Teses e Dissertações
TOPSIS	Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution
UASB	Upflow Anaerobic Sludge Blanket
UFMG	Universidade Federal de Minas Gerais
UFMG	Universidade Federal de Campina Grande
VPL	Valor Presente Líquido
WHO	World Health Organization
WSM	Weighted Sum Model

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	18
1.1	OBJETIVOS	21
1.1.1	OBJETIVO GERAL	21
1.1.2	OBJETIVO ESPECÍFICO	21
2	REFERENCIAL TEÓRICO	22
2.1	ESGOTAMENTO SANITÁRIO	22
2.1.1	Soluções individuais de tratamento de esgoto	24
2.2	CONSIDERAÇÕES SOBRE O SERVIÇO DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO NO BRASIL EM ESPECIAL	29
2.2.1	Cobertura Atual	29
2.2.2	Desafios Rurais	31
2.2.3	Impactos na Saúde Pública, desenvolvimento e Meio Ambiente	32
2.2.4	Direitos e Legislação sobre o Saneamento Básico	34
2.2.5	Arrecadação, Iniciativas e Investimentos	36
2.2.6	Conclusões	37
2.3	MÉTODOS DE APOIO À DECISÃO MULTICRITÉRIO	38
2.3.1	Metodologias multicritérios mais usadas na área de saneamento básico	39
2.3.2	Método PROMETHEE	45
2.3.2.1	O ranking PROMETHEE II	46
2.3.3	PROMETHEE-ROC: peso dos critérios	51
2.3.4	Escolha das alternativas	53
2.3.5	Escolha dos Critérios	53
3	METODOLOGIA	55
3.1	CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	56
3.1.1	Aspectos gerais	56
3.1.2	Determinação dos municípios de estudo	57
3.1.3	Caracterização dos municípios do estudo	60
3.1.3.1	Aspectos e relação Urbano-Rural	61
3.1.3.2	Características climáticas e meteorológicas	64

3.2	APLICAÇÃO DO MODELO MULTICRITÉRIO DE SUPORTE À DECISÃO NA ESCOLHA DE ALTERNATIVAS DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO NAS ÁREAS DE ESTUDO	66
	PASSO 1: Escolha das alternativas de esgotamento a serem analisadas e classificadas.	67
	PASSO 2: Escolha dos critérios de decisão a serem avaliados	69
	PASSO 3: Pesos dos critérios de decisão a serem avaliados	73
	PASSO 4: Análise multicritério das alternativas individuais de esgotamento sanitário selecionadas nas áreas de estudo	75
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES	77
4.1	MENSURAÇÃO DOS CRITÉRIOS.....	77
4.1.1	Critérios Socioculturais	78
4.1.2	Critérios Socioeconômicos.....	80
4.1.3	Critérios Técnicos	82
4.1.4	Critérios Físicos e Ambientais	83
4.2	PROCEDIMENTO DE ELICITAÇÃO ROC DOS CRITÉRIOS: MODELAGEM DE PREFERÊNCIA	84
4.2.1	Decisores, Especialistas e Geral	85
4.2.2	Regiões de Água e Esgoto	88
4.3	MATRIZ DE AVALIAÇÃO.....	93
4.4	RESULTADOS DA APLICAÇÃO DO MODELO	95
4.5	CONCLUSÕES SOBRE A APLICAÇÃO DO MODELO: AVALIAÇÃO DAS ALTERNATIVAS.....	98
4.5.1	Decisores, Especialistas e Geral	98
4.5.2	Regiões de água e esgoto.....	101
4.5.3	Considerações finais.....	104
4.6	ANÁLISE DE SENSIBILIDADE.....	105
4.7	ANALISE COMPLEMENTAR DO CRITÉRIO DE PERMEABILIDADE DO SOLO E A DISPOSIÇÃO FINAL NO SOLO	109
5	CONCLUSÃO	112
5.1	SUGESTÕES PARA FUTUROS TRABALHOS	113
	REFERÊNCIAS	115
	APÊNDICE A - QUESTIONÁRIO PARA HIERARQUIZAÇÃO DOS CRITÉRIOS.	121

APÊNDICE B - MENSURAÇÃO DOS CRITÉRIOS: LEVANTAMENTO DE DADOS DE CADA REFERÊNCIA UTILIZADA NO ESTUDO	127
APÊNDICE C - APLICAÇÃO DO MÉTODO PROMETHEE II NO EXCEL.....	132

1 INTRODUÇÃO

O saneamento básico é ferramenta essencial para garantir a qualidade de vida das pessoas, a promoção da saúde, salubridade e sustentabilidade ambiental. Segundo a Organização Mundial da Saúde–WHO (2004), o ato de sanear constitui o controle de todos os fatores do meio físico do homem, que exercem ou podem exercer efeitos deletérios sobre seu estado de bem-estar físico, social e mental.

Logo, o saneamento interfere diretamente na qualidade e melhoria de diversas áreas, como economia, educação, saúde, conforto, preservação ambiental, entre outros. Em razão disso, a Constituição Federal (BRASIL, 1988), em seu Art. 23, diz que os serviços de saneamento básico devem ser ofertados a todos adequadamente, constituindo um direito do cidadão brasileiro. Posteriormente, com a Lei 11.445 que trata da Política Nacional de Saneamento Básico–PNSB - (BRASIL, 2007) foram estabelecidas as diretrizes nacionais para o saneamento básico, apontando metas e meios para a sua universalização, marcando uma nova etapa no sistema brasileiro.

Em seu segundo artigo, a PNSB (Brasil, 2007) definiu integradamente que os serviços de saneamento são: o abastecimento de água, o esgotamento sanitário, a limpeza urbana e manejo dos resíduos sólidos, e a drenagem e manejo das águas pluviais urbanas. Embora o Brasil tenha uma estrutura assegurada na lei para regulamentar os serviços de saneamento, a fragilidade desses serviços ainda é muito comum em praticamente todos os seus componentes.

Ao analisar o serviço de esgotamento sanitário, Sousa, Pereira e Oliveira (2017) apontam que a prestação no país possui um alto déficit dos serviços de coleta, transporte e tratamento de esgoto. Cenário evidenciado, ainda em 2020, onde segundo o SNIS, 55,8% da população brasileira possuía acesso à coleta de esgoto, este, o qual somente 51,17% era tratado. A situação desse serviço nas áreas rurais, é ainda mais grave; nesse mesmo ano, apenas 8% da população rural era atendida por rede de coleta. Na Paraíba este número não chegou a 5% (SNIS, 2022).

Conforme o último censo, na Paraíba, 55,7% dos domicílios rurais dispunham as águas residuárias em fossas rudimentares e 29,6%, diretamente no ambiente, em valas, rios, lagos ou mares (IBGE, 2010), disposições finais consideradas inadequadas. Esta realidade evidencia a maior necessidade de atuação e investimentos das esferas públicas nesses locais.

O intuito é de assegurar o saneamento básico no meio rural, uma vez que esses locais ainda abrigam parte significativa da população. De acordo com dados da Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios (PNAD, 2015) a população brasileira que vive em áreas rurais compreende cerca de 31 milhões de pessoas, representando 15,28% da população total.

Ressalta-se que a prestação dos serviços de esgotamento sanitário tem características diferentes em áreas rurais daquela de áreas urbanas. Alguns aspectos relevantes que trazem complexidade ao atendimento nessas localidades são: dispersão populacional, a dificuldade de acesso em muitas comunidades e as diferenças ambientais.

Roland; Heller e Rezende (2022) afirmam que o processo de formulação de políticas públicas deve ser capaz de contemplar diferentes especificidades pertinentes às demandas rurais, necessitando de um planejamento específico. Para tal, o artigo 48 da PNSB (Brasil, 2007) destaca em sua sétima diretriz - a garantia de meios adequados para o atendimento da população rural dispersa, inclusive mediante a utilização de soluções compatíveis com suas características econômicas e sociais.

Todavia, Machado, Maciel e Thiollent (2021) destacam que as iniciativas públicas e privadas de implantação de alternativas de tratamento do esgoto em áreas rurais, quando ocorrem, não consideram o diálogo com as comunidades atendidas e as especificidades locais, apresentando resultados insatisfatórios para todos os envolvidos.

Segundo Cruz (2021) a escolha do melhor processo de tratamento de esgoto é complexa, pois não se restringe somente a aspectos simples e diretos, envolvendo fatores culturais, sociais, econômicos e exigências ambientais e de saúde pública. Esses precisam ser considerados para seleção da melhor alternativa à realidade em questão.

A compreensão de que a universalização dos serviços de esgotamento sanitário nas áreas rurais envolve a aplicação de tecnologias individuais de coleta e tratamento de esgoto, torna-se importante a avaliação de qual tecnologia deve ser aplicada diante das diferentes condições ambientais, culturais e econômicas da ruralidade brasileira.

Existe uma diversidade de tecnologias que podem ser frequentemente implantadas em áreas rurais e em domicílios dispersos, tais como: fossa sépticas, sumidouros, fossas verdes, círculo de bananeiras, entre outras. Tonetti *et al.* (2018) destacam que o uso dessas alternativas deve ser adequado às regiões, às comunidades locais e devem ser sustentáveis tanto ambientalmente como economicamente.

Para a seleção das tecnologias de tratamento, várias condicionantes devem ser consideradas, a distribuição e combinações dessas condições serão únicas em cada localidade.

Vieira (2022) explica que pela heterogeneidade do meio rural, é necessária aplicação de técnicas particulares de intervenção em saneamento básico, considerando as variações regionais.

Na Paraíba, a variabilidade climática, a escassez de água, os aspectos geológicos, geomorfológicos, culturais e socioeconômicos são heterogêneos ao longo de todo o estado e suas regiões. Logo, não é possível determinar uma única solução como a mais adequada para implantação em todo o estado.

Nesse contexto, as técnicas de apoio a decisão multicritério auxiliam a melhor entender as múltiplas variáveis de cada localidade, proporcionando uma avaliação consistente das alternativas de tratamento disponíveis, uma vez que integra diferentes tipos de atributos e critérios na busca de melhoria do cenário, também permitindo a comparação entre aspectos ambientais, econômicos, sociais, institucionais, etc.

O trabalho em questão se justifica pela necessidade de melhor compreender a aplicação das tecnologias individuais de tratamento de esgoto sanitário em áreas rurais e como elas são escolhidas. Tendo em vista que, as pesquisas semelhantes existentes focam em zonas urbanas com o emprego de soluções coletivas, e quando abordam áreas rurais e soluções individuais focam em estudos de caso, sendo a aplicação visando os municípios de pequeno porte no estado ainda escassa.

Assim, foi utilizada a metodologia de análise multicritério PROMETHEE II, visando tratar diversos critérios quantitativos e qualitativos no processo decisório, considerando os problemas e particularidades da localidade estudada, para ser possível contribuir com o processo de escolha das tecnologias de tratamento individual de esgoto mais adequadas a serem aplicadas no estado. Para tanto, esta pesquisa será organizada em cinco itens: introdução, objetivos, referencial teórico, matérias e métodos, resultados e discussões e conclusão.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 OBJETIVO GERAL

Aplicação de um modelo multicritério de apoio a decisão para seleção de tecnologias de tratamento de esgoto em áreas rurais.

1.1.2 OBJETIVO ESPECÍFICO

- Identificar quais as tecnologias individuais de tratamento de esgoto mais utilizadas em comunidades rurais na Paraíba e no Brasil;
- Definir os critérios mais relevantes utilizados para escolha de tecnologias de tratamento de esgoto em áreas rurais;
- Apontar entre as alternativas de tratamento de esgoto selecionadas, com base no método PROMETHEE II-ROC, quais as mais adequadas para o rural; segundo preferências dos decisores municipais, especialistas técnicos, e regiões de água e esgoto do estado;
- Realizar uma análise de sensibilidade do método em relação às avaliações realizadas, visando examinar as variações decorrentes das informações adotadas.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Neste capítulo, serão inicialmente abordados aspectos conceituais com relação à composição dos sistemas de esgotamento sanitário coletivo e individuais, com enfoque para a descrição técnica das soluções individuais mais usuais no país. Seguido de uma breve contextualização do serviço de esgotamento sanitário no país, com ênfase no contexto rural.

Seguidamente, serão reputados alguns métodos matemáticos de apoio a decisão multicritério que podem auxiliar na classificação dessas soluções de esgotamento, possíveis de serem aplicadas em pequenos municípios. Para a construção desta descrição, serão consultados variados trabalhos na literatura existente, que consigam respaldar tecnicamente os assuntos definidos. Ressalta que nessa pesquisa em específico, terão prioridades aqueles trabalhos com maior enfoque na área de saneamento básico.

2.1 ESGOTAMENTO SANITÁRIO

Saneamento é definido pela Funasa (2019a) como o conjunto de ações socioeconômicas voltadas para a salubridade do ambiente, sendo estas capazes de proteger e melhorar as condições de vida urbana e rural. Essas ações ocorrem principalmente por meio de medidas que visam o abastecimento de água potável, coleta e disposição final adequada de resíduos sólidos, líquidos e gasosos, manejo adequado das águas pluviais, como também a promoção sanitária do uso do solo e o controle de doenças transmissíveis.

Von Sperling (2007) define esgoto como o termo usado para as águas que, após a utilização humana, perfazem seu ciclo, abarcando uma série de impurezas que, ao se acumularem, causam alteração na qualidade e características naturais da água. Essencialmente composto por uma elevada porcentagem de água, cerca de 99,9%, e uma mínima proporção de impurezas adicionadas, conferindo-lhe características bastante distintas.

Para o Instituto Trata Brasil (BRASIL, 2012) o serviço de esgotamento sanitário, é aquele que, em sua essência, visa devolver as águas residuais à natureza de maneira que não cause desequilíbrio do meio e mantenha a saúde e conforto da população.

Os esgotos gerados podem ser classificados pela sua origem. Segundo a Funasa (2019a) existem dois grupos principais: esgotos domésticos e esgotos industriais. Os esgotos domésticos são gerados por residências, comércios, ou qualquer edificação que possui instalações hidrossanitárias: são compostos essencialmente de água de banho, excretas, restos de comida, detergentes em geral e águas de lavagem. Já os esgotos industriais são os resíduos orgânicos derivados das indústrias em geral, as águas residuais desse tipo de esgoto possuem um forte grau de agressividade, seu tratamento é distinto e deve ser específico para cada tipo de atividade.

Os serviços de esgotamento consistem em medidas e ações voltadas a realização de basicamente três etapas: coleta, transporte e tratamento das águas residuais. Após a geração do esgoto o mesmo precisa ser coletado e transportado, de maneira individual ou coletiva, afastado da população, idealmente de modo rápido e seguro. Após a etapa da coleta e transporte é necessário que o mesmo passe pela etapa de tratamento, antes de ser devolvido ao meio. O tratamento desses efluentes pode ocorrer de maneiras distintas.

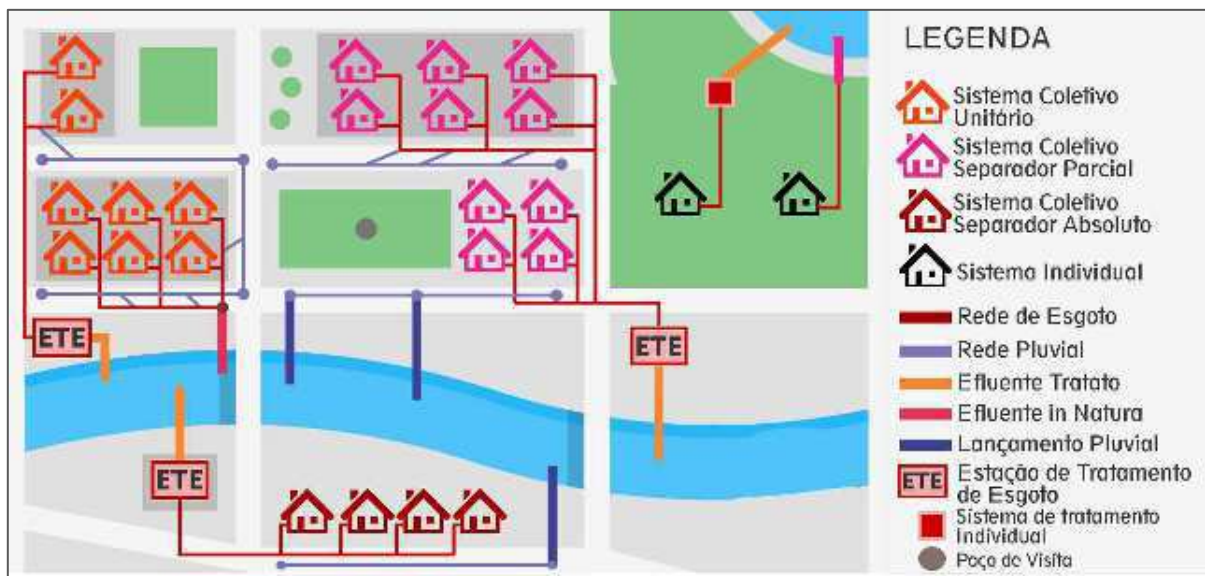
Von Sperling (2007) destaca que entre a diversas maneiras de tratamento, basicamente, podem ser divididos em níveis: preliminar, primário, secundário e terciário. O tratamento preliminar remove os sólidos grosseiros como a areia, são de ordem física como, por exemplo, as grades, desarenador e o medidor de vazão. O tratamento primário consiste na remoção de materiais sedimentáveis e flutuantes. O tratamento secundário consiste na eliminação de matéria orgânica, conduzida por meio de reações bioquímicas desencadeadas por microorganismos. Por fim, o tratamento terciário procura a remoção de poluentes específicos que não foram removidos nos processos anteriores, ou ainda que sejam tóxicos e/ou compostos não biodegradáveis.

O Programa nacional de saneamento rural - PNSR (FUNASA, 2019b) indica que os sistemas de esgotamento podem ser de natureza individual, abrangendo o âmbito domiciliar, enquanto a categoria coletiva se refere ao atendimento de um conjunto de domicílios, geralmente em âmbito urbano.

Os sistemas coletivos podem ser: sistemas unitários (águas residuárias, águas de infiltrações e águas pluviais veiculam por um único sistema), separador parcial (uma parcela das águas de chuva, são encaminhadas juntamente com as águas residuárias e infiltração para um único sistema) e separador absoluto (águas residuárias e as águas de infiltração, veiculam por um sistema independente), sendo este último o único permitido legalmente no Brasil.

Ambos os sistemas, tanto de natureza individual ou coletiva, devem apresentar ferramentas capazes de atender as demandas de saneamento básico com efetividade, e pautando-se nos princípios da universalidade e equidade. A esquematização dos sistemas de esgotamento sanitário pode ser vista na Figura 1.

Figura 1 - Sistemas de Esgotamento Sanitário



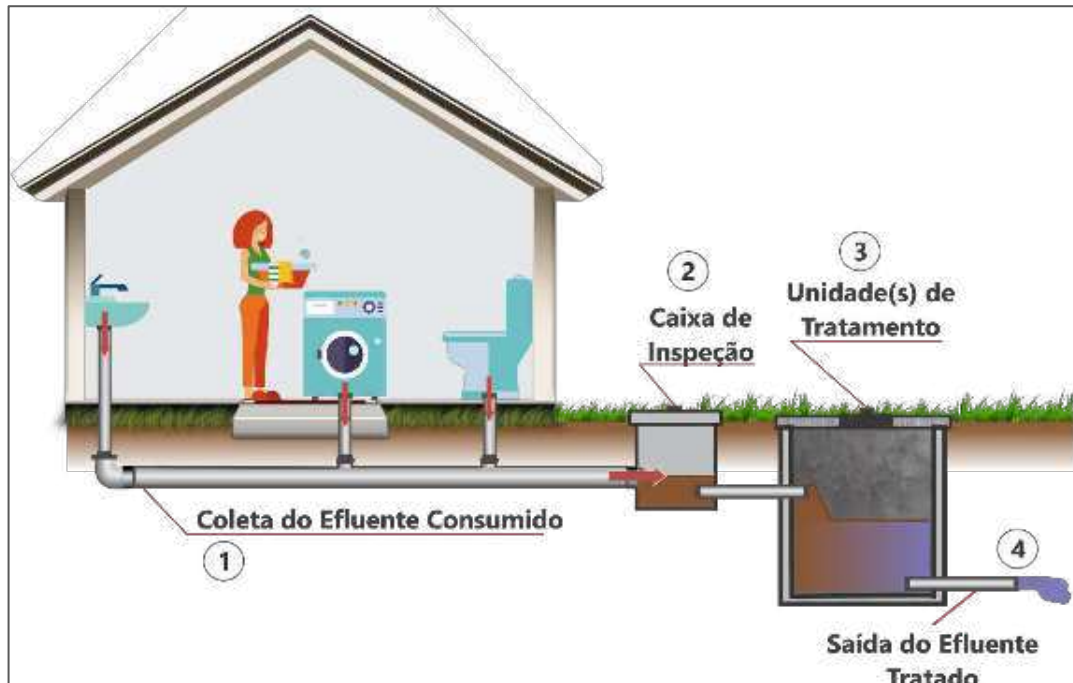
Fonte: Elaboração própria (2023).

2.1.1 Soluções individuais de tratamento de esgoto

A categoria individual compreende as formas de atendimento no qual a produção e tratamento da água consumida se atêm a um único ambiente, por meio das soluções descentralizadas de tratamento. Logo, Tonetti *et al.* (2018) destacam que as soluções individuais são ideias para situações em que a coleta, o transporte e o tratamento não podem acontecer de maneira coletiva, como em ambientes isolados.

Esse tipo de sistema deve ser formado pela seguinte estruturação: a coleta das águas consumidas na residência é direcionada para uma caixa de passagem (na cozinha e área de serviço) e em seguida para a etapa de tratamento, que pode ser formada por um ou mais sistemas. Finalmente o lançamento do efluente tratado, que pode ser devolvido ao meio ambiente ou reaproveitado. A Figura 2 mostra a aplicação desse tipo de sistema.

Figura 2- Sistema Individual de esgotamento sanitário



Fonte: Elaboração própria (2023).

O Instituto Trata Brasil (BRASIL, 2012) afirma que são essas soluções as mais adequadas para serem adotadas em áreas rurais, já que as casas ficam distantes umas das outras, impossibilitando a instalação de um sistema de esgoto coletivo. Dessa forma, a adoção de sistemas individuais se torna cada vez mais essencial e complementar na busca pela universalização dos serviços de esgotamento.

Para Tonetti *et al.* (2018) os sistemas individuais apresentam diversos benefícios, tais como: a utilização de menos recursos financeiros na implementação, as maiores possibilidades de reuso, aproveitamento de compostos orgânicos produzidos e consequente contribuição com a sustentabilidade, além de contribuírem para avanços sociais.

As alternativas individuais para o esgotamento sanitário, de modo geral, vão incluir soluções com e sem disponibilidade hídrica. Dentre essas alternativas, a Funasa (2020a) destaca que entre as consideradas adequadas, a mais estabelecida nas normas brasileiras e pesquisas é a formada pelo conjunto de um tanque séptico seguido de unidades complementares de tratamento e/ou disposição final de efluentes (sumidouro, valas de infiltração, entre outros). Porém, a fossa rudimentar ainda persiste como a solução individual mais utilizada, apesar de ser inadequada, onde há risco de contaminação de indivíduos, do solo e do lençol freático.

Torna-se importante destacar que o desenvolvimento de alternativas de tratamento individuais vem ganhando maior amplitude e aplicações práticas. Logo, outras soluções vêm sendo elaboradas, estudadas e usadas. Para a correta aplicação dessas tecnologias, é preciso

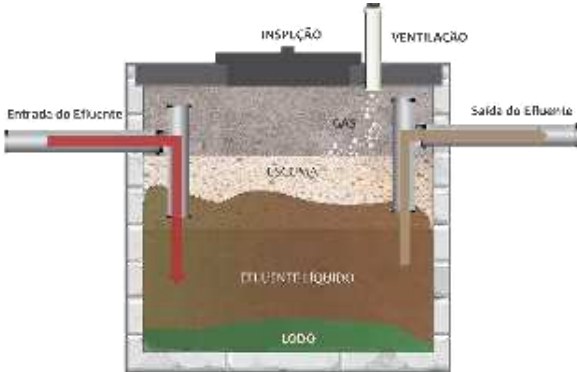

entender suas características e capacidades de tratamento. Entre elas, algumas das mais comuns no Brasil são:


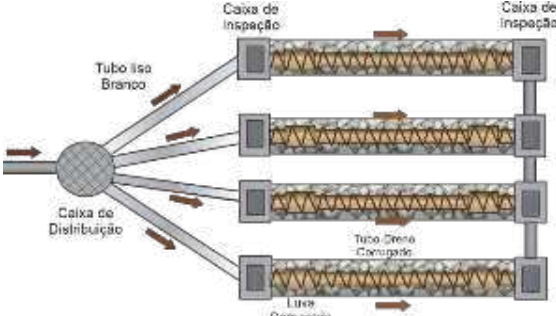

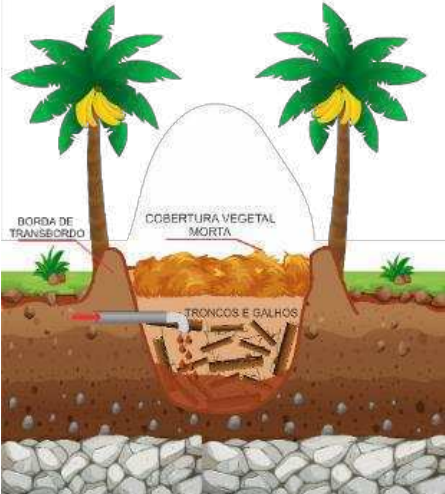
Para tratamento primário: Tanque séptico (Fossa séptica), Fossa biodigestor, *Wetlands* construídos (Sistemas alagados construídos) e Tanque de evapotranspiração (Fossa verde). Desses, o tanque séptico é o único que necessita de uma unidade complementar, não podendo ser usado sozinho.

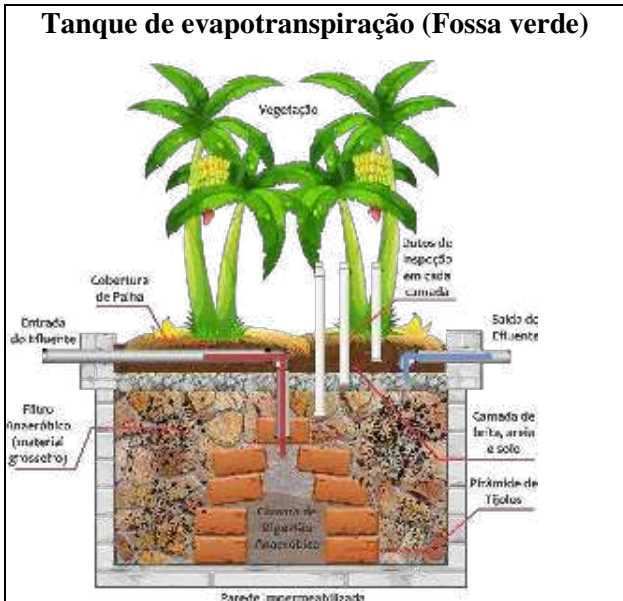
Para tratamento complementar e/ou disposição final: filtro de areia, sumidouro, vala de infiltração, círculo de bananeiras, entre outros. O que indica o uso dessas soluções é a capacidade de infiltração do solo, algumas podem ser usadas sozinhas no tratamento de águas cinzas.

Para a correta aplicação dessas tecnologias, é preciso entender suas características e capacidades de tratamento, para saber quando elas precisarão ser usadas em conjunto com outras unidades de tratamento ou não. Logo o Quadro 1 mostra as principais informações sobre essas soluções citadas.

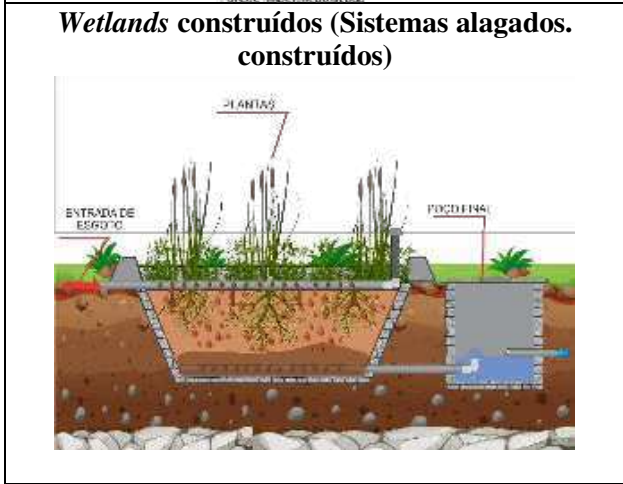
Quadro 1 - Características e definições das soluções individuais abordadas

Tecnologia	Características
<p style="text-align: center;">Tanque séptico (Fossa séptica)</p> 	<p>São unidades simples e econômicas de tratamento ao nível primário nas quais ocorre, simultaneamente, em câmara única ou em série, ou seja, é basicamente um tanque construído com a função de reter o esgoto doméstico por um período suficiente para ocorrer o tratamento. A utilização dessa solução, precisa também de uma unidade de tratamento extra, com a função de distribuição e infiltração do efluente da fossa no solo, sendo as mais comuns o sumidouro e a vala de infiltração (TONETTI, 2018).</p>
<p style="text-align: center;">Fossa absorvente</p> 	<p>A fossa absorvente, também conhecida como fossa rudimentar ou negra, recebem diretamente os esgotos das habitações; no qual os dejetos são lançados diretamente sobre o solo, infiltrando-se e contaminando, com coliformes fecais, o subsolo e as águas subterrâneas do lençol freático que abastecem os poços existentes nas proximidades (FUNASA, 2019a).</p>
<p style="text-align: center;">Sumidouro</p>	<p>Os sumidouros, também conhecidos como poços absorventes, são escavações feitas no terreno para disposição final do efluente de tanque séptico, que se infiltram no solo por meio da área vertical. É</p>

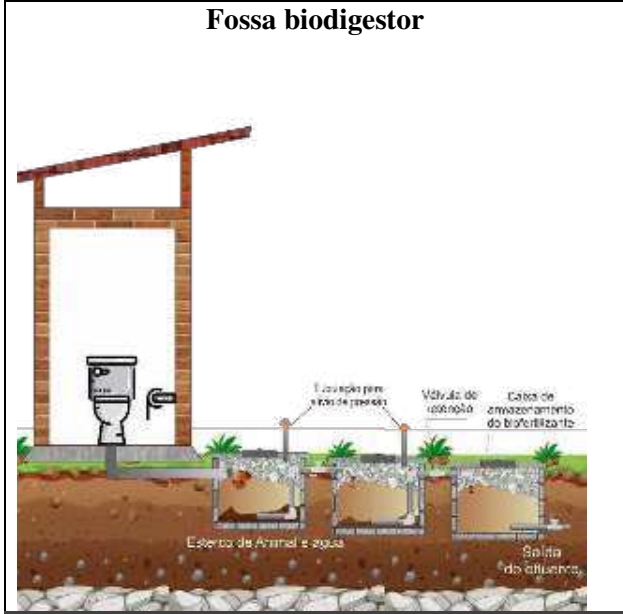
	<p>indicada para a disposição final do esgoto após o tanque séptico; em situações que o lençol freático é muito profundo (FUNASA, 2019a).</p>
<p style="text-align: center;">Vala de Infiltração</p> 	<p>Esta unidade de tratamento é usualmente empregada após o tanque séptico, o sistema de vala de infiltração consiste em um conjunto de canalizações assentado a uma profundidade determinada, em um solo cujas características permitam a absorção do efluente do tanque séptico. A percolação do líquido por meio do solo permitirá a mineralização do esgoto, antes que este se transforme em fonte de contaminação das águas subterrâneas e de superfície. É indicada para a disposição final do esgoto após o tanque séptico; em situações que o lençol freático é próximo à superfície (FUNASA, 2019a).</p>
<p style="text-align: center;">Filtro de areia</p> 	<p>É um filtro de areia indicado quando o tempo de infiltração do solo não permite adotar outro sistema mais econômico e/ou quando há risco de poluição do lençol freático (FUNASA, 2019a).</p>
<p style="text-align: center;">Círculo de bananeiras</p> 	<p>Se constitui em uma bacia escavada no entorno da qual se cultiva bananas e outras plantas com altas taxas de evapotranspiração. Este é um sistema ideal para o reuso das águas servidas no local da geração deste esgoto. É uma tecnologia apropriada para destinação das águas cinzas provenientes da cozinha, lavagem de roupa e banho (TONETTI, 2018).</p>



A categoria de biorremediação vegetal surge como alternativa ecológica e de baixo custo para o tratamento de efluente domiciliar, no qual as águas e os compostos nutricionais provindos do esgoto são reaproveitados para o cultivo de plantas. O esgoto é direcionado para dentro da câmara e, em seguida, escoar para a parte externa dessa estrutura, preenchida por materiais porosos que servem como filtro, tais como entulho, casca de coco e material terroso, em que são cultivadas as plantas (TONETTI, 2018).



São soluções na qual se utiliza um leito preenchido com substrato filtrante (usualmente cascalho, brita, solo, areia, entre outros) por onde o efluente é aplicado e percola entre as raízes de plantas aquáticas (macrófitas), de modo a ser tratado por processos biológicos, químicos e físicos (TONETTI, 2018).



É um sistema de biodigestão anaeróbica, com ausência de oxigênio, composta por no mínimo três câmaras (fibrocimento ou fibra de vidro) em série. O sistema foi dimensionado para que os dejetos depositados nas caixas fermentem por período suficiente para uma completa biodigestão, e o material orgânico final é rico em nitrogênio, fósforo e potássio, além de micronutrientes que podem ser usados como adubo orgânico, seguro e natural (FUNASA, 2019b).

Fonte: Elaboração Própria (2023).

Tonetti *et al.* (2018) expõem que inúmeros desafios ainda precisam ser vencidos para tornar a implantação desses sistemas ampla, eficiente, viável e segura. Entre esses desafios, destaca-se a escolha das tecnologias de tratamento de esgoto mais adequadas para cada situação.

Por ser uma decisão que dependerá de muitas variáveis simultaneamente e por existir uma ampla variedade de tecnologias disponíveis para áreas rurais, a escolha sobre qual alternativa é mais adequada para o tratamento de esgotos deve considerar as especificidades locais, devendo ser priorizada a implementação de serviços e soluções capazes de se adequar as características e necessidades específicas de cada comunidade, desde que garantam a salubridade, a privacidade, o conforto, e a segurança da população (FUNASA, 2020b).

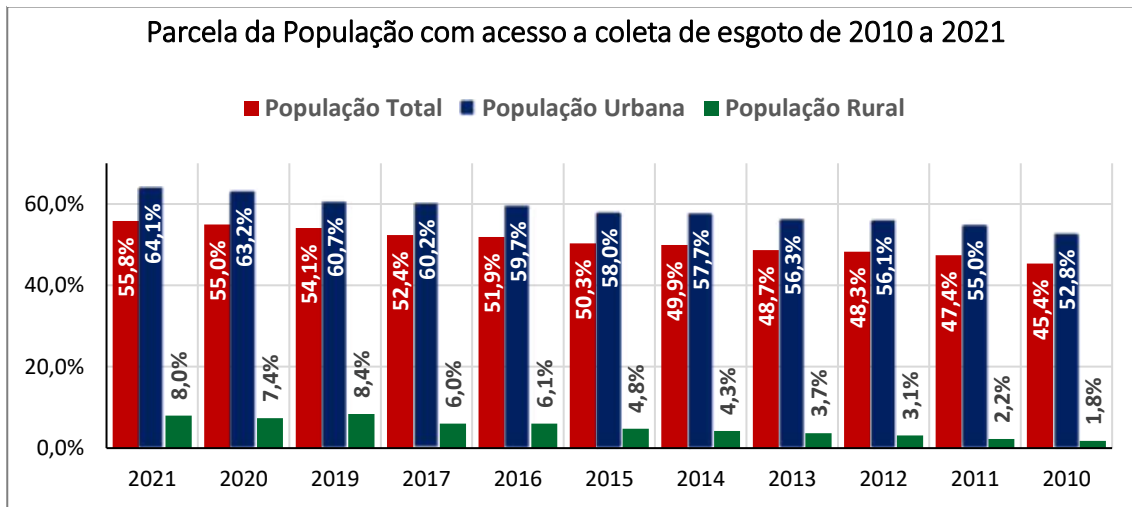
2.2 CONSIDERAÇÕES SOBRE O SERVIÇO DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO NO BRASIL EM ESPECIAL

2.2.1 Cobertura Atual

O Brasil enfrenta desafios significativos em relação à cobertura dos serviços de esgotamento sanitário. De acordo com dados do SNIS (2021), a cobertura nacional ainda é inferior ao ideal, onde praticamente 43% da população (92.871.315 habitantes) ainda não possui coleta de esgoto. Em 2010, a oferta desse serviço não chegava nem em metade dos brasileiros (45,4%).

Os dados do SNIS, publicada no ano de 2021, exibidos no Gráfico 1 mostra a evolução desse serviço ao longo dos últimos onze anos, de 2010 a 2021. Percebe-se o modesto crescimento do serviço nesse intervalo, com apenas 1,9% de crescimento médio no Brasil, para a população urbana e rural, foram respectivamente, 1,8% e 14,6% (Gráfico 1).

Gráfico 1 - Parcela da população que mora em domicílios com acesso ao serviço de coleta de esgoto de 2010 a 2021



Fonte: SNIS, 2021.

Outro agravante em relação à prestação do esgotamento sanitário são as desigualdades regionais que permeiam o panorama do serviço no Brasil. Enquanto algumas regiões do país desfrutam de avanços significativos, outras enfrentam desafios substanciais na expansão e melhoria dos sistemas de esgoto.

Nos dados levantados pelo SNIS (2021), é possível identificar a significativa disparidade na distribuição da infraestrutura e atendimento entre as diferentes regiões do país. No Sudeste, cerca de 82% da população contava com o serviço de coleta de esgoto, o Nordeste, ficou na frente apenas da região Norte (14%), com apenas 30,2% da população sendo atendida. Já a Paraíba, apesar de ter esse índice maior que a média do Nordeste, continua abaixo da média brasileira (55,8%), com somente 38,9% dos habitantes com atendimento. Esses dados podem ser vistos na Tabela 1.

Tabela 1 - Parcela da população com coleta de esgoto em 2021

Localidade	Parcela da população total com acesso à coleta de esgoto (% da população)	Parcela da população urbana com acesso à coleta de esgoto (% da população)	Parcela da população Rural com acesso à coleta de esgoto (% da população)
Brasil	55,8%	64,1%	8,0%
Norte	14,0%	18,4%	0,4%
Nordeste	30,2%	39,2%	4,3%
Sudeste	81,7%	85,9%	23,5%
Sul	48,4%	55,3%	6,6%
Centro-Oeste	61,9%	68,4%	6,7%
Paraíba	38,9%	50,1%	2,7%

Fonte: SNIS, 2021.

Agrava a situação do serviço de esgotamento, o fato que apenas 51,2% do esgoto gerado recebe tratamento, e dos efluentes residuais coletados cerca de 20% não é tratado. No Nordeste a razão entre o volume de esgoto tratado e volume de água consumida é de 35,5%, na Paraíba esse número é um pouco maior, correspondendo 44,2% (SNIS,2021).

Para Carmona e Dall’Agnol (2023) os dados apresentados evidenciam a presença de um cenário de sérios problemas estruturais no país, especialmente no que diz respeito aos estados mais carentes da federação e à parcela da população que mais necessita dos serviços de saneamento e educação básica.

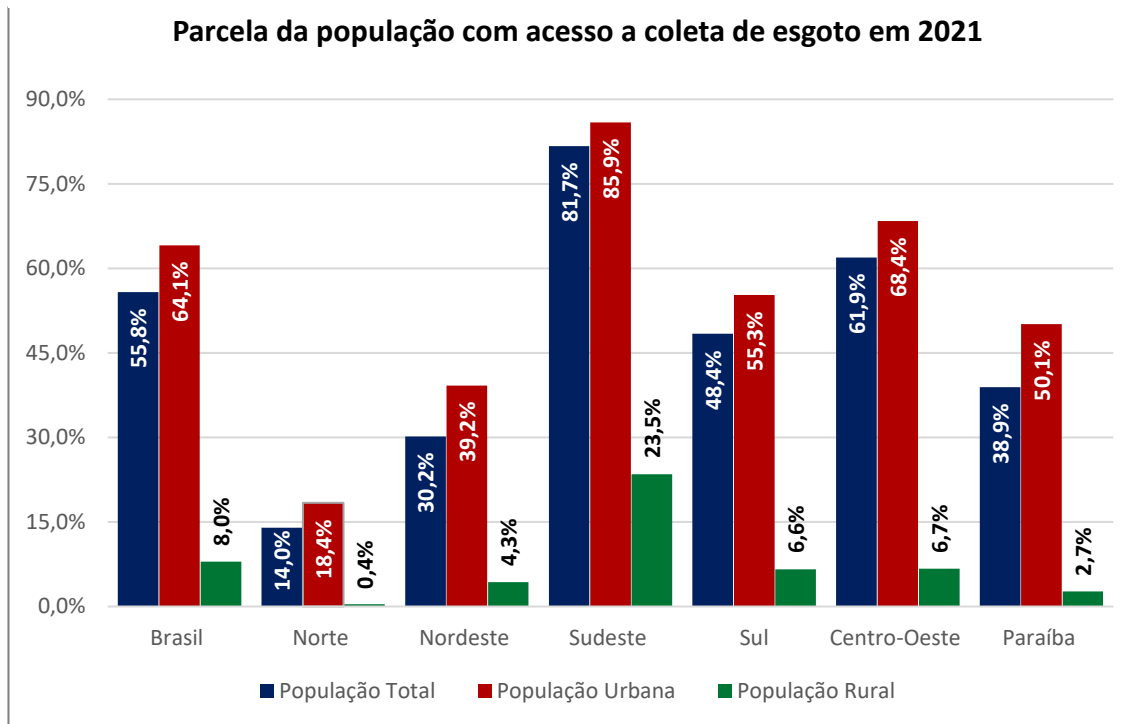
2.2.2 Desafios Rurais

Outra análise que se faz relevante é a do contexto rural, já que a realidade nesses ambientes se mostra ainda mais frágil e parte significativa da população brasileira ainda reside nesses locais. Segundo estimativas de 2021 apresentadas pelo SNIS, as áreas rurais abrigam aproximadamente 15% da população do país (30,9 milhões de habitantes).

Nas áreas rurais, a falta de acesso aos serviços de esgotamento sanitário é mais pronunciada. Como mostra os dados do SNIS (2021) onde o crescimento do atendimento com coleta de esgoto nessas localidades não chegou a 10% em 2021, e em 2010 ainda era de 1,8% (Gráfico 2). Evidenciando, assim, a persistência de negligências mais severas de atendimento nos espaços afastados dos centros urbanos.

Por meio do Gráfico 2, observa-se melhor as disparidades no atendimento entre as regiões e as populações urbana e rural. O Sudeste, apresenta a maior taxa de atendimento em localidades rurais, com 23,5% da população com coleta de esgoto, as demais regiões não chegaram sequer a 10% de atendimento. No Nordeste, o serviço estava presente apenas para 4,3% da população rural e na Paraíba esse número é ainda pior, onde somente 2,7% da população rural tem coleta de esgoto (SNIS, 2021).

Gráfico 2 - Parcela da população atendida com coleta de esgoto, por regiões em 2021.



Fonte: SNIS, 2021.

Como mencionado anteriormente, isso ressalta ainda mais a vulnerabilidade das áreas rurais em relação à prestação dos serviços de esgotamento, destacando a necessidade premente de investimentos mais substanciais nessas localidades. Voltados para soluções capazes de atender e respeitar as peculiaridades de cada local.

A distância geográfica, a dispersão populacional e a limitação de recursos financeiros contribuem para a baixa cobertura nesses locais. Que acabam utilizando soluções inadequadas para o despejo dos esgotos, como a utilização de fossas rudimentares e o lançamento in natura em valas a céu aberto, em rios, lagoas, riachos ou no mar (ROSSONI *et al.*, 2020).

2.2.3 Impactos na Saúde Pública, desenvolvimento e Meio Ambiente

A inadequada oferta do serviço de esgotamento sanitário não apenas compromete a saúde pública, mas também causa sérios danos ao meio ambiente e atrasos no desenvolvimento socioeconômico. A contaminação de corpos d'água e a poluição do solo são consequências

diretas da ausência ou inadequação dos sistemas de esgotamento sanitário. Esses impactos ambientais são agravados pela falta de tratamento adequado dos efluentes.

Tais impactos são aferidos anualmente pelo IBGE, sendo possível identificar, por exemplo, como a produtividade dos trabalhadores e o desempenho dos estudantes são prejudicados devido a doenças causadas pela falta de saneamento. Analisando as relações de trabalho, a ausência de funcionários devido a infecções gastrointestinais (diarreia ou vômito) resulta em perda de dias de trabalho, causando um custo para as empresas no valor de R\$ 18,1 bilhões em horas remuneradas não efetivamente trabalhadas, conforme dados de 2018 do IBGE.

Carmona e Dall’Agnol (2023) destacam ainda que os trabalhadores impactados por essas enfermidades enfrentam como resultado um desempenho profissional inferior, haja vista que o rendimento do trabalho das pessoas que moram em residências sem saneamento básico (R\$ 486,37 por mês) foi 83% menor do que aqueles trabalhadores que vivem em regiões que possuem saneamento (R\$ 2859,78 por mês).

No que diz respeito ao desempenho escolar, as crianças e jovens sem acesso a saneamento enfrentam desafios de atraso escolar quando comparados com estudantes que moram em locais onde há saneamento. Segundo o IBGE (2021) os estudantes que moram em residências sem saneamento básico têm em média 53,6% de atraso escolar a mais que estudantes que moram em residências com saneamento, onde os anos de atraso na educação, são, respectivamente, 2,35 e 1,53. Dado que a escolaridade influencia diretamente a produtividade no trabalho e afeta a renda dos trabalhadores, a universalização do saneamento contribui para o aumento da frequência escolar, amplia as oportunidades de emprego e eleva a renda familiar (TRATA BRASIL, 2022). Os dados citados acima podem ser vistos na Tabela 2.

Tabela 2 – Dados de relação e rendimento trabalhista e desempenho escolar associados ao saneamento de 2018 a 2021 no Brasil (continua)

Indicador	2021	2020	2019	2018
Custo dos afastamentos do trabalho por diarreia ou vômito, em R\$ (Custo dos afastamentos)	-	-	-	18.087.601.643,90
Rendimento do trabalho das pessoas que moram em residências com saneamento básico (R\$ por mês)	2.859,78	2.831,42	3.028,06	2.947,06
Rendimento do trabalho das pessoas que moram em residências sem saneamento (R\$ por mês)	486,37	481,55	514,99	501,21

Tabela 2 - Dados de relação e rendimento trabalhista e desempenho escolar associados ao saneamento de 2018 a 2021 no Brasil (conclusão)

Indicador	2021	2020	2019	2018
Escolaridade média das pessoas que moram em residências com saneamento básico (Anos de educação formal)	9,18	9,23	9,23	9,73
Escolaridade média das pessoas que moram em residências sem saneamento (Anos de educação formal)	5,31	5,34	5,34	5,63
Atraso escolar das pessoas que moram em residências com saneamento básico (Anos de atraso na educação)	1,53	1,45	1,35	1,28
Atraso escolar das pessoas que moram em residências sem saneamento (Anos de atraso na educação) (IBGE)	2,35	2,23	2,07	1,96

Fonte: IBGE, 2023.

Existe a vinculação direta entre investimentos em saneamento básico e redução dos gastos com saúde pública. Segundo a Organização Mundial da Saúde (OMS, 2014), para cada dólar investido em água e saneamento, são economizados outros 4,3 dólares em custos de saúde pública. Atualmente, 88% das mortes por diarreia no mundo são causadas por saneamento inadequado (desses óbitos, 84% são de crianças com até 5 anos). Analisando mais especificamente os impactos da falta de serviços de esgotamento, Saúde (2020) afirma que se 100% da população tivesse acesso à coleta de esgoto, haveria uma redução de 74,6 mil internações, onde 56% dessa redução ocorreria no Nordeste.

2.2.4 Direitos e Legislação sobre o Saneamento Básico

Desde da constituição de 1988, o indivíduo é reconhecido como um sujeito de direito, e, também, a responsabilidade do governo em garantir que todos, sem discriminação, tenham acesso aos recursos que possam garantir um padrão adequado de saúde (SILVA e HELLER, 2016). Logo, onde há maior violação de direitos, há maior fragilidade aos problemas relacionados a saneamento.

Assim, o Plano Nacional de Saneamento (PLANASA), desenvolvido na década de 1970, representou o pioneirismo brasileiro em busca da universalização do saneamento ao expandir a oferta de serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário. A partir de 2003, com o estabelecimento do Ministério das Cidades e a criação da Secretaria Nacional de

Saneamento Ambiental (SNSA), essa tornou-se a principal responsável pela administração dos programas e iniciativas de saneamento básico no Brasil.

Freitas (2020) aponta que como resultado dessa formulação houve a aprovação da Lei 11.445/2007, que estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico, a lei definiu instrumentos e regras para o planejamento, a fiscalização, a prestação e a regulação dos serviços, tendo sido estabelecido o controle social sobre todas essas funções. Ainda em seu artigo 48, diretriz VII, a lei define que devem ser garantidos os meios adequados para o atendimento da população rural, por meio da utilização de soluções compatíveis com as suas características econômicas e sociais peculiares.

A legislação também estabeleceu, a criação do Plano Nacional de Saneamento Básico (PLANSAB), o qual é concebido e coordenado pelo Ministério das Cidades, com uma perspectiva de planejamento para 20 anos, sujeita a revisões periódicas em intervalos não superiores a 4 anos.

Adicionalmente, Castro e Cerezini (2023) destacam que a publicação da Lei no 14.026/2020, que atualizou o marco legal do saneamento básico, estabeleceu metas para a expansão do serviço de saneamento no Brasil no futuro relativamente próximo. Foram definidas metas para a abrangência dos serviços de distribuição de água e coleta de esgoto, mediante a inclusão de uma nova redação ao artigo 11-B da Lei n.º 11.445/2007. Onde se definiu que “Os contratos de prestação dos serviços públicos de saneamento básico deverão definir metas de universalização que garantam o atendimento de 99% da população com água potável e de 90% da população com coleta e tratamento de esgotos até 31 de dezembro de 2033”.

Carmona e Dall’Agnol (2023) apontam que na época da publicação da norma, a perspectiva era que o país avançasse na oferta dos serviços públicos essenciais regulados, o que seria realizado por meio de investimentos privados e públicos. Como O Programa de Aceleração do Crescimento (PAC), que tinha ênfase na universalização do acesso ao saneamento básico e no aprimoramento dos instrumentos de gestão destinados à execução dos serviços regulados.

Porém, não foi que se observou na prática, em função dos baixos investimentos na infraestrutura de saneamento básico em anos recentes (2012 em diante) e devido aos índices reduzidos de abrangência desses serviços, especialmente nas áreas rurais, é possível que, no curto a médio prazo, não apenas a meta expressa na revisão do artigo 11-B da Lei n.º 11.445/2007, mas também o princípio de universalização preconizado por essa mesma lei para

a oferta de serviços de saneamento básico, não sejam alcançados (CASTRO e CERZINI, 2023).

2.2.5 Arrecadação, Iniciativas e Investimentos

Apesar dos desafios, é importante conhecer as iniciativas e investimentos em andamento. Freitas (2020) destaca que desde a elaboração do PLANASA as principais fontes de investimento disponíveis para o setor de saneamento básico no Brasil são os recursos derivados da Lei Orçamentária Anual (LOA), orçamentos dos estados e municípios, recursos provenientes de empréstimos internacionais, recursos próprios dos prestadores de serviços, e recursos dos Fundos Estaduais de Recursos Hídricos, oriundos da cobrança pelo uso dos recursos hídricos.

O programa de maior impacto implementado para ações em saneamento básico foi o Programa de Aceleração do Crescimento (PAC) criado em 2007, a gestão dos programas e ações do PAC ficaram sob responsabilidade do Ministério das Cidades, da Fundação Nacional da Saúde (FUNASA), que é vinculada ao Ministério da Saúde, Ministério da Integração Nacional e Ministério do Meio Ambiente.

Além disso, de acordo com SNIS (2021), houve um crescimento médio, entre 2010 e 2021, na Tarifa média de coleta de esgoto e nos Investimentos totais em saneamento de, respectivamente, 6,8% e 6,3%. Onde a tarifa saiu de 2,03 (R\$ por m³) em 2010, para 4,17(R\$ por m³) em 2021 e os investimentos de saíram de R\$ 8.803.405.163,68 em 2010, para R\$ 17.276.533.434,21 em 2021.

No Nordeste o crescimento em investimentos foi ainda menor (2,6%), chegando a R\$ 3.643.868.331,65 em 2021, o equivalente a 21,1% do valor investido no país, mesmo a região apresentando aproximadamente 28% da população do Brasil. Apesar do crescimento na receita e investimentos, a previsão para o total de custos, em R\$ milhões, acumulado de 2020 a 2040 ainda será negativo (R\$ -638.789,853).

Analisando a média do déficit de acesso e a relação de investimentos em sistema de esgotamento sanitário, segundo as macrorregiões brasileiras, no período de 2007 a 2017, Freitas (2020) destaca que as macrorregiões sudeste e sul apresentaram participação em investimentos realizados maiores que a participação em déficits de acesso, sendo que no Sudeste a

participação em investimentos foram cerca de 2 vezes maior que a participação em déficit. Já as macrorregiões norte, Nordeste e Centro-Oeste a participação em déficit é maior que a participação em investimentos realizados. No Nordeste, a participação em investimentos realizados é cerca de 2,5 vezes menor que o déficit de acesso.

Os dados apresentados revelam que a participação nos investimentos efetuados nas macrorregiões Norte e Nordeste vem sendo inferior à participação no déficit de acesso, indicando uma discrepância na alocação de recursos em relação às necessidades específicas de cada macrorregião.

Percebe-se que projetos de saneamento básico e esgotamento sanitário, apoiados por órgãos governamentais e parcerias público-privadas, têm sido implementados em diversas regiões. Porém, apesar do crescente investimento em saneamento nas últimas décadas, a desigualdade de atendimento com os serviços de esgotamento sanitário ainda é muito grande, demonstrando fragilidade na realização de um planejamento uniforme.

2.2.6 Conclusões

Este panorama ressalta a complexidade do cenário de esgotamento sanitário no Brasil. A evolução histórica e os sistemas contemporâneos de tratamento e disposição de esgotos do país, segundo Castro e Cerezini (2023) deixam evidente o desafio maior relacionado à universalização no meio rural, especialmente porque fatores como recursos financeiros insuficientes e menor densidade populacional encarecem o provimento de serviços de saneamento básico para uma população dispersa.

O saneamento no ambiente da infraestrutura rural dos municípios é fundamental, por contribuir direta e indiretamente para o bem-estar da população e desenvolvimento socioambiental. Assim, é vital promover e investir em soluções, com abordagens capazes de atender a questão do saneamento básico rural. Logo, a priorização de sistemas de baixo custo, montagem simples, que utilizem materiais comuns e disponíveis localmente, com a capacidade de ser implementado em larga escala, revela-se de extrema importância para mitigar esse déficit.

2.3 MÉTODOS DE APOIO À DECISÃO MULTICRITÉRIO

Os decisores de mais diversos campos enfrentam continuamente problemáticas de naturezas distintas. Onde é necessário tomar decisões julgando, no horizonte daquela área, quais as melhores alternativas na resolução de determinado problema, seja no intuito de escolher, ordenar, classificar, ou descrever essas alternativas.

Ishizaka e Nemery (2013) destacam como a tomada de decisão baseada em critérios é, em sua maioria, subjetiva e complexa, pois, geralmente, pessoas tendem a não considerar apenas um critério, mas sim vários em seus processos de decisão.

Pensando em simplificar e auxiliar os processos de tomada de decisão, surgem os Multicriteria Decision Aid (MCDA), ou métodos de apoio a decisões multicritério, ou, que, segundo Leoneti (2012) são usados diante de uma situação a qual um tomador de decisão precisa escolher entre um conjunto finito de soluções possíveis, priorizando ou selecionando uma ou mais alternativas em função do atendimento aos critérios selecionados.

Nesse cenário, a utilização de modelos e técnicas de apoio à tomada de decisão, irão melhor amparar os decisores, lhes permitindo organizar e testar previamente os resultados de suas decisões antes mesmo de colocá-las em prática, podendo ampliar consideravelmente benefícios e reduzir problemas, ou possíveis impactos negativos posteriormente (GOFFI, 2017).

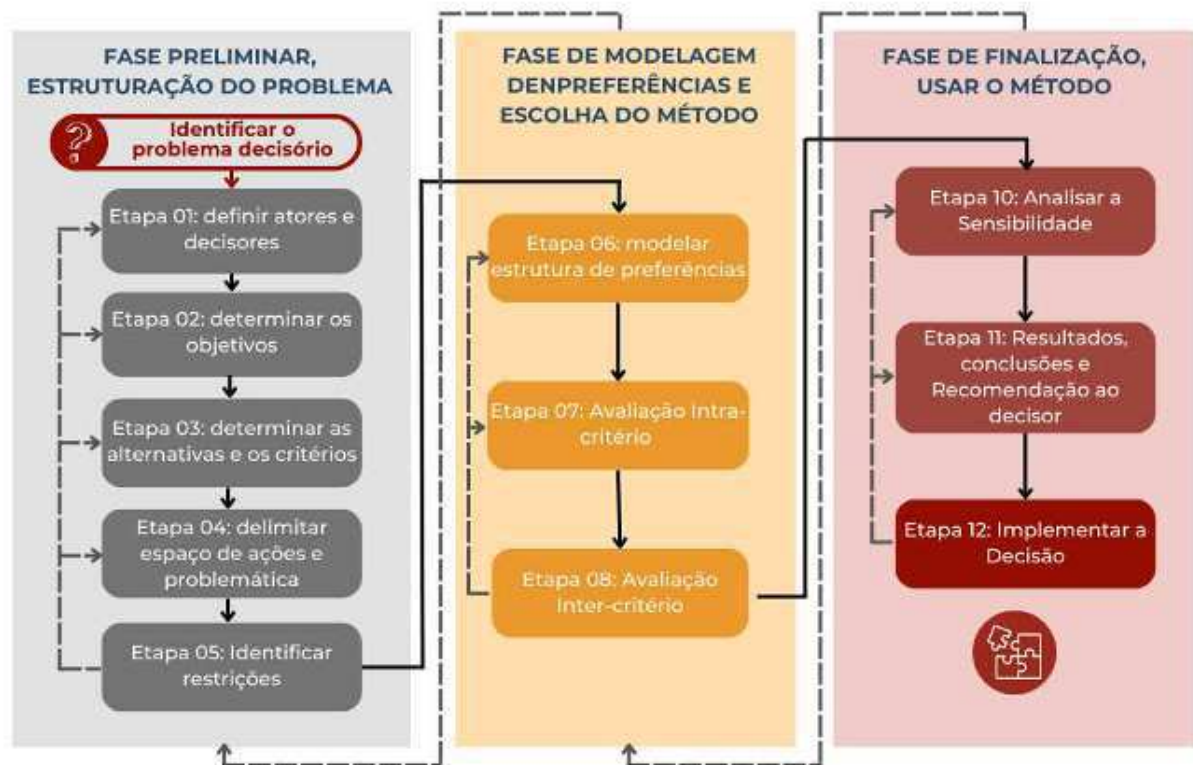
Silva (2016) destaca que apesar desses métodos conseguirem fornecer técnicas capazes de propiciar soluções privilegiadas, é importante explicitar que estes pretendem, objetivamente, tornar o decisor protagonista do processo e não de tomar a decisão por ele.

Entretanto, considerando o número de métodos MCDA disponíveis, por vezes, se torna difícil a tarefa de selecionar uma ferramenta de apoio à decisão adequada para a problemática em questão. Logo, existem diferentes maneiras de escolher modelos multicritério que serão mais eficientes para resolver problemas específicos.

Goffi (2017) aponta que o uso das metodologias de apoio à tomada de decisão depende substancialmente da fase de estruturação do problema, abrangendo todas as ações; onde são contrabalanceados os pontos positivos e negativos de usar tal método em tal circunstância. De maneira pragmática, pode-se concluir que os métodos de apoio a decisão desenvolvidos até hoje, diante de suas diferenças e adequabilidades, seguem a hierarquia disposta na Figura 3,

baseada na abordagem de De Almeida (2013) que descreve seu procedimento de construção em três fases e doze etapas interativas.

Figura 3 - Hierarquia do processo de tomada de decisão



Fonte: Adaptado de De Almeida (2013).

Leoneti (2012) afirma que para evitar confusões e obter as soluções mais adequadas, o decisor precisa, antes de fazer uso dessas técnicas, selecionar o método mais adequado dentre os vários possíveis, sendo esta etapa de montagem do sistema decisório, a primeira tarefa a ser realizada no uso de métodos multicritério.

2.3.1 Metodologias multicritérios mais usadas na área de saneamento básico

Segundo Campos (2011), um fator relevante para a aplicação e elaboração desses métodos multicritério no saneamento é o seu caráter decisório de natureza pública e política, exigindo transparência, sistematização e harmonia entre os decisores.

Para obter uma visão consolidada da amplitude de opções dos MCDA que podem ser usadas na área do saneamento, Goffi (2017) apresenta em seu trabalho “Uso da análise

multicritério para a seleção de tecnologias de tratamento de efluentes” uma distribuição de um conjunto de 306 pesquisas relacionados ao saneamento, obtidos por uma análise da literatura que utilizaram de métodos multicritérios, realizadas no período de 1970 a 2015.

Foi possível observar uma tendência crescente no uso desses métodos ao longo dos anos, com um aumento expressivo na taxa de crescimento durante os anos de 2010 a 2015, período durante o qual mais do que 80% dos artigos levantados foram publicados, saindo de 10 publicações em 2010 para 80 em 2015.

Ainda, a fim de entender o uso desses modelos na área do saneamento, este trabalho realizou uma investigação bibliográfica, com a função de investigar pesquisas que englobaram o tema em estudo de maneira relevante e direta; bem como, averiguar quais são os métodos mais empregados e os critérios que levaram à decisão final. Essa análise bibliográfica se faz relevante, pois, segundo Campos (2011), permite investigar o tema em estudo e ajuda a melhor extrair, dos casos similares, informações que podem ser relevantes na pesquisa em questão.

A base de verificação bibliográfica qualitativa e de caráter descritivo deste item 2.3.1, consultou trabalhos e pesquisas em periódicos nacionais e estrangeiros publicados em base de dados virtuais. Para tal utilizaram-se as bibliotecas virtuais: Google Acadêmico, SCIELO, RCIpea, Sciety, 1library.org, TEDE, CAPES, BDTD, Science.gov, Library Genesis, Elsevier e BJD, com recorte temporal de 2011 a 2023.

Assim, o Quadro 2 mostra trinta trabalhos desenvolvidos nos últimos 12 anos, expondo suas aplicações específicas referentes ao emprego de metodologias de apoio à decisão nos mais diferentes cenários dentro do saneamento.

Quadro 2 – Pesquisas semelhantes que usam métodos de apoio a decisão (continua)

Estudo	Autores e Ano	Problema Analisado	Método Estático Usado
Selection of wastewater treatment process based on the analytical hierarchy process and fuzzy analytical hierarchy process methods	KANIMI, <i>et al.</i> (2011)	Selecionaram o melhor processo de tratamento de águas residuais, por meio do processo de hierarquia analítica difusa.	<ul style="list-style-type: none"> •AHP; •Fuzzy;
Modelo de apoio à decisão multicritério para priorização de projetos em saneamento	CAMPOS (2011)	Foi exposto hierarquias de projetos de abastecimento de água e esgotamento sanitário, via um modelo multicritério de decisão	<ul style="list-style-type: none"> •PROMETHEE II; •GAIA; •ELECTRE IV

Quadro 2 - Pesquisas semelhantes que usam métodos de apoio a decisão (continua)

Estudo	Autores e Ano	Problema Analisado	Método Estático Usado
Aplicação de métodos multicriteriais de apoio à tomada de decisão para escolha de tecnologia de tratamento de esgoto: Estudo de caso de Restinga-SP	REAMI (2011)	Aplicação dos métodos multicritérios de auxílio à tomada de decisão, para elucidar quais as opções de melhor otimizar e ampliar o sistema de esgotamento sanitário, em um estudo de caso.	<ul style="list-style-type: none"> • MAUT; • CP; • CGT
Selection of an appropriate wastewater treatment technology: A scenario-based multiple-attribute decision-making approach	KALBAR, <i>et al.</i> (2012)	Desenvolvimento de uma metodologia baseada em cenários de atribuição e aplicado à seleção de alternativas de tratamento de águas residuais.	<ul style="list-style-type: none"> • TOPSIS
Modelo multicritério de apoio à decisão aplicado à seleção de sistema de tratamento de esgoto para pequenos municípios	HUNT (2013)	Desenvolveu-se um sistema para a seleção de tecnologia de tratamento de esgoto, especificamente para pequenos municípios brasileiros.	<ul style="list-style-type: none"> • AMD
The influence of expert opinions on the selection of wastewater treatment alternatives: A group decision-making approach	KALBAR, <i>et al.</i> (2013)	Apresentou-se uma nova abordagem para incorporar opiniões de especialistas no processo de tomada de decisão baseada em cenários, na seleção de tecnologias de tratamento.	<ul style="list-style-type: none"> • AHP
Assessing the Scale of Resource Recovery for Centralized and Satellite Wastewater Treatment	LEE, <i>et al.</i> (2013)	Realizou a classificação de três diferentes configurações de recuperação de água e energia para um estudo caso simplificado.	<ul style="list-style-type: none"> • PROMETHEE I; • PROMETHEE II
Priorização de ações no setor saneamento via análise multicritério de dados de qualidade socioambiental	ALPES, TUMA e SOARES (2013)	Foi determinado os municípios do estado de Goiás que apresentavam maiores necessidades de intervenções públicas no setor saneamento. No intuito de promover o desenvolvimento da região.	<ul style="list-style-type: none"> • PROMETHEE II
Metodologia de apoio ao processo de pré-seleção de sistemas de tratamento de esgotos no âmbito de uma bacia hidrográfica	GROBÉRIO e BRINGER (2014)	Criou uma metodologia de apoio ao processo de tomada de decisão associado à pré-seleção de processos de tratamento de esgotos no âmbito de uma bacia hidrográfica.	<ul style="list-style-type: none"> • QUAL-UFGM; • PNL
Assessment of wastewater treatment alternatives for small communities: An analytic network process approach	MOLINOS, <i>et al.</i> (2015)	Por meio do processo ANP foram classificados um conjunto de tecnologia para tratamento secundário de efluentes em pequenas comunidades.	<ul style="list-style-type: none"> • ANP (Similar ao AHP)

Quadro 2 - Pesquisas semelhantes que usam métodos de apoio a decisão (continua)

Estudo	Autores e Ano	Problema Analisado	Método Estático Usado
Estudo de pesos substitutos para o método PROMETHEE II e aplicação em modelo para avaliação de tecnologias críticas	CLEMENTE (2015)	Foi apontado a melhor performance para a estrutura do método PROMETHEE II, para a avaliação das alternativas.	• PROMETHEE II
Avaliação de desempenho municipal através da análise multicritério: uma aplicação em microrregiões paraibanas	BEZERRA (2016)	Desenvolvimento e aprimoramento de avaliações de desempenho municipal através das técnicas multicritério de apoio a decisão	• PROMETHEE II
Ferramenta de suporte à decisão baseada no ciclo de vida para seleção de alternativas de tratamento de águas residuais	KALBAR; KARMAKAR; ASOLEKAR; <i>et al.</i> (2016)	Criou-se uma ferramenta de auxílio para a tomada de decisão em áreas urbanas, suburbanas e rurais na seleção da tecnologia apropriada para o tratamento de águas residuais	• ANP
Uso da análise multicritério para a seleção de tecnologias de tratamento de efluentes	GOFFI (2017)	Forneceu uma nova abordagem para a seleção de tecnologias de tratamento de águas residuais, considerando as dimensões econômicas, sociais, técnicas e ambientais	• PROMETHEE II
Proposta metodológica para pré-seleção de sistemas de tratamento de esgoto no âmbito de bacias hidrográficas	FANTIN; REIS; MENDONÇA <i>et al.</i> (2017)	Estabeleceu-se uma metodologia proposta de pré-seleção de processos de tratamento de esgoto dentro uma bacia hidrográfica.	•QUAL-UFMG; •VPL
Comparação de suporte à decisão multicritério Métodos para Priorização de Reabilitação Integrada	TSCHEIKNER GRATL; EGGER; RAUCH, <i>et al.</i> (2017)	Compararam-se métodos MCDA disponíveis para a aplicação em um esquema com relação a sua adequação para uso na gestão integrada de ativos de sistemas hídricos.	• ELECTRE; •AHP; • WSM; • TOPSIS; •PROMETHEE
Apoio ao processo de avaliação do serviço de abastecimento de água no Rio Grande do Norte: uma abordagem multicritério	Melo; <i>et al.</i> (2018)	Foi avaliado o serviço de abastecimento de água de oito municípios do Estado do Rio Grande do Norte (RN). levando-se em consideração aspectos operacionais, financeiros e de qualidade da água.	• TOPSIS
Seleção de sistemas de tratamento de esgotos no âmbito de bacias hidrográficas a partir do emprego da análise multiobjetivo	BRINGER; REIS e MENDONÇA (2018)	Avaliou-se a qualidade da água em um modelo de simulação, para adequar o processo de seleção de sistemas de tratamento de esgoto, dentro bacias hidrográficas.	• ELECTRE III

Quadro 2 - Pesquisas semelhantes que usam métodos de apoio a decisão (continuação)

Estudo	Autores e Ano	Problema Analisado	Método Estático Usado
Procedimento de avaliação das ações de saneamento rural: o caso do município de São Desidério-BA	MENEZES (2018)	Por meio de um sistema de avaliação, foram propostas intervenções para o saneamento rural.	• ELECTRE TRI
Análise de decisão com múltiplos critérios para a seleção de saneamento em municípios sul-africanos	SALISBURY; BROUCKAERT; STILL, <i>et al.</i> (2018)	Criou-se uma ferramenta de auxílio a engenheiros municipais confrontados com uma escolha entre diferentes tecnologias considerando as várias dimensões da sustentabilidade.	• MAVT
Apoio ao processo de avaliação do serviço de abastecimento de água no Rio Grande do Norte: uma abordagem multicritério	MELO, <i>et al.</i> (2018)	Avaliou-se o serviço de abastecimento de água de oito municípios do Estado do Rio Grande do Norte (RN)	• TOPSIS
Aplicação de um método multicritério Fuzzy Promethee para gestão de perdas de água em sistemas de distribuição de água.	SOUZA (2019)	Criou-se um modelo multicritério capaz sintetizar as várias os problemas reais envolvidos na gestão de perdas de água, hierarquizando as alternativas mais recomendadas para a gestão, em municípios de médio porte de Pernambuco	• Fuzzy - PROMETHEE
Avaliação da sustentabilidade em sistemas de saneamento in situ em usando análise multicritério	VIDAL; HEDSTRM; BARRAUD, <i>et al.</i> (2019)	Considerando indicadores de sustentabilidade foram comparados nove SAA em escala domiciliar.	• ELECTRE III
Avaliação da gestão do saneamento básico em municípios de pequeno porte aplicando o método multicritério SAW	MORATORI FILHO (2020)	Foi comparada a gestão dos serviços das concessionárias de saneamento básico através do banco de dados do Sistema Nacional de Informações Sobre Saneamento.	• SAW
Sistemas descentralizados de tratamento de esgoto em assentamentos precários urbanos: proposta de um modelo multicritério de apoio à decisão	COURY (2021)	Desenvolveu-se um modelo multicritério de apoio à decisão, para auxiliar a escolha das tecnologias mais adequadas a serem implementadas em locais sem acesso às redes de coleta e tratamento centralizado de esgotos	• AHP

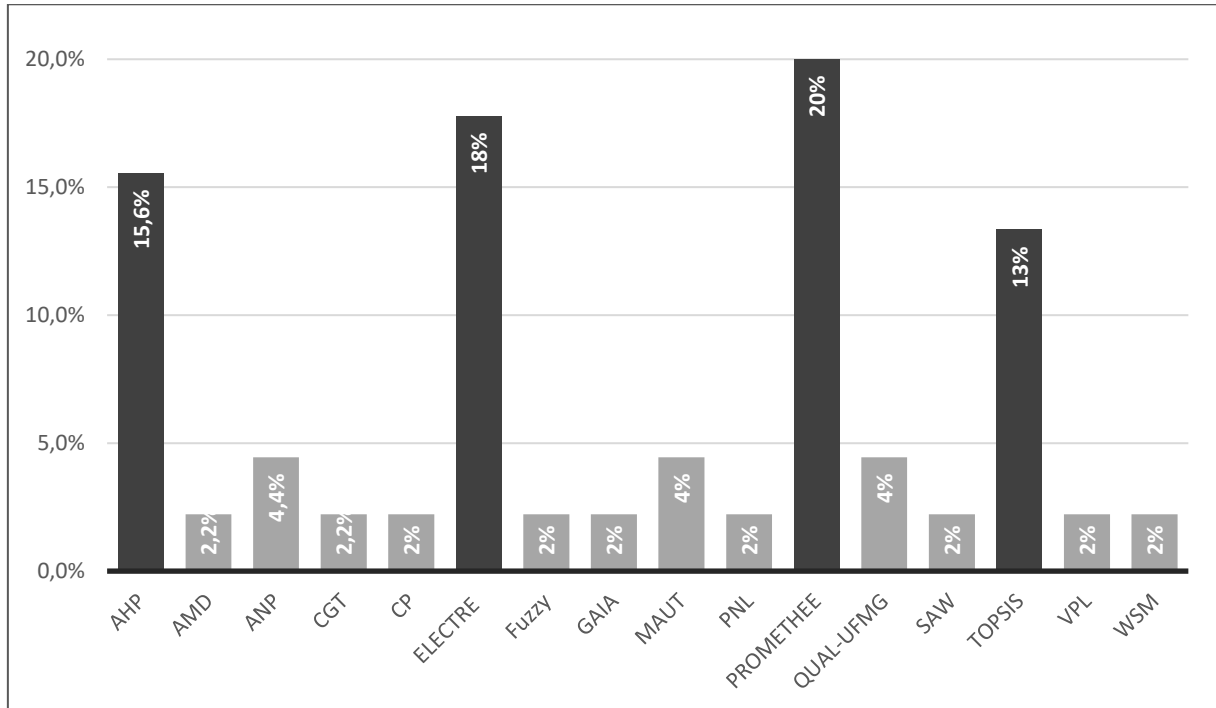
Quadro 2 - Pesquisas semelhantes que usam métodos de apoio a decisão (conclusão)

Estudo	Autores e Ano	Problema Analisado	Método Estático Usado
Abordagem multicritério para análise de sistemas de abastecimento de água e esgotamento sanitário com auxílio de dados espaciais de alta resolução	SILVA (2021)	Foi analisada as condições atuais dos sistemas urbanos de abastecimento de água e de esgotamento sanitário de Caruaru-PE e indicaram-se diretrizes de maneira a maximizar os benefícios e minimizar os danos à população pela ineficiência dos sistemas existentes ou falta destes.	• AHP
Uso da Análise Multicritério na Gestão de Esgotamento Sanitário em Microbacias Rurais, usando ferramentas SIG	CRUZ (2021)	Aplicação de ferramenta para seleção de tecnologias de tratamento de esgoto unifamiliares ou semi coletivas, utilizando análise multicritério com uso de ferramentas SIG	• AHP
Análise comparativa das alternativas para tratamento de esgotos de residências unifamiliares	PEREIRA e SOUZA (2021)	Analisou-se a aplicabilidade dos processos para tratamento de esgotos de residências unifamiliares no Brasil e as condições em que estes seriam recomendados	• ELECTRE-III • TOPSIS
Estudo de viabilidade técnica-econômica, social e ambiental para seleção de tratamento de esgoto doméstico em áreas rurais	TRES (2021)	foi realizado um levantamento de dados e informações ambientais, sociais, técnicas e econômicas, de estudos de caso e projetos piloto com tecnologias aplicáveis de forma descentralizada para analisar quais a melhores	• AHP
Análise multicriterial para priorização de processos de tratamento de esgotos	MARTINS (2022)	Foi exposto por meio de uma revisão de literatura quais os principais métodos multicritério aplicados ao contexto das estações de tratamento de esgoto (ETE).	• ELECTRE-TRI; •TOPSIS; •AHP
Seleção de tecnologias de tratamento de esgoto utilizando análise multicritério	FREITAS (2022)	Foi analisado a seleção de tecnologias de tratamento de esgoto utilizando análise multicritério aplicáveis em municípios do Estado de Goiás que não possuem sistema de esgotamento sanitário	• ELECTRE I

Fonte: Elaboração própria (2023).

Foram usados 16 métodos nessas pesquisas, 45 vezes ao total. Sendo as técnicas PROMETHEE; ELECTRE; AHP; e TOPSIS as mais testadas; aparecendo, respectivamente, em 20,0%, 17,8%, 15,6% e 13,3% da quantidade total de métodos testados. No Gráfico 3 é possível ver essa distribuição.

Gráfico 3 - Porcentagem dos modelos multicritério usados em pesquisas de saneamento básico nos últimos 15 anos



Fonte: Elaboração própria (2023).

O método PROMETHEE é o utilizado nessa dissertação, este foi escolhido, por ser um dos métodos não compensatórios mais usados e por proporcionar uma sobreclassificação valorada das alternativas sem necessariamente eliminar nenhuma delas. Já que, a utilização de qualquer uma das alternativas examinadas, trará benefícios ao assentamento que se encontra em uma situação de saneamento precária.

2.3.2 Método PROMETHEE

A família de métodos multicritério conhecidos como PROMETHEE, são técnicas outranking, pertencente à classe de métodos de sobre classificação não compensatório. Foi apresentada primeiramente por Brans, Vincke e Mareschal em 1984, e significam “Preference

Ranking Organisation Method for Enrichment of Evaluations”, melhor traduzido para português como “Método de Organização de Classificação de Preferências para Avaliações Enriquecidas”.

A Fundação Getúlio Vargas (FGV CES, 2020) afirma que na família PROMETHEE, uma função de preferência é associada a cada critério, que possui pesos relativos a suas importâncias, conferindo a esse método maior resistência para variações nos parâmetros de entrada quando comparados a outras famílias de métodos multicritérios outranking, oferecendo uma maior solidez nos resultados.

As variações deste método têm a finalidade de resolver problemas de ordenação e aplicação em sistemas que envolvem preferências confusas, permitindo obter uma pré-ordem parcial de preferência entre as alternativas do problema, com maior objetividade e flexibilidade, além de rápida utilização, fácil verificação, e transparência nos resultados.

Os principais métodos da família PROMETHEE são: PROMETHEE I, II, III, IV, V e PROMETHEE-GAIA. Já foram aplicados em muitos campos, e vários pesquisadores os usaram em decisões. Segundo Behzadian *et al.* (2010) seu sucesso se deve basicamente às suas propriedades matemáticas e à sua particular facilidade de uso.

2.3.2.1 O ranking PROMETHEE II

Dentre os métodos desta família, o PROMETHEE II, se baseia no fluxo líquido, levando assim a uma classificação completa das ações. Goffi (2017) destaca que outra vantagem desta técnica é a seleção, que acaba sendo realizada sem que relações de incompatibilidade existam, e as ações podem, assim, ser ordenadas da melhor para a pior.

A modelagem da técnica que se baseia o método PROMETHEE II está centrada na comparação par a par das alternativas. Cada um dos critérios determinados, são avaliados de acordo objetivos distintos, podendo minimizar ou maximizar o resultado. Serão detalhados a seguir, os seis passos do procedimento de implementação do método, sendo esses, respectivamente: Matriz de consequência, pares de comparação, funções de preferência, preferência global, fluxo unicritério positivo e negativo e fluxo líquido global (CUNHA, 2022; ISHIZAKA e NEMERY, 2013):

- **Passo 1 – Matriz de Consequência:** o início do método é a construção da matriz de avaliação, que relaciona as alternativas com relação a um conjunto de critérios. A construção dessa matriz contém as avaliações de desempenho ($g_j(an)$) das “n” alternativas em relação a cada um dos critérios j . Como mostra a Tabela 3.

Tabela 3 - Matriz de Consequência

	$g1$	$g2$...	g_j
$a1$	$g1(a1)$	$g2(a1)$...	$g_j(a1)$
$a2$	$g1(a2)$	$g2(a2)$...	$g_j(a2)$
...
an	$g1(an)$	$g2(an)$...	$g_j(an)$

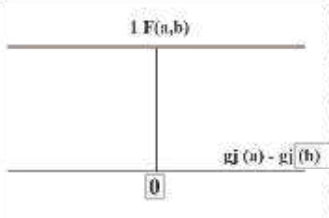
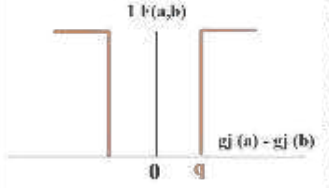
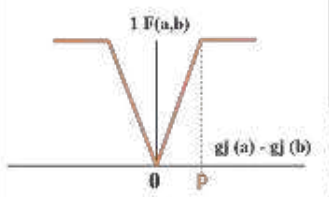
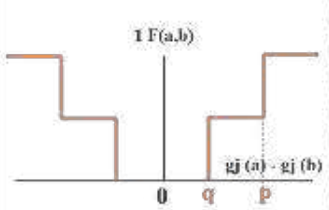
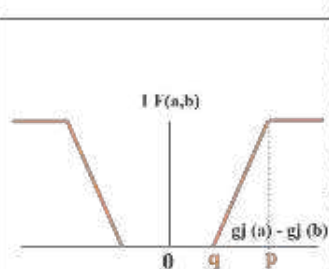
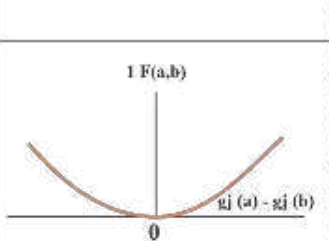
- **Passo 2 – Pares de comparação:** determina as diferenças de desempenho com base nos pares de comparação, por meio da Equação 1.

$$P_j(a, b) = g_j(a) - g_j(b) \quad (1)$$

Onde ($P_j(a, b)$) é a diferença de desempenho entre uma alternativa a em relação a uma alternativa b em cada critério j .

- **Passo 3 – Funções de preferência:** determina e aplica a função de preferência mais adequada para cada critério. Um grau de preferência é uma pontuação (entre 0 e 1), que expressa como uma ação é preferida em relação a outra ação, do ponto de vista do tomador de decisão. Estas comparações em pares são baseadas na diferença entre as avaliações das duas ações, sendo assim, o decisor pode optar por exprimir essa preferência nas ações, indicando a intensidade da preferência da diferença $g_j(a) - g_j(b)$, que podem ser expressos em seis tipos de funções de preferência, expostas no Quadro 3.

Quadro 3- Formas das funções de preferência

Critério [em que a diferença na performance $g_j(a) - g_j(b)$]			
TIPO	GRÁFICO	FUNÇÕES	PARÂMETROS
I Critério Usual		$g(a) - g(b) > 0 \Rightarrow F(a, b) = 1$ $g(a) - g(b) \leq 0 \Rightarrow F(a, b) = 0$ <p>Há uma diferença entre a e b se e somente se $g(a) = g(b)$. Qualquer diferença entre a avaliação das alternativas implica uma preferência estrita.</p>	Nenhum
II Quase Critério		$g(a) - g(b) > q \Rightarrow F(a, b) = 1$ $g(a) - g(b) \leq q \Rightarrow F(a, b) = 0$ <p>Duas alternativas são indiferentes enquanto a diferença entre as avaliações não ultrapassar o limiar de indiferença. Acima desse limiar, a preferência é estrita.</p>	q
III Critério Preferência Linear		$g(a) - g(b) > p \Rightarrow F(a, b) = 1$ $g(a) - g(b) \leq p \Rightarrow F(a, b) = \frac{g_j(a) - g_j(b)}{p}$ $g(a) - g(b) \leq 0 \Rightarrow F(a, b) = 0$ <p>A preferência do decisor cresce linearmente até que o limiar de preferência seja atingido. Após esse limiar, a preferência é estrita</p>	p
IV Critério Nível		$ g_j(a) - g_j(b) > p \Rightarrow F(a, b) = 1$ $q < g_j(a) - g_j(b) \leq p \Rightarrow F(a, b) = 1/2$ $g(a) - g(b) \leq 0 \Rightarrow F(a, b) = 0$ <p>a e b são considerados como indiferentes até que a diferença entre $g_j(a)$ e $g_j(b)$ não ultrapasse q_j; entre q_j e p_j o grau de preferência é fraco, e acima de p_j a preferência é estrita.</p>	p,q
V Critério de Preferência Linear de Zona de Indiferença		$ g_j(a) - g_j(b) > p \Rightarrow F(a, b) = 1$ $q < g_j(a) - g_j(b) \leq p \Rightarrow F(a, b) = \frac{ g_j(a) - g_j(b) - q}{p - q}$ $g(a) - g(b) \leq q \Rightarrow F(a, b) = 0$ <p>a e b são considerados como indiferentes até que a diferença entre $g_j(a)$ e $g_j(b)$ não ultrapasse q_j; acima desse limiar, o grau de preferência cresce linearmente até atingir uma preferência estrita a partir de p_j.</p>	p,q
VI Gaussiana		$g(a) - g(b) > 0$ $g(a) - g(b) \leq 0$ <p>O desvio-padrão (σ) deve ser fixado e a preferência aumenta segundo uma distribuição normal.</p> $F(a, b) = 0$	σ

Fonte: Adaptado de Cunha (2022).

- **Passo 4 – Preferência global:** As ações a e $b \in A$, onde A é o conjunto de alternativas possíveis de um problema, a função de preferência P corresponde a Equação 2:

$$P: A \times A \rightarrow (0,1) \quad (2)$$

A partir daí, então, é possível calcular o **índice de preferência** que representa o grau de preferência da ação a em relação a b . Supondo que o decisor estabeleceu uma função de preferência P_i e peso w_i para cada critério f_i ($i=1,\dots,k$) do problema, o índice é definido pela Equação 3:

$$\Pi(a,b) = \sum_{i=1}^k P_i(a,b) \cdot w_i \quad (3)$$

onde $\Pi(a,b)$ expressa o grau de preferência de a em relação a b para todos os critérios. A função de preferência representa a intensidade de desejabilidade de a em relação a b para:

$\Pi(a,b) = 0$ corresponde a condição de indiferença ou não preferência de a em b ;

$\Pi(a,b) \sim 0$ significa preferência fraca de a em b ;

$\Pi(a,b) \sim 1$ representa preferência forte de a em b ; e

$\Pi(a,b) = 1$ constitui preferência estrita de a em b .

- **Passo 5 - Fluxo unicritério positivo e negativo:** nenhuma resposta definitiva sobre o problema já pode ser extraída somente pela análise das tabelas de graus de preferências ou de suas representações gráficas, especialmente quando o número de ações é grande.

Portanto, o método segue sua estruturação. Sendo assim, os graus de preferência em pares, estará resumido no chamado “fluxo unicritério de saída ou positivo, o fluxo de entrada ou negativo, e o fluxo de rede”. Juntos, esses fluxos serão capazes de medir como uma ação é preferida em relação a todas as outras ações ou como ela é preferida *por* todas as outras ações.

- **Fluxo Positivo:** Indica como uma ação é preferida (conforme a preferência do tomador de decisão) em relação a todas as outras ações sobre esse critério em particular. Quanto maior for este fluxo positivo, mais preferida é a ação em comparação com as outras. É, portanto, a soma normalizada de todos os elementos da linha da alternativa na tabela de “grau de preferência” e situa-se sempre entre 0 e 1.

- **Fluxo Negativo:** mede como as outras ações são preferidas a esta ação. Sendo assim, esse fluxo é obtido tomando a média de toda a coluna na matriz de grau de preferência, com exceção do elemento diagonal. Esta pontuação situa-se assim sempre

entre 0 e -1 . Saliente-se que esta pontuação tem de ser minimizada, uma vez que representa a fraqueza de uma alternativa em comparação com as outras.

Esses fluxos representam quanto uma alternativa sobreclassifica as demais. Logo, O **fluxo de superação positivo e negativo** são definidos, respectivamente, nas equações (4) e (5):

$$\varnothing^+(a) = \frac{1}{n-1} \sum_{b \in A} \Pi(a, b) \quad (4)$$

$$\varnothing^-(a) = \frac{1}{n-1} \sum_{b \in k} \Pi(a, b) \quad (5)$$

Sendo A o conjunto de alternativas, cada alternativa a é comparada com $(n-1)$ alternativas em A.

- **Passo 6 - Fluxo Líquido Global:** O PROMETHEE II realiza uma pré-ordem completa das alternativas por meio de uma **grandeza denominada fluxo líquido**, obtida pela subtração do fluxo negativo do fluxo positivo. Logo, considera ambas as visões. Como os pesos são normalizados, a pontuação global positiva situa-se sempre entre 0 e 1. Analogamente, a pontuação global negativa indica como uma ação é preferida pelas outras ações. A pontuação negativa situa-se sempre entre 0 e -1 e tem de ser minimizada.

A partir da definição da função preferência, calcula-se o grau de preferência da ação potencial que tem maior desempenho.

O **fluxo Líquido Global** é obtido pela Equação 6:

$$\varnothing(a) = \varnothing^+(a) - \varnothing^-(a) \quad (6)$$

A ordenação das alternativas é feita com base na ordem decrescente de seus respectivos fluxos líquidos.

- **Análise de sensibilidade:** Ishizaka e Nemery (2013) mostram que, no que se refere ao caso do problema multicritério, a solução encontrada pode apresentar, diante de uma pequena variação de um único parâmetro, uma mudança completa na classificação, indicando assim, uma solução instável. Se, por outro lado, a classificação permanece a mesma para uma grande variedade de diferentes conjuntos de parâmetros, então o tomador de decisão pode ser bastante confiante sobre a estabilidade da solução.

O procedimento de análise de sensibilidade, compreende o estudo de mudanças nas alternativas ou resultados obtidos pela hierarquia para avaliar a velocidade com que uma solução se degrada a um nível predeterminado (CAMPOS, 2011). Assim, o teste de

sensibilidade consiste em testar diferentes parâmetros, alterar dinamicamente os pesos ou os limiares de indiferença e preferência, para ser possível observar atenciosamente à estabilidade ou instabilidade da classificação. Mediante esse teste, o tomador de decisão estará ciente de que as conclusões tiradas serão válidas, para um conjunto preciso de parâmetros escolhidos, mesmo frente a qualquer pequeno erro ou obstáculo.

2.3.3 PROMETHEE-ROC: peso dos critérios

O PROMETHEE II não apresenta um processo claro para atribuição dos pesos dos critérios, etapa fundamental na estruturação das preferências do decisor. Furetti (2021) aponta a importância de uma abordagem visando testar diferentes conjuntos de pesos.

A análise ROC (*Receiver Operating Characteristic*) é um método gráfico para avaliação, organização e seleção de sistemas de diagnóstico e/ou predição. Prati, Batista e Monard (2008) definem o ROC como uma ferramenta útil e poderosa para a avaliação de modelos de classificação, quando é preciso levar em consideração diferentes importâncias para os diferentes critérios de classificação.

De Almeida Filho et al. (2018), mostraram a adequação dos pesos estabelecidos pelo ROC ao PROMETHEE, realizando simulações para verificar o desempenho de diferentes metodologias de pesos, mediante diferentes estruturas de decisão. O método tem em vista definir o conjunto de alternativas juntamente com o conjunto dos critérios de decisão, onde esses critérios serão representados pelos pesos estabelecidos pela metodologia ROC (BARRON, 1992).

Assim, o PROMETHEE-ROC proporciona um auxílio para atribuição precisa dos pesos dos critérios e uma construção de relação de sobreclassificação (MORAIS *et al.*, 2015). O método utiliza a Equação 7 para determinar os pesos, onde “n” representa o número de critérios do problema e k a posição do critério do ordenamento. A

Tabela 4, apresenta os pesos ROC calculados por meio da Equação 7, com valores que variam de 2 a 9 critérios.

$$w_i = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n \frac{1}{k} \quad (7)$$

Tabela 4 - Peso ROC calculados a partir da equação (7)

Rank dos pesos ROC (Wk)	Número de critérios							
	9	8	7	6	5	4	3	2
1	0,3143	0,3397	0,3704	0,4083	0,4567	0,5208	0,6111	0,75
2	0,2032	0,2147	0,2276	0,2417	0,2567	0,2704	0,2778	0,25
3	0,1477	0,1522	0,1561	0,1583	0,1567	0,1458	0,1111	
4	0,1106	0,1106	0,1085	0,1028	0,09	0,0625		
5	0,0828	0,0793	0,0728	0,0611	0,04			
6	0,0606	0,0543	0,0443	0,0278				
7	0,0421	0,0335	0,0204					
8	0,0262	0,0156						
9	0,0123							
	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

Fonte: Adaptado de Barron (1992).

Furetti (2021) expõe o fato da metodologia ROC alocar um peso superior ao primeiro critério quando comparado com os outros pesos, essa fragilidade deve ser confrontada na análise de sensibilidade, para tornar o método mais robusto.

A literatura sugere o uso do PROMETHEE-ROC em diferentes contextos e fundamentam a utilização do método para o contexto do presente trabalho. Os valores definidos no método apresentado, serão agregados aos critérios selecionados por ordem de sua relevância, que será definida por um grupo de técnicos da área.

Conclui-se que os métodos da família PROMETHEE são adequados para a resolução de problemas de saneamento. Campos (2011) defende o uso desses métodos por sua maior resistência para variações nos parâmetros quanto comparados a outros de métodos de sobreclassificação estabelecendo maior solidez nos resultados. Goffi (2017) continua a justificar o uso dos métodos dessa família em resolução de problemas de ordenação, para o serem objetivos, flexíveis, de rápida utilização, fácil verificação, e transparência nos resultados. Permitindo uma fácil visualização da posição das alternativas; posição dos critérios; posição das alternativas com relação aos critérios de seleção.

Assim, entre os modelos de apoio a decisão multicritério avaliados, o PROMETHEE-ROC mostra-se um dos melhores em adequação para o contexto em questão, onde são considerados vários agentes decisores e técnicos da área, cuja interação simultânea é complexa.

2.3.4 Escolha das alternativas

Campos (2011) define alternativas ou ações como um potencial conjunto de opções possíveis entre um número extenso existente, em que o decisor deverá fazer suas ponderações e consequente escolha. Um ponto importante de ser considerado é a quantidade de soluções selecionadas para avaliação do problema. Já que muitas alternativas vão resultar no aumento de complexidade da decisão.

Quando se trabalha com métodos multicritério de apoio a decisão, Leoneti (2012) alerta que a escolha das alternativas a serem tratadas é um passo delicado quando se está montando a problemática. Tal escolha, pode acarretar problemas de similaridade entre as alternativas, além de problemas de classificação das alternativas. Logo, se não tomado o devido cuidado na escolha das alternativas, mesmo que em diferentes métodos, podem ser ocasionados problemas quanto à consistência e robustez da classificação.

O objeto de decisão desta pesquisa está na configuração e realidade do saneamento nas áreas rurais. As soluções de esgotamento sanitário utilizadas nesses locais são, em unanimidade, individuais. Vidal *et al.* (2019) afirmam que a seleção da tecnologia apropriada para o tratamento *in situ* das águas residuais domésticas representa um desafio, visto a necessidade de cumprir as normas ambientais e serem econômicas e socialmente aceitáveis.

Outro fator agravante na escolha de alternativas de esgotamento sanitário individual, na análise e aplicação de métodos multicritérios, é, o ainda limitado número de pesquisas capazes de abordar a problemática de maneira ampla e pragmática. Essa dissertação buscou a superação desses desafios por meio da revisão de literatura, apontando, assim, as soluções mais recorrentes nas áreas rurais do Brasil.

2.3.5 Escolha dos Critérios

Em maioria dos problemas de decisão, há mais de um objetivo a ser atingido, avaliado ou priorizado; a estes são dados o nome de critérios ou atributos. Para não haver eventuais complicações ou resultados débeis na aplicação dos métodos, Fukasawa (2021) aponta a necessidade de, durante a montagem da problemática, decidir quais e quantos serão os critérios

e subcritérios do modelo, de modo que a quantidade e relevância de critérios selecionados consigam descrever o problema avaliado completamente e, ao mesmo tempo, serem reduzidos ao menor número possível.

O processo para a construção de um sistema de critérios eficiente envolve uma série de decisões em uma abordagem interdisciplinar. Segundo Menezes (2018) a seleção de critérios, pode ser baseado em seis etapas:

1. Definir objetivo e escopo; selecionar um quadro conceitual;
2. Pesquisar banco de dados de indicadores existentes;
3. Propor indicadores caso verifique necessidade;
4. Determinar os critérios de seleção, incluindo como características (Mensurabilidade, Confiabilidade, Disponibilidade de Dados, Sensibilidade, Validade);
5. Estabelecer métrica e avaliar como medir indicadores;
6. Seleção final de indicadores.

Coury (2020) aponta que os critérios terão o papel de parâmetros de avaliação para o conjunto de alternativas, se firmando como o caminho para exhibir as reais preferências do decisor, podendo ser de natureza qualitativa ou quantitativa.

Quanto a escolha de critérios em problemáticas que abordem o saneamento básico, Vidal *et al.* (2019) destacam que é frequente a utilização de critérios baseados em dimensões ambientais, sociais, econômicas, técnicas, e de saúde. Isto é feito para assegurar a integridade multidimensional que uma decisão multicritério exige. No entanto, a definição e estimativa de critérios nessa área são um desafio, principalmente pela existência mínima de bases de dados para dar valor aos critérios normalmente usados.

3 METODOLOGIA

Neste capítulo, serão sistematizados os métodos técnicos e descritivos aplicados para desenvolvimento de cada fase desta pesquisa. A metodologia aplicada nesta dissertação tem como intenção difundir uma maior consciência sobre quais soluções individuais de esgotamento podem ser usadas nas áreas rurais ou isoladas.

este trabalho foi desenvolvido em três etapas. Primeiro a etapa referente a caracterização da área de estudo; seguida pela consulta bibliográfica e levantamento de dados referente as soluções e critérios trabalhados, com o intuito de evidenciar suas principais fragilidades nessa área de pesquisa. Por fim serão estruturados o progresso e a aplicação do modelo de priorização multicritério proposto, para auxiliar em decisões da área de saneamento, mais especificamente na escolha das tecnologias de tratamento individuais de esgotos domésticos. A Figura 4 apresenta o fluxograma da metodologia adotada neste trabalho.

Figura 4 - Fluxograma geral da metodologia



Fonte: Elaboração própria (2023).

3.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

3.1.1 Aspectos gerais

A Paraíba é uma das 27 unidades federativas do Brasil, possui 223 municípios e está localizada na região nordeste do país, entre os paralelos 6°5'S a 8°S de latitude sul e entre os meridianos 38°5'W a 35°00'00'' de longitude oeste. Sua área é de 56.467,242 km², sendo limitada pelo Rio Grande do Norte a norte, a Leste com o oceano atlântico, ao sul com Pernambuco e a oeste com o Ceará.

Conforme a estimativa de 2020 do IBGE, a Paraíba tem 4,018 milhões habitantes (1,91% da população brasileira), sendo o décimo quarto contingente populacional dentre os estados do Brasil; dos 223 municípios do estado, 135 tem população abaixo de 10.000 habitantes (60,5% dos municípios) (IBGE, 2020).

O estado foi dividido em 2021, pelo governo da paraíba, por meio da Lei complementar n.º 168, de 22 de junho de 2021, em quatro microrregiões de água e esgoto: Alto Piranhas; da Borborema; do Espinharas; e do Litoral. O principal objetivo da referida lei é garantir o alcance da universalização dos serviços de água e esgoto no país.

A Microrregião do Alto Piranhas é a menor, com 38 municípios em uma área próxima a 9.443 km². A Microrregião da Borborema é a maior, composta por 84 municípios em uma área de aproximadamente 24.204 km². A Microrregião do Espinharas é formada por 46 municípios como uma área total de cerca de 14.317 km². Já a Microrregião do Litoral é composta por 55 municípios com área de quase 8.503 km² (PARAÍBA, 2021). A Figura 5 expõe o mapa com a divisão territorial.

Figura 5 - Microrregiões de saneamento básico da Paraíba



Fonte: Elaboração própria (2023).

3.1.2 Determinação dos municípios de estudo

Com o objetivo de fomentar soluções de saneamento voltadas para a promoção e proteção da saúde e promover o fortalecimento da gestão, o desenvolvimento institucional e a implementação das ações de saneamento, a Fundação Nacional de Saúde (Funasa) firmou o Termo de Execução Descentralizada (TED) n.º 03/ 2019 com a Universidade Federal de Campina Grande (UFCG) em 2019, para o desenvolvimento de cinquenta Planos Municipais de Saneamento Básico dos municípios selecionados do estado da Paraíba.

O TED contemplou cinquenta municípios no Estado da Paraíba com população total (urbana e rural) de até 50.000 habitantes, que ainda não possuíam Plano Municipal de Saneamento Básico. O TED segue atualmente em execução e os municípios contemplados são apresentados no Quadro 4, bem como a população do estimada para 2020 pelo IBGE e as Microrregiões de saneamento básico que cada um está inserido.

Para filtrar e realizar uma melhor análise dos dados necessários para a pesquisa, serão analisados e consultados os municípios com as menores populações entre os que estão participando do TED n.º 03/ 2019, aqueles com população estimada abaixo de cinco mil habitantes. Já que esse grupo é o que proporcionalmente possui as maiores populações rurais, onde dos municípios citados, daqueles que apresentam mais de 50% da população rural, aproximadamente 42% fazem parte de grupo. E 62,5% das cidades desse grupo possuem mais da metade de sua população residente em áreas rurais.

Além de serem também os municípios mais vulneráveis socioeconomicamente, onde 81,3% das cidades desse grupo apresentam IDHm (IBGE,2010) baixo, e entre os municípios do TED n.º 03/ 2019 com IDHm baixo, aproximadamente 40% fazem parte desse grupo. Diante disso, fica claro a importância de estudar as particularidades e fragilidades desses locais.

Logo, serão considerados municípios dessa faixa populacional em cada microrregião de água e esgoto do estado (João Pessoa; Campina Grande; Patos e Sousa-Cajazeiras). Cabe a observação que na região Litoral não há municípios, participantes TED n.º 03/ 2019, com população abaixo de cinco mil. A fim de manter uma análise heterogeneia com municípios de todas as essas microrregiões, foram considerados, exclusivamente para essa microrregião, os municípios até sete mil e quinhentos habitantes.

Assim totalizou-se 16 (dezesseis) municípios a serem estudados, sendo eles: Areia de Baraúnas; Bom Sucesso; Cajazeirinhas; Congo; Cuité de Mamanguape; Mãe D'Água; Nova Palmeira; Poço de José de Moura; Quixaba; Riachão; Santo André; São Francisco; São José do Bonfim; São José dos Ramos; Serra Grande e Sertãozinho. O Quadro 4 e a Figura 6 apresenta os municípios selecionadas em destaque.

Quadro 4 - População e microrregiões de água e esgoto dos municípios contemplados no TED (continua)

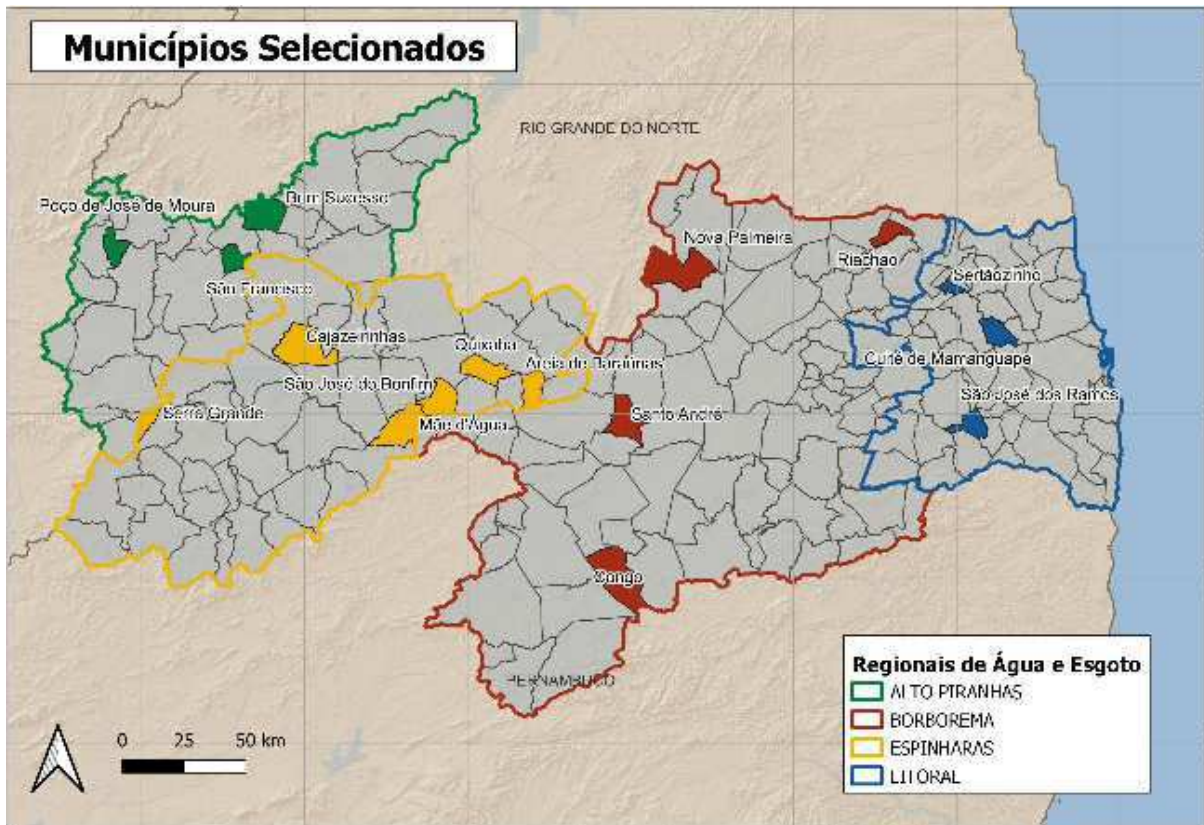
MUNICÍPIOS	População Total		Microrregiões de saneamento básico
	IBGE (2020)		
1	São Francisco	3.384	Alto Piranhas
2	Poço de José de Moura	4.337	Alto Piranhas
3	Bom Sucesso	4.956	Alto Piranhas
4	Brejo dos Santos	6.464	Alto Piranhas
5	Marizópolis	6.654	Alto Piranhas
6	São José da Lagoa Tapada	7.626	Alto Piranhas
7	Triunfo	9.464	Alto Piranhas
8	Juru	9.849	Alto Piranhas
9	São José de Piranhas	20.329	Alto Piranhas

Quadro 4- População e microrregiões de água e esgoto dos municípios contemplados no TED (conclusão)

MUNICÍPIOS		População Total IBGE (2020)	Microrregiões de saneamento básico
10	São Bento	34.344	Alto Piranhas
11	Santo André	2.509	Borborema
12	Riachão	3.619	Borborema
13	Congo	4.787	Borborema
14	Nova Palmeira	4.959	Borborema
15	Cabaceiras	5.661	Borborema
16	Maturéia	6.630	Borborema
17	Boa Vista	7.136	Borborema
18	Casserengue	7.499	Borborema
19	Pedra Lavada	7.899	Borborema
20	Desterro	8.315	Borborema
21	Pocinhos	18.708	Borborema
22	Picuí	18.720	Borborema
23	Remígio	19.798	Borborema
24	Solânea	26.227	Borborema
25	Esperança	33.199	Borborema
26	Quixaba	1.983	Espinharas
27	Areia de Baraúnas	2.116	Espinharas
28	Serra Grande	2.916	Espinharas
29	Cajazeirinhas	3.205	Espinharas
30	São José do Bonfim	3.588	Espinharas
31	Mãe D'Água	3.999	Espinharas
32	Santana de Mangueira	5.129	Espinharas
33	Aguiar	5.630	Espinharas
34	Ibiara	5.903	Espinharas
35	Nova Olinda	5.920	Espinharas
36	Igaracy	6.105	Espinharas
37	Olho D'Água	6.462	Espinharas
38	Água Branca	10.306	Espinharas
39	Manaíra	10.972	Espinharas
40	Piancó	16.111	Espinharas
41	Sertãozinho	5.089	Litoral
42	São José dos Ramos	5.998	Litoral
43	Cuité de Mamanguape	6.356	Litoral
44	Caiçara	7.191	Litoral
45	Marcação	8.653	Litoral
46	Natuba	10.451	Litoral
47	Cruz do Espírito Santo	17.461	Litoral
48	Alhandra	19.727	Litoral
49	Bananeiras	21.269	Litoral
50	Areia	22.656	Litoral

Fonte: Elaboração própria (2022).

Figura 6 - Mapa dos municípios selecionados



Fonte: Elaboração própria (2023).

3.1.3 Caracterização dos municípios do estudo

Compreendidos aspectos gerais do estado e definidos os municípios que serão estudados, a caracterização da área de estudo segue com a descrição de particularidades relacionadas aos municípios em questão, para compreender melhor a suas estruturas físicas e organizacionais.

Para tal, duas temáticas serão detalhadas: a relação urbano-rural existente no município, utilizada para definir as relações socioespaciais nos espaços eminentemente rurais ou de densidades urbanas; essas relações serão expressas por meio de três elementos: O grau de urbanização, a classe da área municipal, e a tipologia municipal rural-urbano; desenvolvidas pelo IBGE (2017). E por fim, as características físicas dos municípios, entre elas os aspectos geológico-geomorfológicos, as características do relevo, pedológicas e as climáticas e meteorológicas; obtidos pelo o Produto C (PMSB-PB/UFCG; 2022).

3.1.3.1 Aspectos e relação Urbano-Rural

A distinção entre o meio urbano e o meio rural é um desafio em todo o território nacional, porém sua importância para as ações públicas e privadas de planejamento são significativas. O IBGE (2017) destaca que as relações socioespaciais se dão de maneira heterogênia, complexa e distinta no ambiente rural e o urbano, portanto, a identificação entre os espaços urbanos e rurais deve considerar as ligações urbano-rurais, pessoas, recursos naturais, capital, trabalho, serviços, informação, tecnologia, a quantidade de domicílios, a distância entre as habitações, entre outros.

A estratégia adotada pelo IBGE em 2017 no estudo “Classificação e caracterização dos espaços rurais e urbanos do Brasil: uma primeira aproximação” não se limita somente à delimitação legal do perímetro municipal e considera também os aspectos morfológicos das áreas para gerar uma classificação das frações do território que leve todos os aspectos já citados em consideração.

Dessa maneira, o Manual do IBGE (2017) dita algumas classificações que caracterizam e distinguem a relação urbano-rural nos municípios, e ao final cria uma tipologia de classificação dos municípios para explicitar seu comportamento em relação a aspectos urbanos e rurais. A presente metodologia propõe-se a definir uma tipologia rural-urbano para o recorte territorial municipal, mesmo reconhecendo a generalização necessária nessa escala de análise, uma vez que dentro de praticamente todos os municípios brasileiros encontraremos uma variedade de situações que vão desde os espaços eminentemente rurais às grandes densidades urbanas

Uma das características analisadas é o grau de urbanização das unidades populacionais aferidos com base nos percentuais da população concentrada nas áreas de ocupação densa; podendo ser definidos como: Unidade Populacional com alto grau de urbanização; Unidade Populacional com moderado grau de urbanização e Unidade Populacional com baixo grau de urbanização. Combinando o grau de urbanização com a população total do município, foram estabelecidas classes que distinguem as unidades populacionais em: município predominantemente urbano; município intermediário e Município predominantemente rural.

De acordo com essas definições, todos os municípios estudados são, possuem baixo grau de urbanização, com exceção de Sertãozinho que tem moderado grau de urbanização. Porém, quando analisado também a distribuição de toda população no território municipal, todos

apresentaram Característica da área municipal predominantemente rural. Já que, eles possuem menos de 10 mil habitantes com um grau de urbanização abaixo de 75%.

Por fim, a “Tipologia municipal rural-urbano” desenvolvida pelo IBGE (2017) cruzou as informações já obtidas no grau de urbanização e na característica da área municipal com a dimensão da localização de forma que se possibilite distinguir, dentre os municípios adjacentes a centros urbanos e os remotos. Podendo ser classificados em: Urbano; Intermediário adjacente; Intermediário Remoto; Rural Adjacente e Rural remoto. Todos os municípios são classificados como Rural Adjacente. Já que são predominantemente rurais, mas não estão distantes de algum centro urbano do estado.

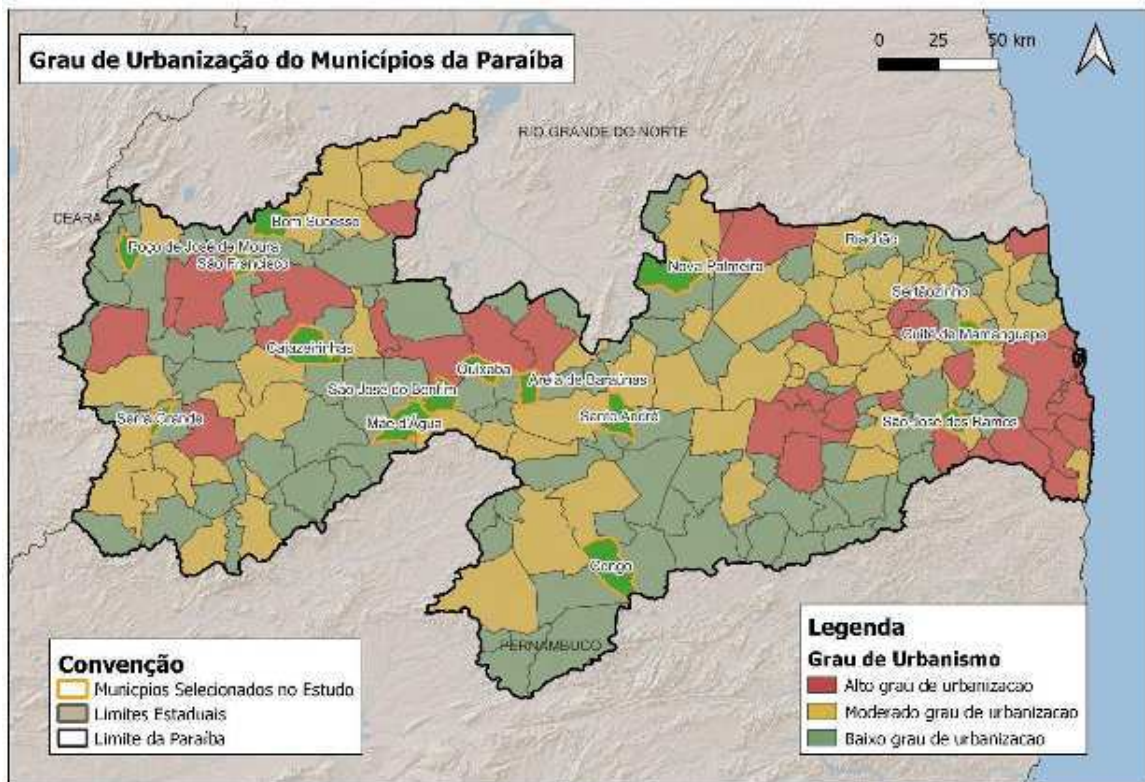
No Quadro 5 são apresentados a classificação dos municípios desse estudo, segundo as três características analisadas (grau de urbanização; característica da área municipal e Tipologia municipal rural-urbano) e na Figura 7 um mapa com o grau de urbanização dos municípios da Paraíba, onde os municípios de estudo estão destacados.

Quadro 5 - Características rural-urbano dos municípios

MUNICÍPIOS		Característica da área municipal	Classe do Grau de urbanização	Tipologia municipal rural-urbano
		IBGE (2017)	IBGE (2017)	IBGE (2017)
1	Areia de Baraúnas	Predominantemente rural	Baixo grau de urbanização	Rural Adjacente
2	Bom Sucesso	Predominantemente rural	Baixo grau de urbanização	Rural Adjacente
3	Cajazeirinhas	Predominantemente rural	Baixo grau de urbanização	Rural Adjacente
4	Congo	Predominantemente rural	Baixo grau de urbanização	Rural Adjacente
5	Cuité de Mamanguape	Predominantemente rural	Baixo grau de urbanização	Rural Adjacente
6	Mãe D'Água	Predominantemente rural	Baixo grau de urbanização	Rural Adjacente
7	Nova Palmeira	Predominantemente rural	Baixo grau de urbanização	Rural Adjacente
8	Poço de José de Moura	Predominantemente rural	Baixo grau de urbanização	Rural Adjacente
9	Quixaba	Predominantemente rural	Baixo grau de urbanização	Rural Adjacente
10	Riachão	Predominantemente rural	Baixo grau de urbanização	Rural Adjacente
11	Santo André	Predominantemente rural	Baixo grau de urbanização	Rural Adjacente
12	São Francisco	Predominantemente rural	Baixo grau de urbanização	Rural Adjacente
13	São José do Bonfim	Predominantemente rural	Baixo grau de urbanização	Rural Adjacente
14	São José dos Ramos	Predominantemente rural	Baixo grau de urbanização	Rural Adjacente
15	Serra Grande	Predominantemente rural	Baixo grau de urbanização	Rural Adjacente
16	Sertãozinho	Predominantemente rural	Moderado grau de urbanização	Rural Adjacente

Fonte: Elaboração Própria (2023).

Figura 7 - Mapa do grau de urbanização dos municípios da Paraíba



Fonte: Elaboração Própria (2023).

Outro tópico relevante no entendimento da relação urbano-rural é a existência de distritos no município. Todos os municípios brasileiros são divididos em distritos (unidades administrativas dos municípios) sendo que o distrito onde está localizada a sede do município é chamado de “distrito-sede”. Além disso, alguns dos setores censitários são classificados pelo IBGE como Povoados, assentamentos e Lugarejos (PMSB-PB/UFCEG; 2021).

De acordo com as definições apresentadas pelo IBGE (2017), “povoado” refere-se a um aglomerado rural, caracterizado pela existência de comércio e serviços, “lugarajo” a uma localidade com aglomerado, mas sem comércio e serviços, e “assentamento” unidades com aglomerados destinados à produção agrícola.

A área dos municípios selecionados é majoritariamente rural, na qual, localizam-se alguns aglomerados rurais classificados pelo IBGE como povoados. Segundo o Produto C do PMSB-PB/UFCEG (2022), com relação às áreas de ocupação densa, todos os municípios possuem somente um distrito, sendo o distrito sede; analisando os aglomerados urbanos, só três municípios apresentam mais de um aglomerado, além do distrito sede, sendo eles Cuité de Mamanguape, Santo André e São Francisco. As outras áreas de ocupação densa, são os povoados/ lugarajos, com uma média de 0,81 entre estes municípios, Cuité de Mamanguape com a maior quantidade, 6 povoados; e mais da metade não apresentando nenhum (nove

municípios). Já os projetos de assentamento rural, tem a mesma média de 0,81 por município, com Riachão tendo o maior número, cinco ao todo, porém ainda um número maior de municípios tem a quantidade igual 0, aproximadamente 67% (11 municípios). Por fim, somente 2 municípios apresentam comunidades Indígenas e Quilombolas, Cajazeirinhas e Nova Palmeira. Estes dados podem ser vistos na Tabela 5.

Tabela 5 - Áreas de Ocupação Densa nos municípios do estudo

MUNICÍPIOS	Áreas de Ocupação Densa (PMSB-PB/UFCG; 2022)				
	Distrito	Aglomerados urbanos	Povoados - lugarejos	Projeto de Assentamento	Comunidades Indígenas e Quilombolas
Areia de Baraúnas	1	1	1	0	0
Bom Sucesso	1	1	1	1	0
Cajazeirinhas	1	1	0	0	1
Congo	1	1	0	0	0
Cuité de Mamanguape	1	2	6	2	0
Mãe D'Água	1	1	2	0	0
Nova Palmeira	1	1	0	0	1
Poço de José de Moura	1	1	1	0	0
Quixaba	1	1	0	0	0
Riachão	1	1	1	5	0
Santo André	1	2	0	0	0
São Francisco	1	2	0	0	0
São José do Bonfim	1	1	1	2	0
São José dos Ramos	1	1	0	3	0
Serra Grande	1	1	0	0	0
Sertãozinho	1	1	0	0	0

Fonte: Adaptado PMSB-PB/UFCG (2022).

3.1.3.2 Características climáticas e meteorológicas

Segundo o PMSB-PB/UFCG (2022) a compressão das dinâmicas climáticas e meteorológicas do município deve servir de base na gestão das águas pluviais urbanas e dos regimes fluviais locais, já que interferem em fatores como capacidade de recarga de rios até a implantação de leitos de secagem em Estações de Tratamento de Esgoto, entre outros.

Os aspectos climáticos e meteorológicos levantados, para a caracterização dos municípios estudados, foram o tipo de clima, a temperatura média nos últimos 30 anos, o comportamento pluviométrico nos últimos 20 anos e por fim, para caracterizar melhor o clima

do município, a classificação climática utilizada pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), baseado na classificação de Köppen-Geiger, que associa a influência do clima a umidade em razão de chuvas.

Todas essas informações foram retiradas do Produto C (Diagnostico Tecnico-Participativo) do PMSB-PB/UFCG (2021) que se basearam nos bancos de Informações e dados da Agência Executiva de Gestão de Águas (AESAs) e Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) e foram relacionadas no **Erro! Fonte de referência não encontrada.** Todos apresentam uma temperatura média acima de 25 °C; o comportamento pluviométrico nos últimos vinte anos foi irregular em todos os municípios e com índices abaixo da média estadual em quatorze deles; com relação à classificação de Köppen-Geiger todos têm clima semiárido, quatorze quentes com chuvas de verão e dois com escassez de chuvas.

Quadro 6 - Características climáticas e meteorológicas (continua)

Municípios	Tipo de Clima	Comportamento da Precipitação nos últimos 20 anos	Temperatura média nos últimos 30 anos	Classificação Köppen-Geiger
Areia de Baraúnas	Semiárido quente com chuvas de verão	irregular, com baixos índices pluviométricos*	26,9°C	BSh , clima semiárido quente, caracterizado por escassez de chuvas
Bom Sucesso	Quente, de seca atenuada	irregular e com índices baixos pluviométricos	25,5°C	As , clima semiárido quente, com chuvas de verão
Cajazeirinhas	Semiárido quente e seco	irregular, com índices altos pluviométricos	28,4°C,	As , clima semiárido quente, com chuvas de verão
Congo	Tropical Semiárido	Irregular, com baixos índices pluviométricos	25,9°C	BSh , clima semiárido quente
Cuité de Mamanguape	Tropical Chuvoso, de verão seco	irregular espacial e temporal	26,1°C	As , clima semiárido quente, com chuvas de verão
Mãe D'Água	Semiárido quente e seco	irregular, com baixos índices pluviométricos	26,7°C	As , clima semiárido quente e úmido
Nova Palmeira	Tropical Chuvoso e verão seco	irregular, com baixos índices pluviométricos	25,9°C	As , clima semiárido quente, com chuvas de verão
Poço de José de Moura	Tropical semiárido	irregular, com baixos índices pluviométricos	27,3°C	As , clima semiárido quente, com chuvas de verão
Quixaba	Semiárido quente com	irregular, com baixos índices pluviométricos	27,7°C	As , clima semiárido quente, com chuvas de verão

Quadro 6 - Características climáticas e meteorológicas (conclusão)

Municípios	Tipo de Clima	Comportamento da Precipitação nos últimos 20 anos	Temperatura média nos últimos 30 anos	Classificação Köppen-Geiger
Riachão	Tropical semiárido	irregular, com baixos índices pluviométricos	25,6 °C	<i>As</i> , clima semiárido quente e úmido
Santo André	Tropical Chuvoso, com verão seco	irregular, com baixos índices pluviométricos	25,4 °C	<i>As</i> , clima semiárido quente, com chuvas de verão
São Francisco	Tropical Semiárido	irregular, com baixos índices pluviométricos	28,7 °C	<i>As</i> , clima semiárido quente, com chuvas de verão
São José do Bonfim	Quente-úmido, com chuvas de verão e outono	Irregular	26,2 °C	<i>As</i> , clima semiárido quente, com chuvas de verão
São José dos Ramos	Tropical semiárido	irregular, com variados índices pluviométricos	25,8 °C	<i>As</i> , clima semiárido quente e úmido
Serra Grande	Semiárido quente e seco	irregular, com baixos índices pluviométricos	27,4 °C	<i>As</i> , clima semiárido quente, com chuvas de verão
Sertãozinho	Tropical Chuvoso, com verão seco	irregular, com baixos índices pluviométricos	25,4 °C	<i>As</i> , clima semiárido quente, com chuvas de verão

Fonte: Adaptado do PMSB-PB/UFCG (2022).

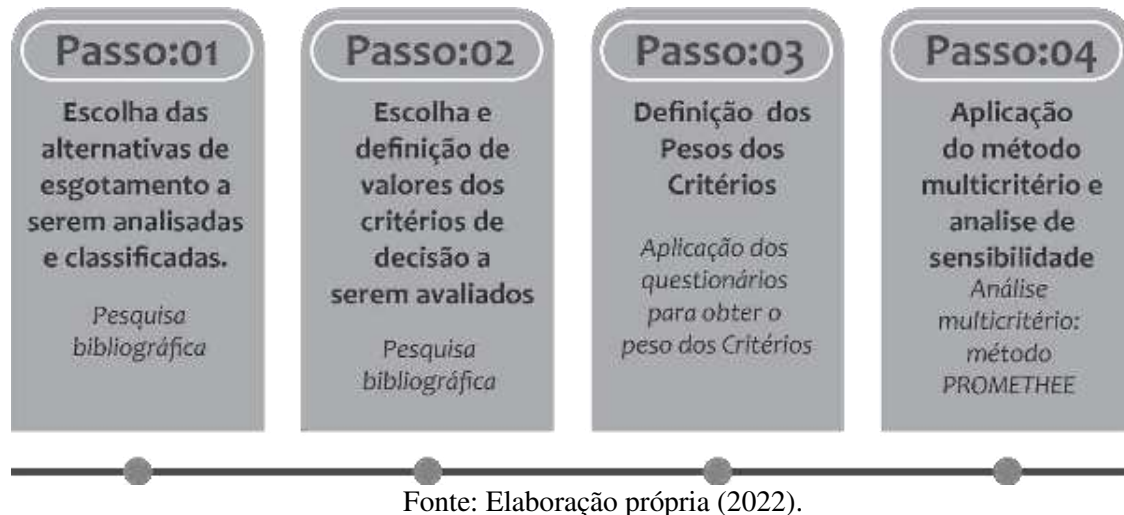
3.2 APLICAÇÃO DO MODELO MULTICRITÉRIO DE SUPORTE À DECISÃO NA ESCOLHA DE ALTERNATIVAS DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO NAS ÁREAS DE ESTUDO

Na metodologia elaborada nesta etapa, propõe-se a fabricação de um modelo multicritério de suporte à decisão que possa auxiliar decisão, de maneira, que melhor atendam as necessidades e particularidades do local que está sendo avaliado.

Para tal, a metodologia de pesquisa adotada na construção desse modelo envolve as etapas apresentadas na Figura 8: (1) Escolha das alternativas de esgotamento sanitário

individual; (2) Escolha dos critérios de decisão a serem avaliados para as soluções individuais; (3) Obtenção dos valores e pesos dos critérios analisados, e (4) método PROMETHEE II, Análise multicritério das alternativas individuais de esgotamento sanitário selecionadas nas áreas de estudo.

Figura 8 - Fluxograma das etapas de metodologia de pesquisa utilizada no modelo multicritério de suporte à decisão das melhores alternativas de esgotamento sanitário



PASSO 1: Escolha das alternativas de esgotamento a serem analisadas e classificadas.

As alternativas tecnológicas individuais devem conseguir tratar os esgotos e promover a saúde ambiental. Dessa forma, além de considerar as atividades de monitoramento e operação, a escolha da solução a ser adotada no domicílio deve avaliar também o grau de apropriação e satisfação da população atendida e as peculiaridades físicas e ambientais do local (FUNASA, 2019b).

Coury (2021) aponta que uma das fontes de consulta fundamental para o levantamento das tecnologias é a revisão de literatura, para identificação dos principais e mais usados, sistemas individuais para o tratamento de esgotos. Desse modo, seguindo a orientação observada em estudos similares com foco em decisão multicritério em áreas rurais e dispersas, descritos no

Quadro 7, foram escolhidas as tecnologias de tratamento de esgotos individuais para utilização na presente pesquisa.

Quadro 7 - Tecnologias de tratamento de esgotos domésticos para sistemas individuais abordadas nos estudos analisados

Estudo	Autores e ano	Soluções Individuais estudadas
Avaliação multicritério de soluções de esgotamento sanitário para novos loteamentos urbanos – estudo de caso no município de Goiânia	Sousa Pereira e Oliveira (2017)	3 tecnologias: tanque séptico, sumidouro e filtro biológico.
Tratamento de esgotos domésticos em comunidades isoladas: referencial para a escolha de soluções	Tonetti <i>et al.</i> (2018)	14 tecnologias selecionadas: banheiro seco compostável, estocagem e uso da urina, sistemas alagados construídos (SAC), círculo de bananeiras, reator anaeróbio de fluxo ascendente unifamiliar, fossa verde, fossa séptica biodigestor, tanque séptico, filtro anaeróbio, filtro de areia; vermifiltro, biodigestor, rafa compacto e biosistema integrado (BSI).
Manual de saneamento	Funasa (2019a)	10 tecnologias selecionadas: privada higiênica com fossa seca; fossa de fermentação; privada química; melhoria sanitária domiciliar; tanque séptico; sumidouro; vala de infiltração; filtros de areia; fossa verde e círculo de bananeiras.
Definição de critérios para escolha de alternativas de sistemas individuais de esgotamento sanitário	Pereira <i>et al.</i> (2019)	8 tecnologias selecionadas: tanque séptico; filtro anaeróbio de fluxo ascendente; vala de infiltração; sumidouro; canteiro de infiltração de evapotranspiração; círculo de bananeiras; fossa séptica biodigestor e o tanque de evapotranspiração.
Análise comparativa das alternativas para tratamento de esgotos de residências unifamiliares	Pereira e Souza (2020)	6 tecnologias selecionadas: tanque séptico; filtro anaeróbio; <i>wetland</i> ; UASB; biofiltro aerado submerso e reator biológico com membrana.
Sistemas descentralizados de tratamento de esgoto em assentamentos precários urbanos: proposta de um modelo multicritério de apoio à decisão	Coury (2021)	7 tecnologias selecionadas: fossa verde, reator UASB compacto, filtro anaeróbio, tanque séptico, filtro de areia; vala de infiltração e círculo de bananeiras.
Estudo de viabilidade técnica-econômica, social e ambiental para seleção de tratamento de esgoto doméstico em áreas rurais	Tres (2021)	7 tecnologias selecionadas: sistemas alagados construídos; reator anaeróbio de fluxo ascendente; tanque séptico; filtro anaeróbio; filtro de areia; vermifiltro e reator anaeróbio compartimentado.
Uso da Análise Multicritério na Gestão de Esgotamento Sanitário em Microbacias Rurais, usando ferramentas SIG	Cruz (2021)	4 tecnologias selecionadas: sistemas alagados construídos (SAC); tanque de evapotranspiração (BET); fossa biodigestora econômica (FBE) e fossa séptica.
Produto D – Prognóstico do Saneamento Básico.	PMSB-PB/UFCEG (2022)	7 tecnologias selecionadas: tanque séptico (fossa séptica); sumidouro; vala de infiltração; filtro de areia; fossa verde; <i>wetlands</i> construídos e fossa biodigestora.

Fonte: Elaboração própria (2022).

Em todos os estudos e manuais avaliados, o tanque séptico foi o mais citado, aparecendo em todos os estudos, seguido por Fossa Verde (tanque de evapotranspiração), com 67% de ocorrência. *Wetlands* (sistemas alagados), filtro anaeróbio e de areia foram citados em 56% dos estudos; sumidouro, círculo de bananeiras, fossa biodigestora e vala de infiltração em 44%. Estes estudos apontam os sistemas mais empregados no país, oferecendo assim tecnologias já consolidada e com maior acesso e mais informações publicadas. Por fim, foram escolhidos sete sistemas de tratamento de efluentes, entre as citadas, esses sistemas estão descritos no Quadro 8.

Quadro 8 - Tecnologias de tratamento de esgotos domésticos para sistemas individuais que serão analisadas

Tecnologias a serem avaliadas	
Nome da Tecnologia	Código da Tecnologia
Tanque séptico + Sumidouro	A1
Tanque séptico + Vala de Infiltração	A2
Tanque séptico + Círculo de bananeiras	A3
Tanque séptico + <i>Wetlands</i>	A4
Fossa verde	A5
Reator UASB compacto	A6
Fossa biodigestora	A7

Fonte: Elaboração própria (2023).

PASSO 2: Escolha dos critérios de decisão a serem avaliados

Por conseguinte, a base para a seleção desses critérios foi fundamentada principalmente por aqueles mais reportados na literatura científica. Logo, após a revisão bibliográfica, utilizou-se sete estudos recentes como base, por serem os que mais apresentavam semelhança com tema aqui abordado e assim foram definidos dez critérios a serem analisados, priorizando aqueles mais citados e com maior facilidade de mensuração. O Quadro 9 apresenta os dez critérios selecionados nesta pesquisa, seu código de identificação, sua unidade e suas principais características.

Os estudos utilizados como base foram: FUNASA, (2020); Tonetti *et al.*, (2018); Sousa; Pereira e Oliveira, (2017); Coury, (2020); Ercole (2003); Pereira e Souza, (2020); Pereira *et al.*, (2019) e Tres (2021).

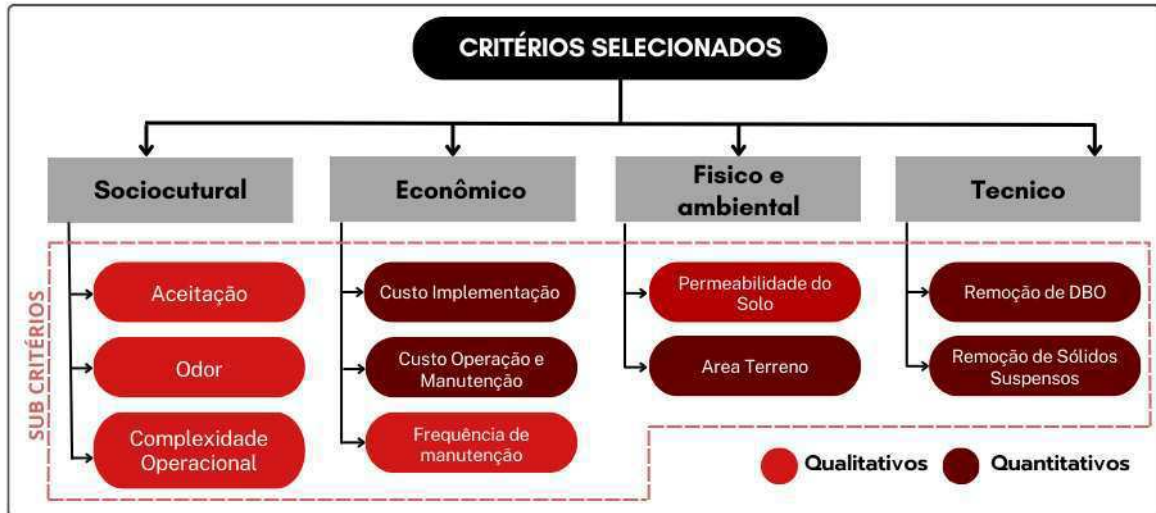
Quadro 9 - critérios que interferem na escolha da solução individual do domicílio

Critérios				Descrição
Critério	Sub Critério	Código	Unidade	
Sociocultural	Aceitação	CSC01	qualitativo	Maior disponibilidade para compreender e interagir com algo; envolve a capacidade de envolvimento dos usuários no processo de escolha da tecnologia e de seu uso e manutenção (TONETTI <i>et al.</i> , 2018).
	Odor desagradável	CSC02	qualitativo	Verifica a capacidade que a solução tem de produzir odores (GOFFI, 2017)
	Complexidade Operacional	CSC03	qualitativo	Nível de habilidade e treinamento exigido do operador, facilidades e dificuldades envolvidas em operações rotineiras para o funcionamento e manutenção da Instalação (COURY, 2020).
Socioeconômica	Custo de implementação	CSE01	R\$	Custo necessário para construção do sistema de esgotamento completo (coleta, tratamento, disposição final (FUNASA, 2020).
	Frequência de manutenção	CSE02	qualitativo	Média de vezes em que se deve realizar manutenção no sistema, por meio de ações e tarefas técnicas que mantêm o sistema em condições adequadas em um determinado espaço de tempo (TRES, 2021)
	Custo de operação e manutenção	CSE03	R\$/ano	Custo necessário com energia, pessoal, produtos químicos, gestão e manutenção do sistema (GOFFI, 2017).
Técnica	Remoção de DBO	CTN01	%	Capacidade ao longo do sistema de remover DBO (TONETTI <i>et al.</i> , 2018)
	Remoção Sólidos Suspensos	CTN02	%	eficiência nas remoções dos sólidos suspensos totais (Ercole, 2003).
Física e Ambiental	Área do terreno necessária	CFA01	m ² /hab.	Área física necessária para a construção e instalação da solução sanitária (FUNASA, 2020).
	Permeabilidade do solo	CFA02	qualitativo	Maior ou menor facilidade que os solos oferecem à passagem de água (FUNASA, 2020).

Fonte: Elaboração própria (2022).

Os critérios e subcritérios foram escolhidos considerando os problemas com maior recorrência em áreas isoladas quando se trata de implementar uma tecnologia sustentável e eficiente, tendo sido organizados em um fluxograma para melhor visualização (Figura 9). Assim, por meio dos critérios listados, será possível comparar a resiliência das alternativas ao serem submetidas aos potenciais problemas que podem surgir (COURY, 2021).

Figura 9 – Critérios selecionados para aplicação do modelo



Fonte: Elaboração própria (2023).

- **Definição das funções preferência e mensuração dos critérios**

Após a definição dos critérios que servirão para avaliar as alternativas, as funções devem ser nomeadas para estimar os valores para os parâmetros selecionados. A estimativa dos valores característicos para cada um dos critérios avaliados será definida, principalmente, pela disponibilidade de informação.

Para cada indicador utilizado, dados foram atribuídos com base nas principais referências encontradas sobre o tema e tratados para manter a máxima padronização e relação entre eles. Seguindo o modelo de Coury (2021), as escalas adotadas foram apenas aquelas nos quais as dimensões dos critérios são possíveis de ter mensuração rápida e simplificada, utilizando dados secundários de pesquisas já realizadas sobre o desempenho das alternativas. A escalas, as mensurações e as formas de valoração de cada critério e subcritério foram elaborados pela autora, baseadas na metodologia descrita no item 5.2 e nos Quadro 10 e Quadro 11.

Em seguida, foram definidas as funções de preferência e como serão obtidos os valores de cada parâmetro dessas funções. A própria autora foi a responsável por essa definição baseando-se a partir do que foi estudado. Para os critérios qualitativos será usada a função de preferência “Tipo III – critério nível” e, por não precisar de limites de indiferença e preferência; para os critérios quantitativos será utilizada a função “Tipo V- Critério de preferência linear de zona de indiferença” onde podem ser definidos limites de preferência e indiferença, descritas no 3.2. Os parâmetros “q” e “p” estão expostos para cada critério no Quadro 10.

Quadro 10 - Mensuração, escala e conversão dos Critérios Qualitativos

Critérios e Subcritérios		Objetivo e Mensuração	Escala e Parâmetros de preferência	Conversão
Sociocultural	Aceitação (CSC01)	MAXIMIZAÇÃO - valores atribuídos a cada alternativa em escala da menos favorável à mais favorável. Quanto maior for a aceitação, mais favorável é sua implementação.	(a) Baixa (b) Moderada (c) Alta Parâmetro de preferência: • p = regular	De 0 a 5: (a) 1 (b) 2,5 (c) 5
	Odor (CSC02)	MINIMIZAÇÃO - valores atribuídos a cada alternativa em escala da mais favorável a menos favorável. Quanto menos impacto é causado, ao ser comparada com as alternativas, mais favorável é sua implementação.	(a) Imperceptível (b) Pouco perceptível (c) Perceptível (d) Muito perceptível Parâmetro de preferência: • p = perceptível	De 0 a 10: (a) 0 (b) 3 (c) 6 (d) 10
	Simplicidade Operacional (CSC03)	MAXIMIZAÇÃO - valores atribuídos a cada alternativa em escala da menos favorável à mais favorável. Quanto maior for a simplicidade, mais favorável é sua implementação e uso.	(a) Muito baixa (b) Baixa (c) Média (d) Alta (e) Muito alta Parâmetro de preferência: • p = média	De 0 a 10: (a) 0 (b) 3 (c) 5 (d) 8 (e) 10
Socioeconômica	Frequência de manutenção (CSE02)	MINIMIZAÇÃO - valores atribuídos a cada alternativa em escala da mais favorável a menos favorável. Quanto maior a frequência de atividades de manutenção de uma alternativa ao ser comparada com as outras, menos favorável é sua implementação.	(a) Baixa (b) Média (c) Alta Parâmetro de preferência: • p = média <i>Baseada na escala de Tonetti et. al (2018)</i>	De 1 a 5: (a) 5 (b) 2,5 (c) 1
Física e Ambiental	Tipo do solo (CFA02)	MAXIMIZAÇÃO - valores atribuídos em escala da menos favorável à mais favorável. Quanto maior a capacidade de infiltração do efluente já tratado no solo em uma alternativa ao ser comparada com as outras, mais favorável é sua implementação.	(a) Baixa (b) Média (c) Alta Parâmetro de preferência: • p = média	De 1 a 5: (a) 1 (b) 2,5 (c) 5
Obs.: a normalização desses critérios ocorrerá por meio da função de preferência Tipo III				

Fonte: Elaboração própria (2023).

Quadro 11 - Mensuração, escala e conversão dos Critérios Quantitativos

Critérios e Subcritérios		Objetivo e Mensuração	Parâmetros de preferência
Socioeconômica	Custo de implementação (CSE01)	MINIMIZAÇÃO - valor médio em reais (R\$) encontrado na literatura, para cada tecnologia. Quanto menor o custo, maior é o valor atribuído para o critério.	Parâmetro de preferência: • p = R\$ 500,00 Parâmetro de indiferença: • q = R\$ 300,00 <i>Baseada na escala de Tonetti et. al (2018)</i>
	Custo de operação e manutenção (CSE03)	MINIMIZAÇÃO - valor médio em reais (R\$) encontrado na literatura, para cada tecnologia. Quanto menor o custo, maior é o valor atribuído para o critério.	Parâmetro de preferência: p = a ser definido mediante preços encontrados na literatura Parâmetro de indiferença: q = a ser definido mediante preços encontrados na literatura
Técnica	Remoção de DBO (CTN01)	MAXIMIZAÇÃO - valor médio das % de remoção encontrada na literatura, para cada alternativa, quando maior a remoção, melhor a nota atribuída.	Parâmetro de preferência: p = a ser definido mediante preços encontrados na literatura Parâmetro de indiferença: q = a ser definido mediante preços encontrados na literatura
Física e Ambiental	Área do terreno necessária (CFA01)	MINIMIZAÇÃO - valor médio da área necessária em metros quadrados (m ²) encontrada na literatura, para cada alternativa. Quanto maior a área necessária, menor é o valor que será atribuído em comparação às outras alternativas	Parâmetro de preferência: p = a ser definido mediante preços encontrados na literatura Parâmetro de indiferença: q = a ser definido mediante preços encontrados na literatura
Obs.: a normalização desses critérios ocorrerá por meio da função de preferência Tipo V			

Fonte: Elaboração própria (2023).

PASSO 3: Pesos dos critérios de decisão a serem avaliados

Nesta pesquisa, os pesos dos critérios serão analisados e avaliados por decisores e/ou agente de decisão e especialistas da área, mais especificamente, dez analistas e/ou especialistas, que compõem a equipe técnica da UFCG e 16 agentes decisores municipais, que trabalham para as prefeituras dos municípios envolvidos na pesquisa. Todos estão envolvidos no desenvolvimento dos Planos Municipais de Saneamento Básico dos 49 municípios de pequeno porte do estado da Paraíba, do TED 003/2019 parceria FUNASA/UFCG, sendo eles:

- I- Dezesesseis (16) decisores, que são gestores municipais com formação na área de Engenharia Civil ou Engenharia Ambiental, ou que trabalhem com a área de desenvolvimento rural e saúde no município;
- II - Dez (10) Membros da equipe técnica da UFCG com formação na área de Engenharia Civil ou Engenharia Ambiental, com ênfase em saneamento básico.

Estas perspectivas serão obtidas por meio de um questionário (Apêndice A) aplicado remotamente, é importante salientar que como as características dos critérios podem ser heterogêneas, os decisores podem ter dificuldades em expressarem suas preferências quanto ao grau de importância de cada critério. Assim, com o intuito de detectar e eliminar *outliers*, será realizado a média expurgada dos pesos atribuídos pelos agentes de decisão, conforme indicam Francisco *et al.* (2008), que é igual à média dos pesos que satisfazem o intervalo apresentado pela Equação 8.

$$\underline{x} - s \leq x_i \leq \underline{x} + s \quad (8)$$

Onde: \underline{x} é a média dos pesos relativos a um critério; s é o desvio-padrão dos pesos relativos a um critério; e x_i é o peso analisado para o critério.

Uma vez obtida a média dos critérios, esses serão classificados por ordem da maior média para a menor, assim, serão atribuídos os valores dos pesos definidos na Tabela 4 do método ROC, explanado no tópico 2.3.3.

Esta pesquisa segue a seguinte regra: O grupo que será consultado para a atribuição dos pesos dos critérios, vai desde técnicos da área, que trabalham com o desenvolvimento dos planos municipais de saneamento básico, a munícipes, gestores e funcionários das prefeituras das localidades estudadas. Aqui o papel de facilitador será da própria pesquisadora e autora desta dissertação; cabe ressaltar que a facilitadora estará disponível para tirar dúvidas sempre que o consultado achar necessário esclarecer algo.

Devido ao grande número de pessoas envolvidas, que residem em municípios diferentes e com cargos e rotinas distintas, a consulta aos especialistas, usará uma única etapa de aplicação do formulário, onde será obtida os valores finais por meio da média ponderada das respostas de todos os consultados. O Questionário em questão encontra-se no Apêndice A.

PASSO 4: Análise multicritério das alternativas individuais de esgotamento sanitário selecionadas nas áreas de estudo

O Método PROMETHEE permite hierarquizar as alternativas mais recomendadas para a gestão, considerando um cenário de critérios relevantes. A partir da revisão de literatura, observou-se nos trabalhos, cuja natureza do tema é similar ao deste trabalho, a utilização ampla do método PROMETHEE. Desta forma, a pesquisa pretende aplicar o método multicritério PROMETHEE, a fim de avaliar quais as alternativas são mais viáveis para gestão esgotamento sanitário, considerando critérios socioeconômicos, técnicos, e fatores ambientais preponderantes.

A partir da aplicação do método, será possível a avaliação da predominância de cada alternativa (sistema de tratamento) no contexto geral, de forma numérica. Essa avaliação será feita por meio do método PROMETHEE II, a partir dos pesos obtidos e os valores estabelecidos para os critérios, o método foi aplicado com o auxílio do software Excel.

Neste, as configurações para cada critério foram comparadas por meio de uma matriz de uma maneira *pairwise*. Para cada comparação, considerou-se uma função de preferência $F_j(a,b)$ do tipo “usual”, de acordo com Goffi (2017), que assume valores entre zero e um. Uma alternativa foi pontuada com 1 se seu desempenho fosse superior à configuração alternativa emparelhada e com 0 se seu desempenho fosse equivalente ou inferior para a alternativa emparelhada.

Cada comparação emparelhada recebeu um score de função de preferência do critério, que foram multiplicados pelos pesos atribuídos aos indicadores e somados a fim de resultar em um único número para cada comparação. os valores ponderados para cada configuração foram somados e divididos pelo número de configurações alternativas para calcular os fluxos positivos $Q_+(a)$ e fluxos negativos $Q_-(a)$. A classificação final baseou-se no cálculo do fluxo líquido $Q(a)$, dado pela diferença entre o $Q_+(a)$ e $Q_-(a)$, que varia de -1 a $+1$, sendo a melhor alternativa aquela que apresentou maior valor positivo de $Q(a)$. Todas as informações obtidas foram organizadas numa base dados no Excel.

O método então será aplicado em cenários distintos, onde a modelagem de preferência muda em cada cenário, explorando assim as significâncias dos critérios em cada grupo entrevistados. Assim é possível verificar a classificação das alternativas em situações e realidades distintas, explorando melhor a complexidade que envolve essas decisões que envolve saneamento. Os cenários foram definidos separando as preferências em grupos de decisores municipais, especialista técnicos, geral (que junta esses dois grupos) e pelas regiões de água e esgoto do estado da Paraíba, resultando em sete cenários, como mostra a Figura 10.

Figura 10 – Cenários que serão aplicado o método e analisado o resultado



Fonte: Elaboração própria (2023).

Foi realizada uma análise de sensibilidade para verificar a estabilidade do método, para tal, escolheu-se o cenário base (cenário 3) para o teste. Por meio do método Monte Carlo e por mudanças nos limites de preferência, verificou-se as alterações nos valores dos fluxos líquidos e as mudanças na classificação final das alternativas. No primeiro teste, que usou o método Monte Carlo, alterou-se os valores dos pesos dos critérios em uma margem de 15%; no segundo teste, usando o Excel, alterou-se os valores dos limites de preferência e indiferença em uma margem de 20%. Com isso, foi possível verificar mudanças na classificação geral das alternativas, para obter uma conclusão acerca das melhores alternativas a serem utilizadas com maior confiança. Oferecendo assim, uma maior consciência na tomada de decisões quanto ao esgotamento sanitário em áreas rurais.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Neste item são apresentados todos os resultados obtidos e as discussões de aplicação do método PROMETHEE II, conforme três configurações. A mensuração dos critérios levantado, os resultados da análise hierárquica das soluções de tratamento de esgoto doméstico em áreas rurais. Em seguida, a análise de sensibilidade para testar a estabilidade do modelo.

A hierarquização envolve a comparação de desempenhos das alternativas sido dividida em sete estágios: (i) Mensuração dos critérios; (ii) Modelagem de preferência; (iii) Matriz de avaliação; (iv) Resultados da aplicação do modelo; (v) Conclusões sobre a aplicação do modelo; (vi) Análise de sensibilidade e (vii) Análise complementar do critério de permeabilidade do solo.

4.1 MENSURAÇÃO DOS CRITÉRIOS

Nesta etapa é examinado o desempenho das alternativas tecnológicas quanto aos critérios de decisão selecionados. Os critérios possuem caráter qualitativo ou quantitativo, no presente trabalho foram utilizadas diferentes escalas para normalização da mensuração dos critérios.

Os critérios qualitativos foram analisados por meio de duas possibilidades de escala, demonstradas nas Quadro 10 do item 3.6. Já os critérios quantitativos foram avaliados com a normalização da média dos valores de cada critério, encontrados para determinada alternativa.

E cada critério foi avaliado considerando se tem sentido de minimização ou maximização, quando determinado critério tiver um sentido de minimização, por exemplo, os desempenhos correspondentes a este critério foram substituídos, na matriz de decisão, pelo seu inverso. Cabe ressaltar, que todos os valores levantados foram, quando necessário, adaptados para uma residência com cinco moradores.

4.1.1 Critérios Socioculturais

Todos os critérios socioculturais, são de caráter qualitativo, sendo normalizados pela função do tipo III, demonstrada no Quadro 3- Formas das funções de preferência. O critério de Aceitação (CSC01) tem sentido de maximização, já o de Odor desagradável (CSC02) e Complexidade Operacional (CSC03) de minimização, visto que, quanto maiores os valores atribuídos a eles, menos favorável a preferência da alternativa.

Nos critérios CSC01 e CSC02 foi usado uma escala qualitativa de três classes e em CSC03 uma de cinco, a elas foram atribuídas funções valores. Tais funções de valor para Coury (2019) visa atribuir uma nota a uma faixa de valores pré-determinadas para os critérios, considerando a incidência desses valores nos resultados encontrados nos trabalhos analisados. O Quadro 12 mostra essas características para os critérios citados nesse tópico.

Quadro 12 - Características de entrada dos critérios sócios culturais

CRITÉRIOS SOCIOCULTURAIS			
	ACEITAÇÃO (CSC01)	ODOR DESAGRADÁVEL (CSC02)	COMPLEXIDADE OPERACIONAL (CSC03)
Caráter	Qualitativo	Qualitativo	Qualitativo
Sentido	Maximização	Minimização	Minimização
Função de Normalização	Tipo III	Tipo III	Tipo III
Escala e Função de valor atribuído	(a) Baixa→0 (b) Moderada → 2,5 (c) Alta → 5	(a) Pouco perceptível→0 (b) Perceptível→ 2,5 (c) Muito perceptível → 5	(a) Muito Baixa→0 (b) Baixa → 2,5 (c) Media → 5 (d) Alta → 7,5 (e) Muito Alta → 10

Fonte: Elaboração própria (2023).

Para classificar as alternativas selecionadas no estudo de acordo com essas escalas, foram consultadas bibliografias que abordassem cada um desses critérios em específico. Em CSC01 tomou-se como base as obras de Coury (2019), Goffi (2017), Mota (2017) e o Manual CataloSAN (2018) da Funasa.

Fora analisada para cada uma das tecnologias trabalhadas, a sua qualificação dentro desses estudos, e então associou-se à classificação da escala adotada. Por fim, foi adotado para a alternativa em questão, a classificação que mais apareceu dentre os estudos consultados. Para a classificação final de cada alternativa, foi considerada uma média entre o valor atribuído a

cada uma das tecnologias que fazem parte da alternativa. Por exemplo, a A1 é composta por um tanque séptico e um sumidouro, que foram classificados, respectivamente, como baixa e alta aceitação, logo, a alternativa recebeu uma classificação final moderada. A classificação final das alternativas e suas funções valores podem ser vista no Quadro 13.

No levantamento bibliográfico, as soluções de infiltração lenta que foram associadas ao tanque séptico (sumidouro, vala de infiltração e círculo de bananeiras), tiveram os melhores resultados em todos ou autores consultados, com “alta aceitação”. Todavia, a aceitação do tanque séptico, variou de baixa a moderada, o que acabou influenciando na classificação final dessas alternativas (A1, A2 e A3), adotando “moderado” para as mesmas. Essa ponderação e a das demais soluções podem ser vistas no Apêndice B.

Essa mesma lógica foi atribuída aos critérios CSC02 e CSC03, as obras consultadas para esses, foram: Tres (2019), Von Sperling (2005) e Goffi (2017) e Tonetti (2018); CataloSAN (2018), Coury (2019) e Ercole (2003). A classificação final das alternativas e suas funções valores estão no Quadro 13.

Com relação ao critério “odor desagradável” a Fossa Biodegestora e a *Wetlands*, foram as soluções que tiveram melhor desempenho nas bibliografias consultadas, sendo ambas classificadas com pouco perceptível. Em contrapartida, as soluções Tanque séptico e Reator UASB foram as piores com relação a esse critério, ambas foram classificadas como muito perceptível. Isso fez com que as soluções A1, A2, A3 e A6 tivessem os piores desempenhos para essa característica (muito perceptível) e A7 a melhor (pouco perceptível)

Analisando o critério “complexidade operacional”, as soluções *wetlands*, Reator UASB e Tanque séptico foram as que tiveram pior desempenho (alta), dos quatro autores consultados, somente Ercole (2003) definiu, a *wetlands*, tanque séptico como baixa. Assim, Somente A4 e A6 ficaram com classificação alta. A ponderação de cada uma dessas obras para as tecnologias estudadas está no Apêndice B.

Quadro 13 - Valores atribuídos aos critérios socioculturais

CRITÉRIOS SOCIOCULTURAIS						
	CSC01		CSC02		CSC01	
	Classificação Final	Valor	Classificação Final	Valor	Classificação Final	Valor
A1	moderada	2,5	muito perceptível	5	media	5
A2	moderada	2,5	muito perceptível	5	media	5
A3	moderada	2,5	muito perceptível	5	media	5
A4	baixa	0	perceptível	2,5	alta	7,5
A5	moderada	2,5	perceptível	2,5	baixa	2,5
A6	moderada	2,5	muito perceptível	5	alta	7,5
A7	moderada	2,5	Pouco perceptível	0	media	5

Fonte: Elaboração própria (2023).

4.1.2 Critérios Socioeconômicos

Dos critérios socioeconômicos, Custo de Implementação (CSE01) e Custo de Operação e Manutenção (CSE02) são de caráter quantitativo e normalizados pela função de Tipo V. Já a Frequência de Manutenção (CSE03) é qualitativo e normalizado pela função do tipo III, todos eles têm sentido de minimização.

No critério CSE03 foi usado uma escala qualitativa de três classes, a elas foram atribuídas funções valores, definidas no 0. Tais funções de valor atribuem uma nota a uma faixa de valores pré-determinadas para os critérios. O Quadro 14 mostra essas características para os critérios citados nesse tópico.

Quadro 14 - Características de entrada dos critérios socioeconômicos

CRITÉRIOS SOCIOECONÔMICOS			
	CUSTO DE IMPLEMENTAÇÃO (CSE01)	CUSTO DE OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO (CSE02)	FREQUÊNCIA DE MANUTENÇÃO (CSE03)
Caráter	Quantitativo	Quantitativo	Qualitativo
Sentido	Minimização	Minimização	Minimização
Função de Normalização	Tipo V	Tipo V	Tipo V
Escala e Função de valor atribuído	—	—	(a)Baixa→0 (b)Moderada → 2,5 (c)Alta → 5

Fonte: Elaboração própria (2023).

Por meio de bibliografias especializadas nesses aspectos, foram conferidos valores as tecnologias selecionadas no estudo. Para CSE01 e CSE02 foram consultadas, respectivamente, as seguintes obras: Ougo *et al.* (2019); Tonetti (2018); CataloSan (2018) e Coury (2020) e PNSR (2019); Ercole (2003) e Coury (2020). Para os valores de custos examinados, nos estudos citados, foram calculados e adaptados considerando-se uma residência com cinco moradores.

Os custos de CSE01 correspondem aos serviços de construção e montagem dos equipamentos, através das necessidades de mão de obra e equipamentos especializados e a infraestrutura para montagem e aquisição do sistema (do CANTO e CENCI). No Apêndice B é possível ver os valores em reais, para cada uma das tecnologias usadas neste trabalho, existentes nas obras citadas. Foi feito a média desses valores para cada uma delas. Então foi arredondada para o múltiplo de cinco mais próximo, no intuito de deixar os valores mais trabalháveis.

Dos autores consultados, todos definiram o preço do círculo de bananeiras e vala de infiltração em R\$ 500, sendo essas as soluções mais baratas, seguidas do sumidouro que teve uma média de R\$ 635. Por outro lado, o Reator UASB foi o mais caro em todos os estudos, com seu maior valor em Ercole (R\$ 2500). A média dos valores para as soluções trabalhadas pode ser vista no Apêndice B.

Os custos de CSE02 também seguiu as indicações do critério CSE01, e o valores adotados correspondem aos custos referentes a um ano. Para os valores achados no trabalho de Ercole (2003), fez-se necessário uma conversão para reais, já que os valores originais estão em dólares. Logo, multiplicou-se os valores do estudo pela média do dólar no primeiro semestre de 2023, que segundo a Secretaria da receita Federal (SRF, 2023) foi de 5,14 reais.

Todas as soluções de infiltração lenta (sumidouro, círculo de bananeiras, fossa verde e vala de infiltração) tiveram “baixo custo de operação e manutenção”. Porém, como o tanque séptico, teve um valor médio (R\$ 400) para esse critério, o custo final para A1, A2, A3 e A4 acabou sendo médio (R\$ 415, R\$ 415, R\$ 415, e R\$ 475, respectivamente). Por fim, o maior valor para essa característica, na bibliografia consultada, foi o do reator UASB, devido principalmente ao valor encontrado em Coury (2020), que adotou um custo de R\$ 700 para essa tecnologia. Essas atribuições estão explícitas no Apêndice B. A média final dos custos referentes a CSE01 e CSE02 das Alternativas foi calculada somando-se as médias de cada tecnologia que compõe a alternativa e estão dispostas no Quadro 15.

O critério de frequência de manutenção (CSE03) utilizou-se o estudo de Tonetti (2018) como base para classificação, para a classificação final das alternativas, considerou-se a maior frequência entre as tecnologias da alternativa, somente a fossa biodegestora possui frequência de manutenção “alta”, como mostra o Apêndice B. A classificação final das Alternativas e suas funções valores estão no Quadro 15.

Quadro 15 - Valores atribuídos aos critérios socioculturais

CRITÉRIOS SOCIOECONÔMICOS				
	CSE01	CSE02	CSE03	
	Média Final (R\$)	Média Final (R\$/ano)	CLASSIFICAÇÃO FINAL	VALOR
A1	1.705	415	baixo	0
A2	1.570	415	baixo	0
A3	1.570	415	médio	2,5
A4	3.050	475	médio	2,5
A5	2.085	15	baixo	0
A6	2.165	700	médio	2,5
A7	1.765	100	alto	5

Fonte: Elaboração própria (2023).

4.1.3 Critérios Técnicos

Ambos critérios técnicos: “Remoção de DBO (CTN01)” e “Remoção Sólidos Suspensos (CTN02)” são de caráter quantitativo, e normalizados pela função de Tipo V e têm sentido de maximização, como mostra o Quadro 16.

Quadro 16 - Características de entrada dos critérios técnicos

CRITÉRIOS TÉCNICOS		
	Remoção de DBO (CTN01)	Remoção de Sólidos Suspensos (CTN02)
Caráter	Quantitativo	Quantitativo
Sentido	Maximização	Maximização
Função de Normalização	Tipo V	Tipo V

Fonte: Elaboração própria (2023).

As bibliografias consultadas na atribuição desses valores foram: para CTN01, Tres (2019), Tonetti (2018), Von Sperling (2018), Coury (2020), Goffi (2017) e o Manual Funasa (2019). Para CTN02, Oliveira (2014), Ercole (2003), Figueredo (2019), Coury (2020), Von Sperling (2004), Chaves (2019), Beltrão (2014), Mota (2017) e Tres (2019).

No Apêndice B é possível observar as porcentagens de remoção para CTN01 e CTN02, contidas nas obras citadas, para cada uma das tecnologias usadas nessa dissertação. Assim, foi obtida a média desses valores para cada uma delas, e então, arredondada para o número inteiro mais próximo, no intuito de deixar os valores mais trabalháveis.

Para “remoção de DBO”, o tanque séptico foi o que teve o pior desempenho em todos os autores consultados, em Coury (2020) essa remoção ficou somente entre 25 e 35%. A média de remoção dessa tecnologia ficou em 42%, o que a tornaria inadequada para ser implementada, por isso ela só foi analisada, associada a outra tecnologia. A solução com a melhor atuação para esse critério, foi a fossa verde, Von Sperling (2018) afirmou que essa tecnologia pode atingir até 98% de remoção, porém a média ficou em 87%.

No que diz respeito a “remoção de sólidos suspensos” as soluções de infiltração lenta (sumidouro, círculo de bananeiras, fossa verde e vala de infiltração) tiveram os maiores valores. Coury (2020) definiu uma taxa de remoção de 99% para essas tecnologias, já Ercole (2003) definiu em 82,5%. Isso deixou as medias de remoção dessas soluções entre 90 e 92%.

A média final das porcentagens referentes a CTN01 e CTN02, para as alternativas trabalhadas, foi calculada considerando-se a maior média de remoção entre as tecnologias que

compõe as alternativas em questão. Por exemplo, Sumidouro e Tanque Séptico compõe A1, com média 91% e 67% de remoção de DBO, respectivamente, deste modo o valor de remoção de DBO adotado para A1 foi de 91%. Os valores finais utilizados nas alternativas estão dispostos no Quadro 17.

Quadro 17 - Valores atribuídos aos critérios técnicos

CRITÉRIOS TÉCNICOS		
	CTN01	CTN02
	%	%
A1	86	91
A2	85	90
A3	72	91
A4	86	90
A5	87	92
A6	67	79
A7	65	74

Fonte: Elaboração própria (2023).

4.1.4 Critérios Físicos e Ambientais

Os critérios físicos e ambientais são: “Área do terreno necessária (CFA01)” e “Permeabilidade do solo (CFA02)”. Porém, vale destacar, que o critério CFA02 é caracterizado pelas limitações próprias ao solo do local de implantação, que pode variar num mesmo município ou de um mesmo terreno. Devido a esse caráter restritivo, o mesmo não será submetido à ponderação das taxas de pesos pela análise e mensuração das tecnologias, sendo avaliado de modo adicional e complementar.

O CFA01 é de caráter quantitativo, tem sentido de minimização tendo sido normalizada pela função do Tipo V (Quadro 18).

Quadro 18 - Características de entrada dos critérios físicos e ambientais

CRITÉRIOS FÍSICOS E AMBIENTAIS	
	ÁREA DO TERRENO NECESSÁRIA
Caráter	Quantitativo
Sentido	Minimização
Função de Normalização	Tipo V

Fonte: Elaboração própria (2023).

As bibliografias focadas nesse aspecto em específico, utilizadas para conferir valores as alternativas selecionadas no estudo, foram: Tonetti (2018), CataloSAN (2018) e o manual da Funasa (2019a). No Apêndice B é possível ver os valores apontados nas obras citadas, para cada uma das tecnologias usadas nessa dissertação. O círculo de bananeiras teve média de 4m² em todos os autores consultados. O tanque séptico e o reator foram as soluções que tiveram menor área (2,15m² em ambas) e a *Wetlands* a maior (12m²).

Assim, foi obtida a média desses valores para cada uma delas, e então, arredondada para o número inteiro mais próximo, no intuito de deixar os valores mais trabalháveis. Em seguida, foi somada a área de cada uma das tecnologias que compõe as alternativas, e obtida a área final de cada uma delas. Os valores finais utilizados estão dispostos no Quadro 19.

Quadro 19 - Valores atribuídos ao critério CFA01

CRITÉRIOS FÍSICOS E AMBIENTAIS	
	CFA01
	m ²
A1	14
A2	13
A3	7
A4	15
A5	10
A6	3
A7	11

Fonte: Elaboração própria (2023).

4.2 PROCEDIMENTO DE ELICITAÇÃO ROC DOS CRITÉRIOS: MODELAGEM DE PREFERÊNCIA

Esta etapa corresponde a atribuição de pesos aos critérios trabalhados, classificando-os e atribuindo-os valores de acordo com preferências e/ou importância. Para tal, consultaram-se especialistas e decisores da área, conforme expresso no Item 2.3.3. Mediante a aplicação de questionários, via Google Forms (Apêndice A), os entrevistados atribuíram notas a cada critério, em uma escala de 0 a 4, sendo: 0 - Não tem importância; 1 - Baixa Importância; 2 - Média Importância; 3 - Alta Importância e 4 - Altíssima Importância.

4.2.1 Decisores, Especialistas e Geral

Responderam ao questionário 10 (dez) especialistas da área associados a UFCG e 17 (dezessete) decisores que trabalham nas prefeituras dos municípios analisados nessa pesquisa, com pelo menos um especialista para cada município. Calculou-se a média das respostas para cada critério e então eles foram classificados, das maiores médias para as menores. A Tabela 6 mostra os critérios ordenados por média para: os especialistas da universidade UFCG, os decisores municipais, e para a média total de ambos. Assim, foi possível estabelecer três cenários de hierarquia: Cenário 1, Especialistas da UFCG; Cenário 2 – Decisores municipais e Cenário 3 – Total (decisores + técnicos).

Tabela 6 - Classificação dos critérios pela média das notas atribuídas

Classificação	Especialistas da UFCG		Decisores dos Municípios		TOTAL	
	Critério	Média	Critério	Média	Critério	Média
1º	Custo de operação e manutenção (CSE02)	3,70	Odor desagradável (CSC02)	3,59	Custo de operação e manutenção (CSE02)	3,44
2º	Simplicidade Operacional (CSC03)	3,20	Remoção Sólidos Totais (CTN02)	3,53	Odor desagradável (CSC02)	3,37
3º	Custo de implementação (CSE01)	3,10	Tipo de Solo (CFA02)	3,47	Remoção Sólidos Totais (CTN02)	3,37
4º	Remoção Sólidos Totais (CTN02)	3,10	Aceitação (CSC01)	3,41	Custo de implementação (CSE01)	3,22
5º	Odor desagradável (CSC02)	3,00	Custo de implementação (CSE01)	3,29	Tipo de Solo (CFA02)	3,15
6º	Remoção de DBO (CTN01)	3,00	Custo de operação e manutenção (CSE02)	3,29	Remoção de DBO (CTN01)	3,11
7º	Tipo de Solo (CFA02)	2,60	Remoção de DBO (CTN01)	3,18	Simplicidade Operacional (CSC03)	3,11
8º	Aceitação (CSC01)	2,50	Frequência de manutenção (CSE03)	3,12	Aceitação (CSC01)	3,07
9º	Frequência de manutenção (CSE03)	2,50	Simplicidade Operacional (CSC03)	3,06	Frequência de manutenção (CSE03)	2,89
10º	Área do terreno necessária (CFA01)	1,50	Área do terreno necessária (CFA01)	2,65	Área do terreno necessária (CFA01)	2,22

Fonte: Elaboração própria (2023).

Por fim, com os critérios já classificados, foram atribuídos os pesos, pelo o Método ROC, como definido no 2.3.3, os valores dos pesos para uma distribuição de nove critérios (já que o CFA02 não entrara na aplicação do método, logo não o será atribuído peso) está explícito na Tabela 4 no item 2.3.3. A Tabela 7 mostra os pesos atribuídos a cada um dos critérios.

Tabela 7 - Valores dos pesos, segundo metodologia ROC, segundo a classificação atribuída pelos entrevistados

Critério	Peso atribuído segundo método ROC		
	Cenário 1 Especialistas UFCG	Cenário 2 Decisores Municípios	Cenário 3 TOTAL
CSC01	0,0421	0,1477	0,0421
CSC02	0,0828	0,3143	0,2032
CSC03	0,2032	0,0262	0,0606
CSE01	0,1477	0,1106	0,1106
CSE02	0,3143	0,0828	0,3143
CSE03	0,0262	0,0421	0,0262
CTN01	0,0606	0,0606	0,0828
CTN02	0,1106	0,2032	0,1477
CFA01	0,0123	0,0123	0,0123

Fonte: Elaboração própria (2023).

Observando os dados apresentados, o critério físico e ambiental de “área necessária do terreno” ficou em último em todos os cenários. Isso pode ter ocorrido devido às localidades rurais, em sua maioria, disporem de suficiente espaço livre para implementação das tecnologias. Logo, os entrevistados não deram maior prioridade ao mesmo, ou devido a problemas na interpretação dos critérios.

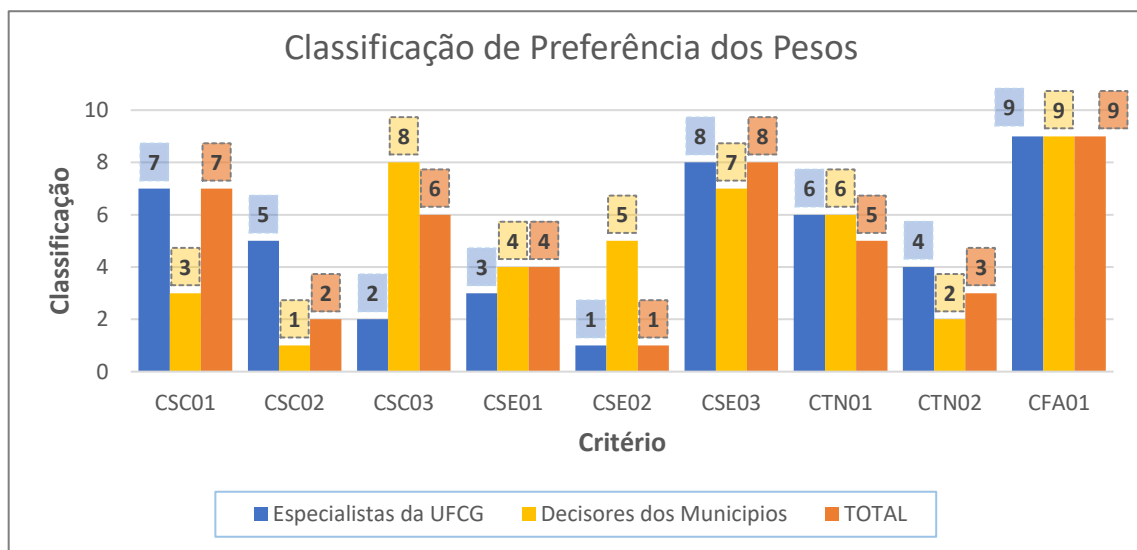
O critério “custo de implementação” foi o critério melhor colocado na média geral e para os especialistas da UFCG. Na pesquisa de Sousa et al. (2017) esse critério recebeu as melhores escalas de importância. Os autores destacam que esse resultado pode se considerar esperado, pois evidencia um fator importante para o empreendedor decidir se é viável investir no empreendimento. Pereira *et al.* (2019) reforça que entre os critérios para escolha de alternativas de sistemas individuais de esgotamento, as ponderações tendem a considerar os fatores econômicos em relação aos demais. Esses critérios se mostraram de maior importância em relação aos demais devido a influência dos mesmos sobre o processo de implantação, operação e manutenção dos sistemas individuais de tratamento de esgoto.

Para os gestores municipais, foi o critério de “odor desagradável”. Isso pode indicar a maior preocupação dos técnicos com o investimento inicial, já que esse é um dos principais

empecilhos da prestação do serviço em zonas rurais. Já o CSE02 possui maior importância para os decisores, demonstra a preocupação com o conforto dos moradores, por ser um critério que interfere diretamente nisso.

Os critérios CS02, CSE01, CSE02 e CTN02 se mantiveram entre os cinco mais bem classificados em todos os cenários. Nos demais critérios, o grau de importância é divergente para cada grupo consultado. Conclui-se que, mesmo que os critérios tenham sido estabelecidos pelo consenso, houve mudanças significativas nas preferências de cada grupo. O Gráfico 4 mostra um gráfico que mostra a classificação dos critérios para cada cenário.

Gráfico 4 – Classificação dos critérios segundo preferencia de cada grupo entrevistado



Fonte: Elaboração própria (2023).

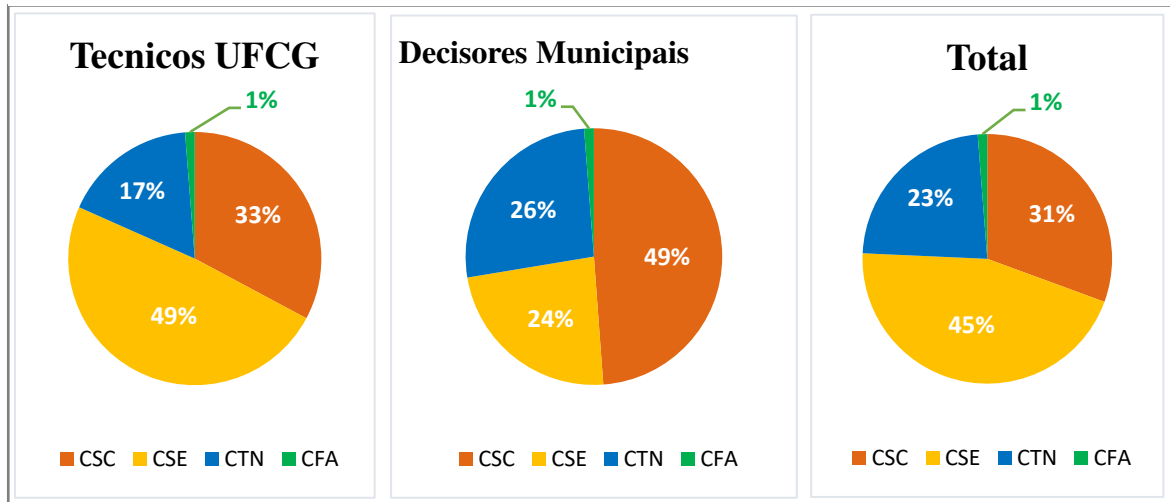
O Gráfico 5 demonstra as dimensões avaliadas pelo modelo e a proporção de cada na seleção final das alternativas quando considerados os pesos dados pelos entrevistados. Os critérios socioeconômicos tiveram praticamente metade da proporção das importâncias para o cenário dos “Técnicos da UFCG” e “Total”. O que, segundo Goffi (2017), confirma como a priorização dos aspectos econômicos estão sendo bastante utilizados na avaliação de diferentes sistemas na definição das tecnologias de tratamento e reforça a maior preocupação dos técnicos com os problemas de ordem financeira.

Já os critérios socioculturais foram o com maior proporção no cenário “Decisores Municipais”. Corroborando a maior preocupação dos gestores com as características associadas ao conforto da população.

As diferentes atribuições dos pesos pelos grupos entrevistados, demonstra como as preferências e importâncias são distintas para cada indivíduo. Reforçando a importância dos

métodos multicritérios no auxílio de decisões que envolvem agentes de diversas áreas, como a escolha de tecnologias de tratamento em saneamento.

Gráfico 5 - Dimensões dos critérios para a análise das alternativas no modelo



Fonte: Elaboração própria (2023).

4.2.2 Regiões de Água e Esgoto

Também foi realizada uma avaliação considerando as preferências dos critérios, pelas regiões de água de e esgoto da Paraíba. A avaliação espacial dentro do estado é crucial para, se possível, compreender padrões geográficos, identificar áreas de necessidade prioritária e informar decisões estratégicas, promovendo uma gestão mais eficaz e adaptada às especificidades locais.

Para essa avaliação foi considerada somente as preferências dos decisores e separadas pela região, a fim de manter uma análise homogênea, cada região teve no mínimo quatro entrevistados. Logo, exclusivamente para essa análise, consultou-se 18 decisores municipais associados às prefeituras dos municípios desse estudo. Respeitando o número de pelo um entrevistado por município e nos municípios de São Francisco e Sertãozinho dois decisores foram entrevistados (respeitando o limite mínimo de quatro decisores consultados por região). Essa distribuição está exposta no Quadro 20.

Quadro 20 - Pessoas entrevistadas por municípios e regiões

	Cidade do entrevistado	Região Água e Esgoto	Cargo que exerce
1	Bom Sucesso	Alto Piranhas	Secretário De Administração
2	Poço de José de Moura	Alto Piranhas	Coord. Da Divisão De Licitação
3	São Francisco	Alto Piranhas	Secretário De Planejamento
	São Francisco	Alto Piranhas	Diretora De Convênios
4	Congo	Borborema	Chefe De Gabinete
5	Nova Palmeira	Borborema	Assistente Social
6	Riachão	Borborema	Assessoria Técnica
7	Santo Andre	Borborema	Secretário De Saúde
8	Cajazeirinhas	Epinharas	Coordenador Local
9	Mãe D'água	Epinharas	Coordenador De Vigilância Em Saúde
10	Quixaba	Epinharas	Secretário De Infraestrutura
11	São José Do Bonfim	Epinharas	Assistente de Chefe de Gabinete
12	Serra Grande	Epinharas	Técnico Em Edificações
13	Areia De Baraunas	Espinharas	Chefe De Gabinete
14	Cuité De Mamanguape	Litoral	Secretaria De Meio Ambiente
15	São José Dos Ramos	Litoral	Secretário de Saúde
16	Sertãozinho	Litoral	Secretário De Infraestrutura
	Sertãozinho	Litoral	Assistente Social

Fonte: Autoria Própria (2024).

Com isso, por meio das respostas dos entrevistados, foi feita a média das preferências de cada critério por região, esses foram classificados de acordo com o valor das médias (Tabela 8). E em seguida, foram atribuídos os pesos de acordo com a metodologia ROC (Tabela 9). Assim foram atribuídos mais quatro cenários: Cenário 4, Alto Piranhas; Cenário 5 – Borborema; Cenário 6 – Espinharas e Cenário 7 – Litoral.

Tabela 8 - Classificação e média dos critérios por região

Classificação	Região Água e Esgoto							
	Critérios	Alto Piranhas	Critérios	Borborema	Critérios	Espinharas	Critérios	Litoral
1º	Odor desagradável	4,00	Custo de implementação	3,75	Odor desagradável	3,67	Aceitação	3,80
2º	Frequência de manutenção	3,75	Remoção Sólidos Suspensos	3,60	Remoção Sólidos Suspensos	3,50	Odor desagradável	3,78
3º	Aceitação	3,60	Odor desagradável	3,50	Aceitação	3,33	Custo de operação e manutenção	3,75
4º	Custo de implementação	3,55	Aceitação	3,30	Custo de operação e manutenção	3,17	Remoção Sólidos Suspensos	3,60
5º	Complexidade Operacional	3,52	Remoção de DBO	3,25	Remoção de DBO	3,16	Custo de implementação	3,55
6º	Remoção Sólidos Suspensos	3,50	Custo de operação e manutenção	3,00	Complexidade Operacional	3,15	Frequência de manutenção	3,50
7º	Custo de operação e manutenção	3,25	Frequência de manutenção	2,75	Custo de implementação	3,01	Remoção de DBO	3,30
8º	Remoção de DBO	3,00	Complexidade Operacional	2,60	Frequência de manutenção	3,00	Área do terreno necessária	3,25
9º	Área do terreno necessária	2,50	Área do terreno necessária	2,50	Área do terreno necessária	2,50	Complexidade Operacional	3,00

Fonte: Autoria Própria (2024).

Tabela 9 - Valor ROC dos pesos atribuído aos critérios segundo preferências por região

Alto Piranhas	Borborema	Espinharas	Litoral	PESOS DOS CRITERIOS
Odor desagradável	Custo de implementação	Odor desagradável	Custo de operação e manutenção	0,314
Frequência de manutenção	Remoção Coliformes Fecais	Remoção Sólidos Suspensos	Aceitação	0,203
Aceitação	Odor desagradável	Aceitação	Odor desagradável	0,148
Custo de implementação	Aceitação	Custo de operação e manutenção	Remoção Sólidos Suspensos	0,111
Complexidade Operacional	Remoção de DBO	Remoção de DBO	Custo de implementação	0,083
Remoção Sólidos Suspensos	Custo de operação e manutenção	Complexidade Operacional	Frequência de manutenção	0,061
Custo de operação e manutenção	Frequência de manutenção	Custo de implementação	Remoção de DBO	0,042
Remoção de DBO	Complexidade Operacional	Frequência de manutenção	Área do terreno necessária	0,026
Área do terreno necessária	Área do terreno necessária	Área do terreno necessária	Complexidade Operacional	0,012

Fonte: Autoria Própria (2024).

Observando a proporção da natureza dos critérios na preferência geral das regiões, é possível observar que os critérios socioculturais, tiveram maior proporção (54,5%) na região do Alto Piranhas, coincidentemente todos os municípios dessa região possuem taxa de população rural acima de 50%. Esses critérios também tiveram proporção alta na região de Espinharas (52,3%), onde 67,8% dos municípios tem taxa de população rural maior que 50%.

Já na região Borborema, onde somente 25% das cidades tem taxa de população rural acima de 50%, a participação desses critérios foi a menor (28,5%). Isso reafirma o que foi apontado no 4.2.1, que nos locais onde proporcionalmente a população rural é maior, mais importância é atribuída aos fatores socioculturais, indicando uma maior proximidade dos gestores com os residentes nessas áreas e a preocupação imediata com fatores relacionado ao conforto dos moradores.

Examinando os critérios econômicos, a região Espinharas teve menor proporção de preferência (17,9%) para esses critérios, em correspondência os maiores PIB per capita dos municípios estudados estão nessa região, Quixaba (11.840 R\$/ hab.ano) e Cajazeirinhas (11.617 R\$/ hab.ano). Além disso, dos dez municípios, entre os analisados, que obtiveram o PIB per capita acima de 10.000 R\$/hab.ano, 40% fazem parte dessa região. Essa relação pode indicar uma menor preocupação desses decisores com os custos envolvidos na implementação, operação e manutenção das tecnologias, diante da falsa sensação de disponibilidade de recursos financeiros que o PIB pode aparentar.

Já as regiões da Borborema e do Litoral, tiveram as maiores proporções de preferência com relação a esses critérios, respectivamente, 41,7% e 45,8%. Isso pode estar atrelado ao desenvolvimento econômico das regiões, ambas são as regiões mais ricas do estado e ainda assim as cidades dessas regiões apresentaram alguns dos piores PIB per capita, sendo esses: Riachão (9.317 R\$/ hab. Ano); São José dos Ramos (8.997 R\$/ hab. Ano) e Nova Palmeira (8.544 R\$/ hab. Ano).

Possivelmente, isso evidencia uma maior consciência dos tomadores de decisão dessas regiões com a realidade das dificuldades em obter recursos financeiros destinados ao saneamento. Indicando que mesmo em regiões mais desenvolvidas, a maioria dos recursos financeiros são direcionados para os grandes centros urbanos. Isso pode ser corroborado pelo fato de que todos os municípios examinados apresentaram um PIB per capita inferior a 12.000 R\$/hab.ano, número menor que a média do estado (17.402 R\$/ hab. Ano).

As análises devem considerar os aspectos econômicos, especialmente se tratando de

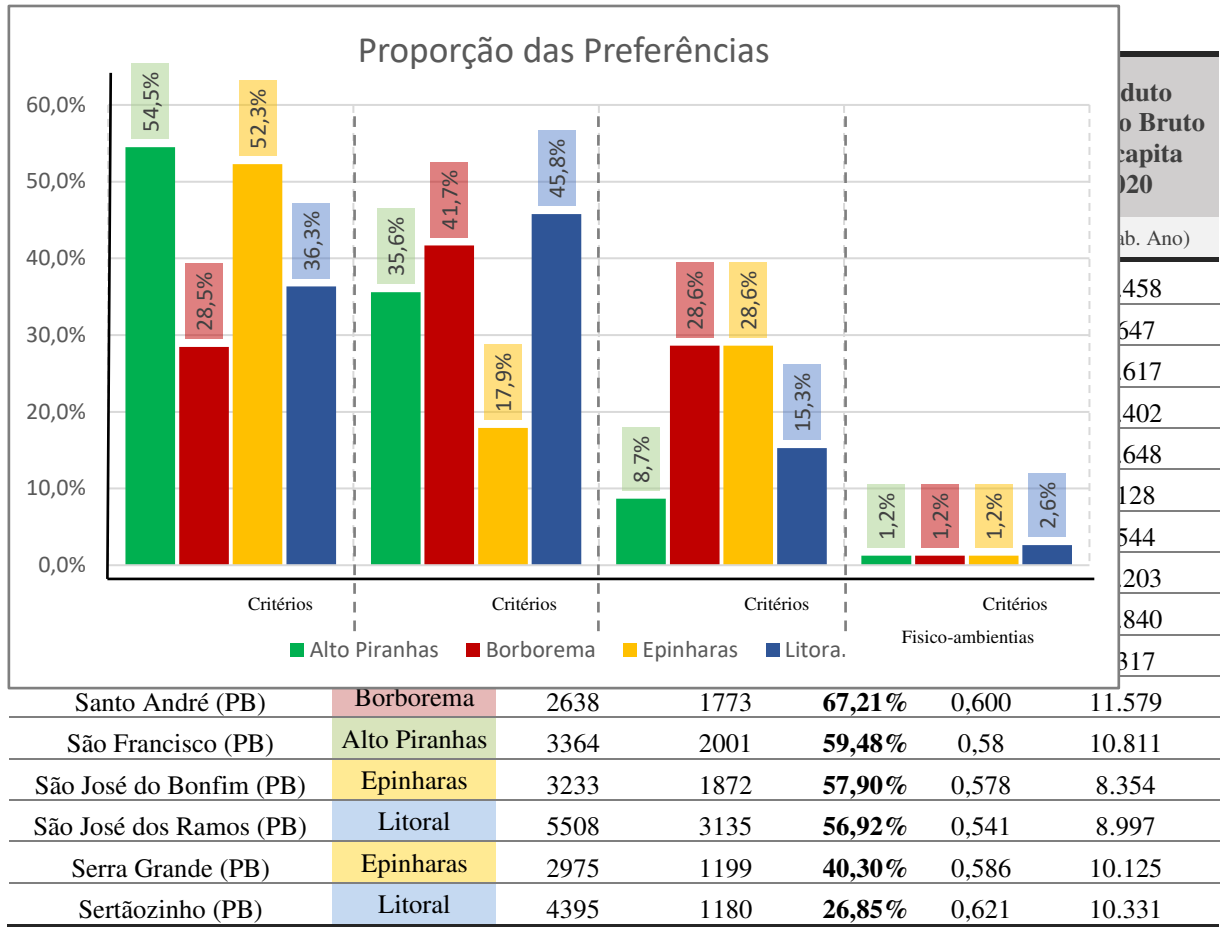
Municípios	Região	População total 2010	População rural 2010	Taxa Pop RURAL	IDHM 2010	Produto Interno Bruto per capita 2020
		Hab.	Hab.	%	-	(R\$/ hab. Ano)
Areia de Baraúnas (PB)	Epinharas	1927	910	47,22%	0,562	10.458
Bom Sucesso (PB)	Alto Piranhas	5035	3005	59,68%	0,592	9.647
Cajazeirinhas (PB)	Epinharas	3033	2033	67,03%	0,55	11.617
Congo (PB)	Borborema	4687	1745	37,23%	0,581	11.402
Cuité de Mamanguape (PB)	Litoral	6202	4133	66,64%	0,524	10.648
Mae d'agua	Epinharas	4019	2450	60,96%	0,542	9.128
Nova Palmeira (PB)	Borborema	4361	1809	41,48%	0,595	8.544
Poço de José de Moura (PB)	Alto Piranhas	3978	2553	64,18%	0,612	10.203
Quixabá (PB)	Epinharas	1699	1066	62,74%	0,622	11.840
Riachão (PB)	Borborema	3266	1240	37,97%	0,574	9.317
Santo André (PB)	Borborema	2638	1773	67,21%	0,600	11.579
São Francisco (PB)	Alto Piranhas	3364	2001	59,48%	0,58	10.811
São José do Bonfim (PB)	Epinharas	3233	1872	57,90%	0,578	8.354
São José dos Ramos (PB)	Litoral	5508	3135	56,92%	0,541	8.997
Serra Grande (PB)	Epinharas	2975	1199	40,30%	0,586	10.125
Sertãozinho (PB)	Litoral	4395	1180	26,85%	0,621	10.331

saneamento em áreas mais vulneráveis. Decisões inadequadas envolvendo os recursos financeiros disponíveis resultam em pressão econômica. De acordo com Von Sperling (2014) em países em desenvolvimento, como o Brasil, os itens críticos são os custos de construção, custos operacionais e a simplicidade da tecnologia. Segundo Zeng *et al.* (2007), as melhores alternativas de tratamento de águas residuais são geralmente aquelas que apresentam menor investimento inicial e menor custos de operação e manutenção.

O critério “área do terreno” foi o menos preferível, ocupando o último lugar entre a média nos questionários de importância dos critérios, nas regiões de Alto Piranhas, Espinharas e Borborema e penúltima na região do Litoral. O que demonstra pouca preocupação dos decisores quanto a esse aspecto. Reforçando o exposto no 4.2.1, que maioria dos domicílios em zonas rurais dispõe de terreno livre para implementar as tecnologias. Assim como afirma Pereira *et al.* (2019), que a demanda de área dos sistemas de tratamento, apresenta, geralmente, disponibilidade de área em residências rurais, não sendo limitada tão quanto nas áreas urbanas. As informações e dados debatidas nos parágrafos acima podem ser vistos no Gráfico 6 e na

Tabela 10.

Gráfico 6 - Proporção das preferências dos critérios por região



Fonte: Autoria Própria (2024).

Fonte: Autoria Própria (2024).

Tabela 10 - Dados e informações dos municípios estudados

Fonte: Autoria Própria (2024).

4.3 MATRIZ DE AVALIAÇÃO

Após determinar os valores de preferência dos critérios, foi possível elaborar a matriz de avaliação (Tabela 11), que apresenta o desempenho de cada alternativa para os critérios de decisão estabelecidos, nos sete cenários definidos.

Tabela 11 - Matriz de avaliação do problema

MATRIZ DE AVALIAÇÃO									
Alternativas	CSC01	CSC02	CSC03	CSE01	CSE02	CSE03	CTN01	CTN02	CFA01
Peso Cenário 1	0,0421	0,0828	0,2032	0,1477	0,3143	0,0262	0,0606	0,1106	0,0123
Peso Cenário 2	0,1477	0,3143	0,0262	0,1106	0,0828	0,0421	0,0606	0,2032	0,0123
Peso Cenário 3	0,0421	0,2032	0,0606	0,1106	0,3143	0,0262	0,0828	0,1477	0,0123
Peso Cenário 4	0,1477	0,3143	0,0828	0,1106	0,0421	0,2032	0,0262	0,061	0,0123
Peso Cenário 5	0,1106	0,1477	0,0262	0,3143	0,0606	0,0421	0,0828	0,2032	0,0123
Peso Cenário 6	0,1477	0,3143	0,0606	0,0421	0,1106	0,0262	0,0828	0,2032	0,0123
Peso Cenário 7	0,2032	0,1477	0,0123	0,0828	0,3143	0,0606	0,0421	0,1106	0,0262
A1	2,5	-5	-5	-1705	-415	0	86	91	-14
A2	2,5	-5	-5	-1570	-415	0	85	90	-13
A3	2,5	-5	-5	-1570	-415	-2,5	72	91	-7
A4	0	-2,5	-7,5	-3050	-475	-2,5	86	90	-15
A5	2,5	-2,5	-2,5	-2085	-15	0	87	92	-10
A6	2,5	-5	-7,5	-2165	-700	-2,5	67	79	-3
A7	2,5	0	-5	-1765	-100	5	65	74	-11

Fonte: Elaboração própria (2023).

A matriz demonstra que os critérios são divergentes e há uma diferença de escala entre eles. Ressalta-se que no método proposto de sobreclassificação há a normalização de todos os critérios, não havendo necessidade de mudança de escala para analisar a relação binária entre elas (CAMPOS, 2011). Todas as opções apreciadas tiveram desempenho distintos, portanto, não devem ocupar posições de empate nos cenários adotados.

4.4 RESULTADOS DA APLICAÇÃO DO MODELO

Os dados segundo a modelagem de preferência foram inseridos no Excel, para calcular a hierarquia, com as fórmulas do método PROMETHEE II, descritas no Item 2.3.2. A aplicação do método pode ser vista na Figura 11, a aplicação completa no Apêndice C.

Figura 11 - Aplicação do método no Excel

CENÁRIO 1: ESPECIALISTAS DA UFCG

Matriz de avaliação

Alternativas	CSC01	CSC02	CSC03	CSE01	CSE02	CSE03	CTN01	CTN02	CFA01
A1	2,5	-5	-5	-1705	-415	0	86	91	-14
A2	2,5	-5	-5	-1570	-415	0	85	90	-13
A3	2,5	-5	-5	-1570	-415	2,5	72	91	-7
A4	0	-2,5	-7,5	-3050	-425	-2,5	86	90	-15
A5	2,5	-2,5	-2,5	-2085	-15	0	87	92	-10
A6	2,5	-5	-7,5	-2165	-700	-2,5	67	79	-8
A7	2,5	0	5	-1765	100	5	65	74	-11

Limites de Preferência

Limites de Preferência						Pesos		
CSC01	CSC02	CSC03	CSE01	CSE02		CSC01	CSC02	
Qualitativo	Qualitativo	Qualitativo	Quantitativo	Quantitativo		CSC03	0,2032	
p	p	p	q	p		CSE01	0,1477	
2,5	2,5	2,5	100	200	70	200	CSE02	0,3143
CSE03	CTN01	CTN02	CFA01			CSE03	0,0262	
Qualitativo	Quantitativo	Quantitativo	Quantitativo			CTN01	0,0606	
p	q	p	q	p		CTN02	0,1106	
2,5	5	10	2	5	2	5	CFA01	0,0123

Comparação Par a Par - Critério 1

Alternativas	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7
A1	0	0	0	2,5	0	0	0
A2	0	0	0	2,5	0	0	0
A3	0	0	0	2,5	0	0	0
A4	-2,5	-2,5	-2,5	0	-2,5	-2,5	-2,5
A5	0	0	0	2,5	0	0	0
A6	0	0	0	2,5	0	0	0
A7	0	0	0	2,5	0	0	0

Normalização (Função de Preferência) - Critério 1

Alternativas	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7
A1	0	0	0	1	0	0	0
A2	0	0	0	1	0	0	0
A3	0	0	0	1	0	0	0
A4	0	0	0	0	0	0	0
A5	0	0	0	1	0	0	0
A6	0	0	0	1	0	0	0
A7	0	0	0	1	0	0	0

Ponderando - Critério 1

Alternativas	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7
A1	0	0	0	0,0421	0	0	0
A2	0	0	0	0,0421	0	0	0
A3	0	0	0	0,0421	0	0	0
A4	0	0	0	0	0	0	0
A5	0	0	0	0,0421	0	0	0
A6	0	0	0	0,0421	0	0	0
A7	0	0	0	0,0421	0	0	0

Fonte: Elaboração própria (2023).

Os resultados da aplicação do método PROMETHEE II ROC são apresentados por meio de gráficos, quadros e tabelas extraídos do software Excel. Logo, os valores dos fluxos negativo, positivo e líquido e a hierarquia final para cada um dos cenários são exibidos a seguir:

- **Cenário 1: Preferências dos especialistas da UFCG:**

Os resultados da hierarquia das alternativas conforme as preferências do grupo de especialista da UFCG são vistas na Tabela 12.

Tabela 12 - Hierarquia e Fluxos das alternativas para o cenário 1

Hierarquia	Alternativas	Negativo	Positivo	Líquido
1.º	A5	0,1194	0,6363	0,5170
2.º	A7	0,2391	0,5216	0,2825
3.º	A2	0,1892	0,3133	0,1241
4.º	A1	0,2078	0,2813	0,0735
5.º	A3	0,2393	0,2821	0,0428
6.º	A4	0,5027	0,1748	-0,3279
7.º	A6	0,7735	0,0617	-0,7119

Fonte: Elaboração própria (2023).

- **Cenário 2: Preferências dos Gestores Municipais**

Os resultados de hierarquia das alternativas segundo as preferências do grupo de gestores municipais são vistos na Tabela 13.

Tabela 13 - Hierarquia e Fluxos das alternativas para o cenário 2

Hierarquia	Alternativas	Negativo	Positivo	Líquido
1.º	A5	0,1194	0,6363	0,5170
2.º	A7	0,2391	0,5216	0,2825
3.º	A2	0,1892	0,3133	0,1241
4.º	A1	0,2078	0,2813	0,0735
5.º	A3	0,2393	0,2821	0,0428
6.º	A4	0,5027	0,1748	-0,3279
7.º	A6	0,7735	0,0617	-0,7119

Fonte: Elaboração própria (2023).

- **Cenário 3: Preferência Geral**

Os resultados de hierarquia das alternativas conforme a preferência geral é vista na Tabela 14. Esse cenário é o considerado base.

Tabela 14 - Hierarquia e Fluxos das alternativas para o cenário 3

Hierarquia	Alternativas	Positivo	Negativo	Líquido
1.º	A5	0,5673	0,1147	0,453
2.º	A7	0,5199	0,2302	0,290
3.º	A2	0,2233	0,2067	0,017
4.º	A1	0,2026	0,2209	-0,018
5.º	A3	0,1845	0,2660	-0,082
6.º	A4	0,2409	0,3425	-0,102
7.º	A6	0,0427	0,6003	-0,558

Fonte: Elaboração própria (2023).

- **Cenário 4: Alto Piranhas**

Os resultados de hierarquia das alternativas conforme a preferência da região Alto Piranhas é vista na Tabela 15.

Tabela 15 - Hierarquia e Fluxos das alternativas para o cenário 4

Hierarquia	Alternativas	Positivo	Negativo	Líquido
1º	A7	0,6422	0,1165	0,5257
2º	A5	0,4803	0,1627	0,3176
3º	A2	0,2531	0,2149	0,0382
4º	A1	0,2303	0,2291	0,0012
5º	A3	0,1491	0,3288	-0,1797
6º	A4	0,2425	0,5086	-0,2661
7º	A6	0,0570	0,4940	-0,4370

Fonte: Elaboração própria (2023).

- **Cenário 5: Borborema**

Os resultados de hierarquia das alternativas conforme a preferência da região Borborema é vista na Tabela 16.

Tabela 16- Hierarquia e Fluxos das alternativas para o cenário 5

Hierarquia	Alternativas	Positivo	Negativo	Líquido
1º	A2	0,3715	0,1054	0,266
2º	A1	0,3074	0,1434	0,164
3º	A3	0,3254	0,1727	0,153
4º	A5	0,3663	0,2439	0,122
5º	A7	0,4135	0,3402	0,073
6º	A4	0,2004	0,5176	-0,317
7º	A6	0,0902	0,5516	-0,461

Fonte: Elaboração própria (2023).

- **Cenário 6: Espinharas**

Os resultados de hierarquia das alternativas conforme a preferência da região Espinharas é vista na Tabela 17.

Tabela 17 - Hierarquia e Fluxos das alternativas para o cenário 6

Hierarquia	Alternativas	Positivo	Negativo	Líquido
1°	A2	0,3715	0,1054	0,266
2°	A1	0,3074	0,1434	0,164
3°	A3	0,3254	0,1727	0,153
4°	A5	0,3663	0,2439	0,122
5°	A7	0,4135	0,3402	0,073
6°	A4	0,2004	0,5176	-0,317
7°	A6	0,0902	0,5516	-0,461

Fonte: Elaboração própria (2023).

- **Cenário 7: Litoral**

Os resultados de hierarquia das alternativas conforme a preferência da região Litoral é vista na Tabela 18,

Tabela 18 - Hierarquia e Fluxos das alternativas para o cenário 7

Hierarquia	Alternativas	Positivo	Negativo	Líquido
1°	A2	0,3715	0,1054	0,266
2°	A1	0,3074	0,1434	0,164
3°	A3	0,3254	0,1727	0,153
4°	A5	0,3663	0,2439	0,122
5°	A7	0,4135	0,3402	0,073
6°	A4	0,2004	0,5176	-0,317
7°	A6	0,0902	0,5516	-0,461

Fonte: Elaboração própria (2023).

4.5 CONCLUSÕES SOBRE A APLICAÇÃO DO MODELO: AVALIAÇÃO DAS ALTERNATIVAS

4.5.1 Decisores, Especialistas e Geral

Constata-se similaridade nos resultados. Em três cenários a hierarquia das alternativas permaneceu a mesma, mudando somente os valores finais dos fluxos. A hierarquia das

alternativas para tratamento individual de esgotamento para os três cenários, conforme PROMETHEE II — ROC, se encontra na Tabela 19.

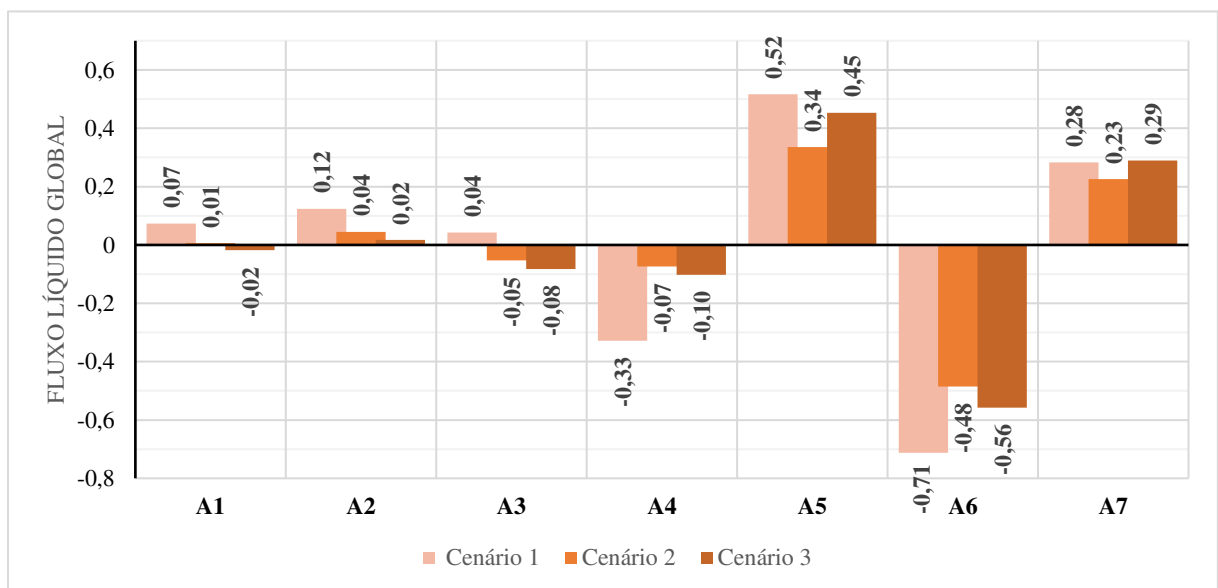
Tabela 19 - Hierarquia das alternativas em cada cenário

Hierarquia e Fluxo Líquido das Alternativas						
Hierarquia	Cenário 1		Cenário 2		Cenário 3	
	Alternativas	Fluxo Líquido	Alternativas	Fluxo Líquido	Alternativas	Fluxo Líquido
1.º	A5	0,5170	A5	0,3351	A5	0,453
2.º	A7	0,2825	A7	0,2257	A7	0,290
3.º	A2	0,1241	A2	0,0446	A2	0,017
4.º	A1	0,0735	A1	0,0063	A1	-0,018
5.º	A3	0,0428	A3	-0,0526	A3	-0,082
6.º	A4	-0,3279	A4	-0,0743	A4	-0,102
7.º	A6	-0,7119	A6	-0,4848	A6	-0,558

Fonte: Elaboração própria (2023).

Apesar de as preferências dos critérios serem diferentes em cada cenário, os critérios socioeconômicos e socioculturais foram os que estiveram melhor classificados, ocupando as cinco primeiras posições em todos os cenários, explicando a hierarquização das alternativas ter sido a mesma nos três grupos. Assim como no estudo de Hunt (2013), que, embora considerados diferentes pesos para os critérios de seleção em diferentes cenários, a maioria das alternativas mantiveram suas posições. O Gráfico 7 mostra as alternativas e seus respectivos fluxos líquidos em cada cenário.

Gráfico 7 - Fluxos líquidos das alternativas em cada cenário



Fonte: Elaboração própria (2023).

Pereira *et al.* (2019) afirma que o custo de implantação é, na prática, a principal característica dos sistemas de tratamento considerada nos processos de decisão. Tal fato pode ser explicado pela restrição frequente de recursos orçamentários destinados às iniciativas de saneamento, especialmente em áreas rurais e isoladas. Logo, o desempenho das tecnologias com relação a esse aspecto interfere significativamente na classificação final das alternativas.

Assim, os sistemas de tratamento A4 e A6 foram os que indicaram os piores desempenhos. Esse resultado foi pior no cenário I, onde os fluxos líquidos para essas alternativas tiveram os menores valores, como se pode conferir no Gráfico 7. Isso pode ser explicado devido aos critérios econômicos terem a maior proporção de preferência nesse cenário e A4 e A6 terem apresentado os piores valores para os custos de CSE01 e CSE02 (somados, foram respectivamente, R\$ 3525 e R\$ 2865). Bem como, exibiram os piores valores para a frequência de manutenção, como pode ser visto na matriz de avaliação (Tabela 11).

Na pesquisa de Goffi (2017) o reator UASB foi alternativa com pior desempenho e em Mota (2017) a Wetlands obteve a atuação mais fraca nas dimensões sociais e econômicas, o que condiz com o resultado encontrado nesta pesquisa, para A4 e A6. Entretanto, na pesquisa de TRES (2021) o reator anaeróbico de fluxo ascendente ficou em primeiro, seguido do tanque séptico com filtro anaeróbico e wetlands. Porém, vale destacar, que não foi avaliado fossa verde ou biodigestora em seu trabalho.

As soluções que apresentaram melhor desempenho na pesquisa de Goffi (2017) foram as de infiltração lenta, assim como os resultados obtidos neste estudo, onde as opções A5, A7 e A2 foram aquelas que apresentaram as melhores posições conforme os três cenários, com maior fluxo líquido no cenário 1 (Tabela 19). O que pode ser justificado pelo fato de essas alternativas possuírem os melhores valores nos critérios socioeconômicos e socioculturais, sendo os de maiores proporções na modelagem das preferências.

Analisando os critérios CSE02, CSE03 e CSC03, a alternativa A5 obteve os menores valores (respectivamente: R\$ 15; Muito Baixa e baixo). Isso contribui para a mesma ter sido a melhor colocada nos três cenários. Tal qual em Mota (2017) e Coury (2020), que no âmbito econômico, ambiental, social e técnico, o Tanque de Evapotranspiração foi o melhor sistema de tratamento. Hunt (2013) também observou vantagens da utilização dos sistemas de disposição no solo. No entanto, a autora reforça a importância de que esses sejam incentivados no Brasil, uma vez que ainda são pouco difundidos e utilizados efetivamente.

Por fim, verifica-se que para os três cenários, os fluxos líquidos de A7 apresentaram valores muito próximos, e a diferença entre o fluxo líquido de A5 e A7 é menor no cenário 2 ($\Delta=0,1094$). O que se mostra coerente, já que para esse grupo, o CSC02 é o critério mais relevante, e a Fossa Biodigestora apresentou o melhor resultado nesse aspecto (pouco perceptível), além de possuir os menores valores na soma dos critérios CSE01 e CSE02 (R\$ 1865). Assim como no estudo de Cruz (2021) onde a Fossa Biodigestora foi a solução com o menor custo de implementação. Indicando uma estabilidade nos valores dos critérios para essa alternativa, o que corresponde com o resultado obtido por Mota (2017), que ao analisar o indicador global a Fossa Biodigestora se mostrou senta a melhor solução para as zonas rurais.

Assim, as tecnologias selecionadas apresentam-se coerentes com a aplicação e uso em zonas rurais. Quando da escolha de cada alternativa em função das particularidades de cada lugar e dos recursos disponíveis para implementação e operação, o decisor pode adotar o menor (A5, A7 e A2) ou o maior conjunto apresentado (A1 a A7) na aplicação do método.

Já as justificativas para a escolha da Fossa Verde (tecnologia melhor ranqueada) nesse modelo em questão são: pequena geração de odor, alta eficiência na remoção da matéria orgânica, custos reduzidos para implantação, operação e manutenção, baixa complexidade e boa adaptação das espécies vegetais.

4.5.2 Regiões de água e esgoto

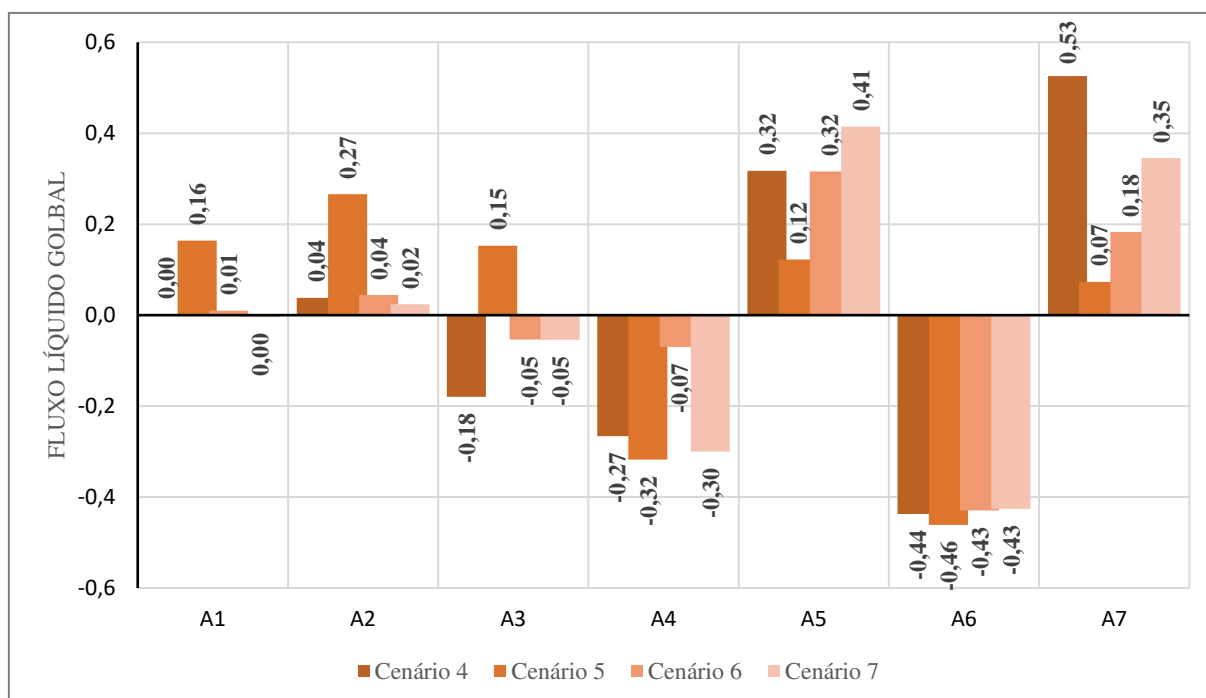
Constata-se algumas distinções nos resultados. Em três cenários a hierarquia das alternativas permaneceu a mesma do cenário original (cenário 3), mudando somente os valores finais dos fluxos. No cenário 5 houve mudança na classificação das alternativas com relação ao cenário original. A hierarquia das alternativas para tratamento individual de esgotamento para os quatro cenários, conforme PROMETHEE II — ROC, se encontra na Tabela 20. O Gráfico 8 mostra as alternativas e seus respectivos fluxos líquidos em cada cenário.

Tabela 20 - Hierarquia fluxo líquido global das alternativas em cada cenário

Hierarquia	Cenário 4		Cenário 5		Cenário 6		Cenário 7	
	Alternativas	Fluxo Líquido	Alternativas	Fluxo Líquido	Alternativas	Fluxo Líquido	Alternativas	Fluxo Líquido
1°	A7	0,5257	A2	0,2662	A5	0,3160	A5	0,4146
2°	A5	0,3176	A1	0,1640	A7	0,1829	A7	0,3457
3°	A2	0,0382	A3	0,1527	A2	0,0440	A2	0,0239
4°	A1	0,0012	A5	0,1224	A1	0,0098	A1	-0,0045
5°	A3	-0,1797	A7	0,0732	A3	-0,0535	A3	-0,0540
6°	A4	-0,2661	A4	-0,3172	A4	-0,0694	A4	-0,3001
7°	A6	-0,4370	A6	-0,4613	A6	-0,4297	A6	-0,4257

Fonte: Elaboração própria (2023).

Gráfico 8 - Fluxos líquidos Globais das alternativas em cada cenário



Fonte: Elaboração própria (2023).

Por meio dos dados observados na Tabela 20 e no Gráfico 8, algumas conclusões podem ser expostas. A região do Alto Piranhas praticamente manteve o ranqueamento original (cenário 3), mudando somente as posições de A5 e A7, onde a fossa biodigestora ficou em primeiro e a fossa verde em segundo. Os valores dos fluxos líquidos globais foram maiores em todas as alternativas com relação ao cenário 3. Os critérios socioculturais e econômicos foram os que tiveram maior proporção de preferência nesse cenário, os cinco critérios mais preferíveis foram dessa natureza, por isso os valores de fluxo global foram maiores. E como A7 teve desempenho mais consistente para esses critérios, justifica-se a sua classificação nesse cenário.

Os resultados encontrados nesses cenários vão de acordo com os achados no estudo de Cruz (2021), onde o autor destaca que para casas mais isoladas, a fossa biodigestora e as bacias de evapotranspiração são as mais indicadas, ambas sendo capaz de atender de objetiva as demandas de saneamento. Principalmente para implementação, pelo seu baixo custo, facilidade de instalação e manutenção eficiente e segura.

Na região da Borborema houve alteração do ranqueamento em comparação com a classificação original (cenário 3), neste cenário as alternativas melhores classificadas foram A2 (TS + VI), A1 (TS+SM) e a A3 (TS + CB), fica evidente que os sistemas com tanque séptico e soluções complementares de infiltração lenta obtiveram os melhores desempenhos. Isso se justifica pelo fato dos critério econômicos terem maior proporção (42%) nesse cenário, e o critério com maior peso foi o CSE 01 (Custo de implementação), onde A1, A2 e A3 tiveram melhor desempenho (respectivamente, 1705; 1570; 1570 reais), outro critério que contribuiu para esse desempenho foi o CTN02 (remoção de sólidos suspensos), que foi o segundo critério mais preferível dessa região e A1, A2 e A3 tiveram desempenho alto (respectivamente, 91; 90; 91).

Esse resultado foi semelhante ao da pesquisa de Pereira e Souza (2020), onde no cenário que foram dadas maiores importâncias para os critérios de confiabilidade e econômicos (técnicos), os resultados indicaram que a melhor alternativa a ser aplicada nesta situação seriam as alternativas: Tanque séptico e a Tanque séptico seguido de filtro anaeróbio, por serem tecnologias relativamente simples e de fácil implantação. Assim, fica claro, que apesar do tanque séptico não atender a critérios relacionados a tratamento e complexidade operacional, quando associado com outras tecnologias pode ser utilizada de modo que atenda as exigências mais importantes.

A região de Espinharas também manteve o ranqueamento original, mudando somente os valores dos fluxos líquidos globais, apresentando valores menores em todas as alternativas. Nesse grupo os critérios de natureza sociocultural foi o de maior proporção de preferência (52%), seguido pelos os Técnicos (29%) e econômicos (18%), isso fez com que apesar da classificação ter sido a mesmo que o ranqueamento original, os valores finais de fluxos fossem menores.

Pereira e Souza (2020) para um determinado cenário, avaliaram as soluções quanto a permanência do efluente dentro dos padrões de lançamento, as alternativas tanque séptico seguido de filtro anaeróbio e tanque séptico seguido de *Wetland*, foram as mais adequadas, por atenderem aos requisitos ambientais e serem técnica. Isto sugere que essas alternativas atendem

bem aos requisitos ambientais e são técnicas. O que vai de acordo ao encontrado nessa análise, já que no cenário 6 os critérios técnicos tiveram relevância alta, o fluxo global para A4 (tanque séptico e *Wetland*) foi o maior em todos os cenários avaliados.

Assim como no trabalho de Sousa et al. (2017), que os critérios técnicos também tiveram alta relevância, a eficiência na remoção de DBO recebeu as melhores escalas de preferência. Os autores destacam que esse resultado pode se considerar esperado, pois evidencia, um parâmetro genérico usado para estimar a eficiência de todo processo de tratamento e seu valor mínimo é fixado por lei.

A região da Litoral manteve o ranqueamento original, mudando somente os valores dos fluxos líquidos globais, apresentando valores próximos ao do ranqueamento original (cenário 3) em todas as alternativas. Os critérios de natureza sociocultural e econômico foi o que tiveram maiores proporções de preferência (respectivamente, 36,3% e 45,8%) o que se assemelha as preferências no Rank original, por isso os valores foram tão próximos.

Em todas as regiões A4 (TS+*Wetlands*) e A6 (Reator UASB) ficam nas últimas classificações, o que demonstra que diante dos critérios avaliados, essas alternativas se mostram mais difícil de serem utilizadas.

Todavia, no estudo de Sousa et al. (2018) que avaliou soluções de esgotamento sanitário para um loteamento, comparou uma alternativa descentralizada compacta com duas alternativas individuais, e nos critérios de custo de operação e manutenção as soluções individuais levaram vantagem. O que mostra o uso indispensável dessas tecnologias em locais isolados.

4.5.3 Considerações finais

Observa-se, com a análise que a seleção da alternativa mais viável e que possui maior compatibilidade com domicílios isolados no meio rural é complexo, que requer várias análises, dados sólidos e informações confiáveis para assegurar uma tomada de decisão adequada, fundamentada em fatos concretos. De forma geral, o *ranking* encontrado nessa pesquisa seguiu, conforme a hierarquização do critério com maior peso, tais observações são necessárias para dar suporte à validação da utilização do método PROMETHEE II -ROC.

Oliveira (2014) aponta diversas vantagens dos sistemas simplificados em comparação aos sistemas convencionais como, conjugar baixos custos de implantação e operação,

simplicidade operacional, índices mínimos de mecanização e uma maior sustentabilidade do sistema. Assim, a classificação das alternativas apresentadas nessa pesquisa se mostra adequadas para realidade do rural brasileiro. Assim, evidencia-se a significativa importância dos sistemas simplificados para o Brasil, considerando-o um país em desenvolvimento e confrontando um cenário desafiador no que diz respeito ao tratamento de esgoto sanitário.

Logo, o objetivo principal deste trabalho, foi o de propor um modelo de apoio para a priorização de sistemas de tratamento de esgotos sanitários residenciais em zonas rurais, principalmente em relação a custos, comodidade e eficiência de tratamento. Realizou-se uma análise de sistemas de baixo custo, sustentáveis e eficientes, para propor uma opção com maior adequação às condições climáticas, socioeconômicas e de sustentabilidade. Pode-se afirmar que este foi alcançado, ressaltando que os resultados alcançados nessa análise foram decorrentes de pontuações e valores atribuídos a cada critério, retirados de trabalhos, pesquisas e entrevistas específicas para a análise de desempenho de cada uma das alternativas estudadas. No entanto, os valores apresentados aqui não nulificam a relevância de analisar os resultados de qualquer uma das tecnologias a serem escolhidas e implementadas. Além disso, é importante frisar que, na metodologia proposta, sempre haverá um certo grau de subjetividade.

Demonstrando assim, que é possível a utilização do PROMETHEE II -ROC no suporte de uma escolha consciente e eficiente de sistemas de tratamento de esgoto doméstico para áreas rurais e isoladas. Evitando, assim, a sobrecarga dos serviços públicos disponíveis e, também, a transferência para a esfera coletiva de problemas gerados na esfera particular. Principalmente em nações em desenvolvimento, que enfrentam restrições significativas em termos de recursos financeiros e técnicos.

4.6 ANÁLISE DE SENSIBILIDADE

A etapa final do método é a análise de sensibilidade, indispensável à finalização do trabalho, onde visa-se verificar a resistência dos valores das alternativas a possíveis mudanças em partes do problema (COSTA e BELDERRAIN, 2009).

Para Campos (2011) este procedimento de análise consiste em avaliar a velocidade com que uma solução se degrada a um nível predeterminado. No caso do problema multicritério, a

solução terá estabilidade forte se, após análise de sensibilidade, o conjunto de soluções não dominadas não se altera.

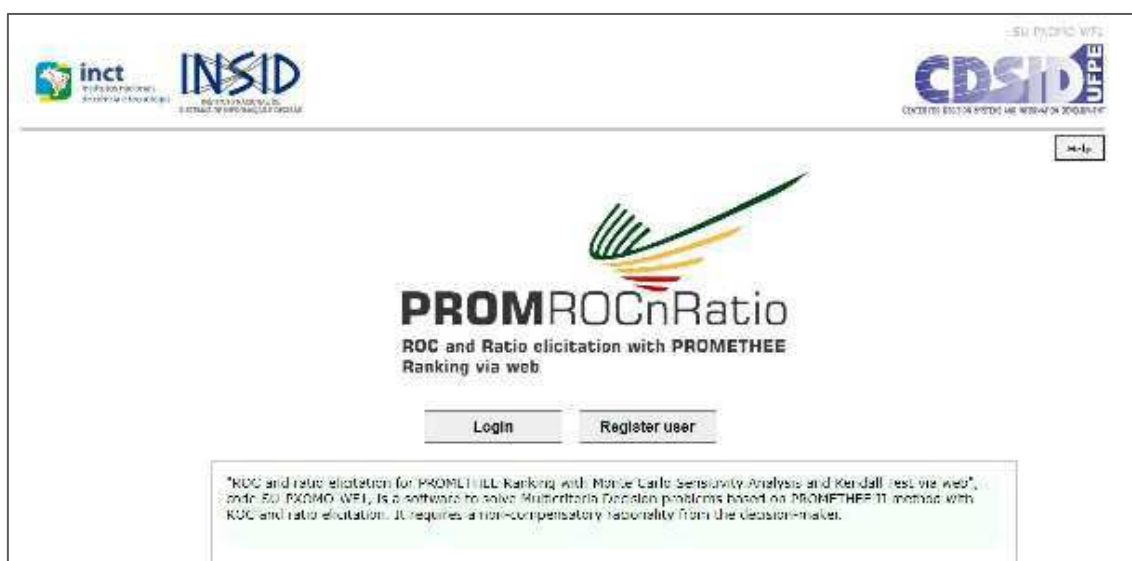
Existem formas de analisar a sensibilidade de problemas de decisão. Dentre elas, podem-se alterar os pesos relativos dos critérios, a quantidade de critérios e de alternativas, entre outros. Analisado o comportamento do modelo, ele pode ser validado ou então se percebe a necessidade de alterações em alguma etapa (CAMPOS, 2011).

No presente trabalho, os parâmetros alterados na análise de sensibilidade foram: pesos de alguns critérios e os limiares de indiferença, preferência. As análises foram realizadas para o cenário 3, onde considerou o peso médio (decisores e especialistas) dos critérios.

Para o teste através da variação dos pesos dos critérios, utilizou-se a análise de Sensibilidade de Monte Carlo, por meio do software “ROC and ratio elicitation for PROMETHEE Ranking with Monte Carlo Sensitivity Analysis and Kendall Test via web” (Figura 12). Disponibilizado pelo centro de desenvolvimento em sistemas de informações e decisões (CDSID) da UFPE, que resolve problemas de Decisão Multicritério baseado no método PROMETHEE II com ROC. Também, serviu para validar a aplicação do método pelo Excel, dado que os resultados de hierarquização foram o mesmo em ambos softwares.

A análise altera os valores dos pesos para mais ou para menos em cada um dos critérios para verificar possíveis mudanças na ordenação de alternativas referente à solução de base. Para esta análise em específico, definiu-se uma faixa de variação dos pesos de 15% em distribuição triangular (Figura 13).

Figura 12 - Página da web do PROMROCnRatio



Fonte: Elaboração própria (2023).

Figura 13 - Faixa de variação dos pesos

Fonte: Elaboração própria (2023).

A análise então cria simulações, e resolve o método, variando o valor dos pesos na faixa definida e verifica em quais simulações a posição das alternativas se mantiveram a mesma ou mudaram. Para uma variação de 15% a classificação das quatro alternativas melhor colocadas no resultado original, se mantiveram iguais em 100% das simulações. Somente A3 e A4 trocaram de posições, em menos de 13% das simulações, como mostra a Tabela 21 e o Gráfico 9.

Tabela 21 - Resultado da análise de sensibilidade para uma faixa de variação de 15% nos valores dos critérios

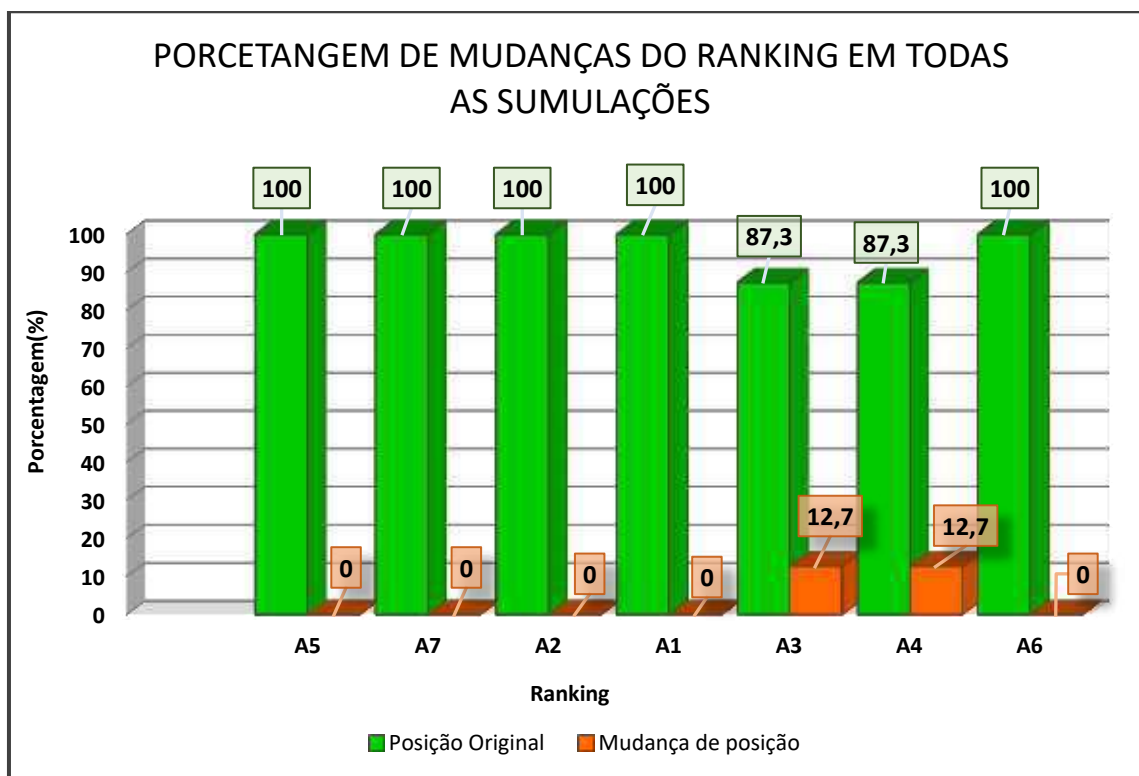
Relatório de Análise de Sensibilidade — Dados de Entrada			
Peso dos Critérios		Faixa de Variação (%)	Distribuição
CSC01	0.042	15	Triangular
CSC02	0.203	15	Triangular
CSC03	0.061	15	Triangular
CSE01	0.111	15	Triangular
CSE02	0.314	15	Triangular
CSE03	0.026	15	Triangular
CTN01	0.083	15	Triangular
CTN02	0.148	15	Triangular
CFA01	0.012	15	Triangular

Relatório de análise de simulação								
Alternativa	Ranking Original	1º(%)	2º(%)	3º(%)	4º(%)	5º(%)	6º(%)	7º(%)
A5	1	100	0	0	0	0	0	0
A7	2	0	100	0	0	0	0	0
A2	3	0	0	100	0	0	0	0
A1	4	0	0	0	100	0	0	0

A3	5	0	0	0	0	87,3	12,7	0
A4	6	0	0	0	0	12,7	87,3	0
A6	7	0	0	0	0	0	0	100

Fonte: Elaboração própria (2023).

Gráfico 9 - Gráfico de mudanças do ranqueamento das alternativas nas simulações



Fonte: Elaboração própria (2023).

A análise de sensibilidade por meio dos Limiares de preferência e indiferença, foi feita no Excel, alterado os limites [limite superior (q) e/ou limite inferior (p)] de cada critério para mais e para menos em uma variação de 20% do valor original. E em 100% das simulações a classificação das alternativas se manteve igual a original. Como mostra a Tabela 22 e o Gráfico 10.

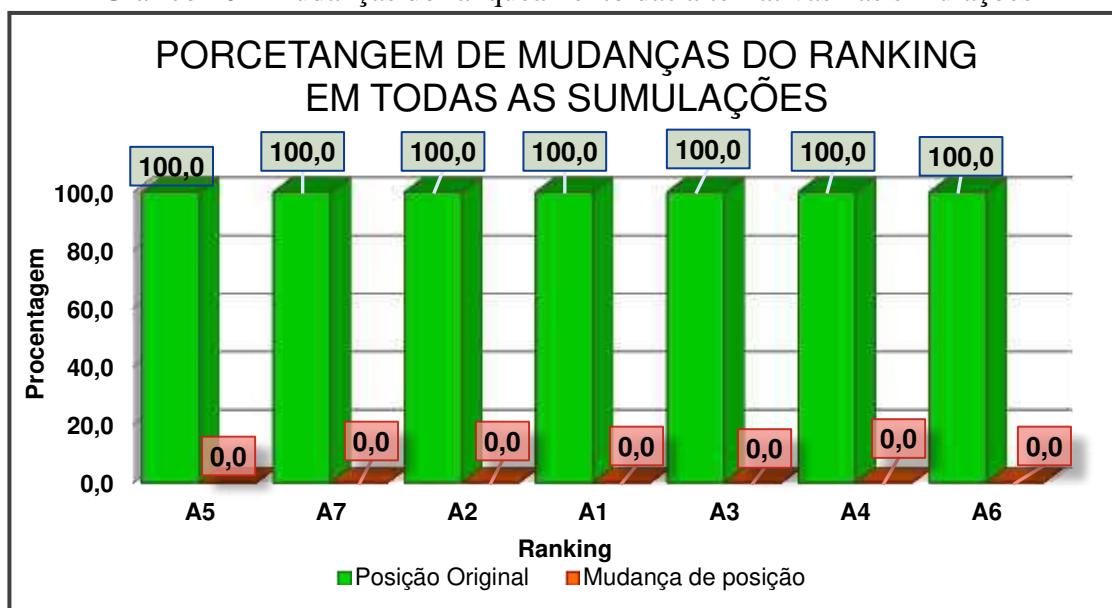
Tabela 22 - Resultado da análise de sensibilidade para uma e variação de 20% nos limiares de preferência e indiferença

Critério	Valores de Entrada					
	Valor Original		Limite +20(%)		Limite -20(%)	
	“p”	“q”	p+20%	q+20%	“p” — 20%	“q” — 20%
CSC01	2,5	—	3	—	2	—
CSC02	2,5	—	3	—	2	—
CSC03	5	—	6	—	4	—
CSE01	100	200	120	240	80	160
CSE02	80	400	96	480	64	320
CSE03	2,5	—	3	—	2	—
CTN01	5	15	6	18	4	12
CTN02	2	15	2,4	18	1,6	12
CFA01	2	5	2,4	6	1,6	4

Relatório de análise de simulação								
Alternativa	Ranking Original	1º(%)	2º(%)	3º(%)	4º(%)	5º(%)	6º(%)	7º(%)
A5	1	100	0	0	0	0	0	0
A7	2	0	100	0	0	0	0	0
A2	3	0	0	100	0	0	0	0
A1	4	0	0	0	100	0	0	0
A3	5	0	0	0	0	100	0	0
A4	6	0	0	0	0	0	100	0
A6	7	0	0	0	0	0	0	100

Fonte: Elaboração própria (2023).

Gráfico 10 - Mudanças do ranqueamento das alternativas nas simulações



Fonte: Elaboração própria (2023).

Nas análises de sensibilidade realizadas, comprovou-se a estabilidade do modelo, já que a classificação das alternativas se manteve a mesma na maior parte das simulações, e em nenhuma delas as quatro primeiras alternativas melhor classificadas originalmente se alteraram. Assim, os resultados obtidos podem ser considerados confiáveis.

4.7 ANÁLISE COMPLEMENTAR DO CRITÉRIO DE PERMEABILIDADE DO SOLO E A DISPOSIÇÃO FINAL NO SOLO

A maioria das tecnologias de tratamento de esgoto apresentadas nesta pesquisa geram esgoto tratado, que podem ser reaproveitados na irrigação. Caso contrário, devem ser direcionados para um destino final, que em comunidades isoladas pode ser a disposição no solo

ou a disposição nos corpos de água. Tonetti (2018) defende a disposição no solo como a mais adequada a comunidades isoladas, já que permite a reciclagem de água e de nutrientes. Além disso, o solo atua como um complemento ao tratamento, principalmente no que se refere à remoção de patógenos e nutrientes.

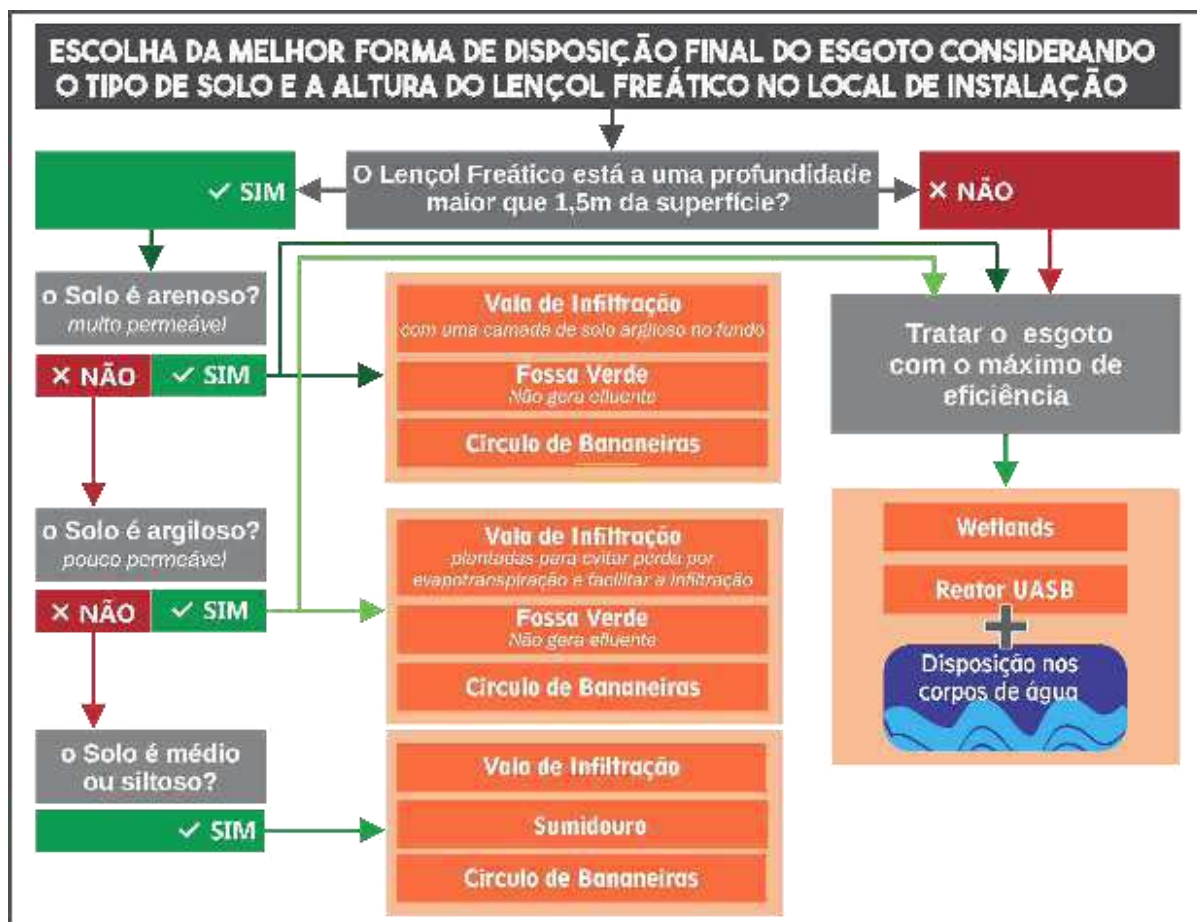
Coury (2020) relembra que o tipo de solo local é um padrão ligado à permeabilidade e capacidade de drenagem do solo, e suas características devem ser consideradas na implementação de um sistema de esgotamento sanitário isolado. O ideal é que o efluente do sistema de tratamento percole o solo de forma rápida o suficiente para evitar alagamentos, mas também lentamente o suficiente para permitir que o solo atue como uma etapa complementar de tratamento do efluente antes de atingir as águas subterrâneas.

Além desse fator, o conhecimento da profundidade do lençol freático é importante para a escolha da disposição final, deve se considerar a profundidade do lençol freático, indicada pela NBR da ABNT n.º 13969/1997 como obrigatória uma distância mínima vertical de 1,5 m entre o fundo da unidade de tratamento e o nível máximo da superfície do aquífero

As indicações de Tonetti (2018) para a disposição final das tecnologias analisadas nessa pesquisa são: para o reator UASB, um pós-tratamento ainda é recomendável, podendo ser uma *wetland*. Já a fossa verde é um sistema versátil, por poder ser usado em locais com solo muito arenoso ou muito argiloso, e até mesmo com lençol freático baixo. No caso da fossa biodigestora, se o biofertilizante não puder ser utilizado, uma vala de infiltração pode ser construída no final do sistema. Por fim, o tanque séptico sempre necessitaria de um tratamento complementar.

As alternativas tecnológicas apresentadas neste trabalho permitem a disposição final do efluente no solo adequadamente, tanto para solos argilosos quanto arenosos, sem a necessidade de grandes investimentos ou modificações. O Fluxograma ilustrado na Figura 14 aponta a destinação final, com as adaptações necessárias, para que a tecnologia se adapte às condições de solo locais.

Figura 14 - Fluxograma para auxiliar na escolha da melhor forma de disposição final do esgoto considerando o tipo de solo e a altura do lençol freático no local de instalação



Fonte: Adaptado de Tonetti (2018).

5 CONCLUSÃO

Ao longo desta dissertação, foi explorado a vital importância do serviço de esgotamento sanitário como um componente fundamental da infraestrutura rural, desempenhando um papel crucial na preservação da saúde pública e na proteção do meio ambiente.

Além disso, foi examinado a complexidade na escolha das tecnologias de tratamento adequadas para o esgoto, considerando as diversas variáveis envolvidas. Diante dos desafios inerentes ao processo decisório que envolve múltiplos critérios, o modelo apresentado neste estudo adotou a metodologia PROMETHEE II — ROC, para a atribuição de pesos a cada indicador, contando com a contribuição de especialistas e decisores da área, elevando a confiabilidade dos resultados.

Depois de uma revisão bibliográfica, onde foram exploradas obras e pesquisas envolvendo o uso de tecnologias individuais de tratamento de esgoto, foi possível identificar quais as tecnologias mais usadas, implementadas, pesquisadas e debatidas no Brasil. Assim foram definidos os sistemas analisados nesta pesquisa, sendo elas: Fossa séptica; Sumidouro; Vala de infiltração; Wetlands; Círculo de bananeiras; Fossa Verde; Fossa Biodigestora e Reator UASB. Seguindo a mesma dinâmica foram também selecionados os critérios analisados, chegando a nove, sendo três de natureza sociocultural, três socioeconômico; dois técnicos e um físico e ambiental.

Os critérios socioeconômicos e socioculturais foram os que tiveram maior proporção de preferência nos pesos. Sendo os socioculturais mais importantes para o decisores municipais e os socioeconômicos para os técnicos. Foram analisadas as alternativas, segundo esses critérios, em sete cenários diferentes, com modelagem de preferências diferentes. A Fossa Verde (Tanque de Evapotranspiração) foi o sistema de tratamento melhor classificado em cinco dos cenários examinados. Em somente um cenário o tanque séptico associado com vala de infiltração, sumidouro e círculo de bananeiras foram as melhores classificadas, no cenário da região Borborema, onde os critérios econômicos tiveram maior significância e essas soluções tiveram melhor desempenho.

Observou-se também, que em todos cenários, as alternativas melhores classificadas, eram as de infiltração lenta. Principalmente, por serem os sistemas que, na análise hierárquica, apresentam no geral baixo custo, baixa frequência de manutenção, baixa geração de odores, simplicidade operacional e alta eficiência de tratamento. Exceto, no cenário da região Alto

Piranhas, que apesar das soluções de infiltração terem ocupados as primeiras posições, a melhor classificada foi a Fossa Biodigestora, isso se deve, principalmente, porque nesse cenário os critérios socioculturais tiveram maior preferência, e essa alternativa foi a de melhor desempenho nesses aspectos. Por outro lado, a utilização do reator UASB é o menos indicado, em todos os cenários, devido principalmente aos custos e à complexidade associada a essa solução.

Por último foi feita uma análise de sensibilidade, onde foram alterados os pesos atribuídos aos critérios no cenário três e alterou-se também os limites de preferência e indiferença. No primeiro caso, as posições originais do rakeamento foram mantidas em cem por cento das simulações e no segundo caso, somente as alternativas A4 e A3 tocaram de posições em 13% das simulações. Com isso foi possível atestar a confiabilidade do método aplicado.

Assim, o modelo apresentado, além de se provar fácil de utilizar, contribui para sugerir a tecnologia individual mais sustentável em termos técnicos, ambientais, sociais e econômicos, considerando os pesos atribuídos pelos especialistas. Conseguindo diminuir o grau de subjetividade atrelado às metodologias de apoio a tomada de decisão.

Considerou-se que os objetivos deste trabalho foram atingidos e a metodologia multicritério demonstrou ser uma ferramenta bastante útil quando aplicada ao saneamento para a estruturação do processo de decisão, proporcionando que esta seja realizada de forma objetiva, clara, racional e transparente, otimizando+ do uso dos recursos técnicos e financeiros no setor público.

5.1 SUGESTÕES PARA FUTUROS TRABALHOS

O modelo apresentado neste estudo realizou uma análise abrangente que permitiu suficientemente se chegar a uma decisão para seleção de alternativas de tratamento de esgoto em assentamentos rurais isolados. No entanto, seria interessante explorar um conjunto mais amplo de tecnologias individuais, considerando diferentes arranjos tecnológicos. E à medida que novas tecnologias emergem, é recomendável explorar como essas inovações podem impactar ou aprimorar os resultados obtidos.

Também é possível melhorar o modelo desenvolvido, mediante maior incorporação de características específicas do escopo geográfico da região de implementação. Considerando variações geográficas e climáticas, isso ajudará a contextualizar a aplicabilidade do método em função das peculiaridades locais, resultando em decisões mais alinhadas com a realidade do local. Além disso, durante a fase de atribuição de pesos, é crucial considerar as opiniões dos residentes, para maior incorporação de aspectos socioculturais e comunitários na tomada de decisão, já que esses interferem significativamente no cotidiano dos habitantes do local de implementação. Garantindo que as comunidades rurais tenham voz no processo e que suas necessidades sejam consideradas.

E de maneira complementar, realizar a avaliação do impacto social e saúde pública que o uso dessas soluções pode gerar. Por meio de validações empíricas das escolhas feitas por meio dos métodos multicritério em ambientes reais, monitorando o desempenho das soluções implementadas e ajustando as abordagens conforme necessário. Essas recomendações visam a aprimorar a aplicação prática dos métodos multicritério na escolha de soluções de esgoto em zonas rurais, proporcionando um guia para futuras pesquisas e desenvolvimentos na área.

REFERÊNCIAS

BARRON, F. H. Selecting a Best Multiattribute Alternative with Partial Information about Attribute Weights. *Acta psychologica*, v. 80, n. 13, p. 91–103, 1992.

BEHZADIAN, M.; *et al.* PROMETHEE: A Comprehensive Literature Review on Methodologies and Applications. *European journal of Operational research*, v. 200, n. 1, p. 198–215, 2010.

BRASIL. **Lei nº 11.445, de 05 de janeiro de 2007.** Disponível em: <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/lei/11445.htm>. Acesso em: 20 mar. 2023.

BRASIL. **Constituição da República Federativa do Brasil de 1988.** Disponível em: <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Constituicao/Constituicao.htm>.

BRASIL, Instituto Trata Brasil. **Manual do Saneamento Básico: entendendo o saneamento básico ambiental no Brasil e sua importância socioeconômica.** [s.l.]: Instituto Trata Brasil, 2012.

BRASIL, Instituto Trata Brasil. **Benefícios econômicos e sociais da expansão do saneamento no Brasil.** [s.l.]: Instituto Trata Brasil. ex ante consultoria econômica, 2022.

BRIOZO, R. A.; MUSETTI, M. A. Método Multicritério de Tomada de Decisão: Aplicação ao Caso da Localização Espacial de uma Unidade de Pronto Atendimento – UPA 24 h. *Gestão & Produção*, v. 22, n. 4, p. 805–819, 2015.

BRITTO, A.L.N de P.; *et al.* Da Fragmentação à articulação: a Política Nacional de Saneamento e seu Legado Histórico. *Revista Brasileira De Estudos Urbanos E Regionais*, v. 14, n. 1, p. 65–65, 2012.

CAMPOS, V. R. **Modelo de Apoio à Decisão Multicritério para Priorização de Projetos em Saneamento.** Doutorado em Economia, Organizações e Gestão do Conhecimento, Universidade de São Paulo, 2011.

CARMONA, Paulo Afonso Cavichioli e AGNOL, Philippe Dall'. **O marco legal das startups e as oportunidades de inovação no âmbito do saneamento básico brasileiro.** Boletim de Conjuntura (BOCA), Ano V| Volume 14| Nº40| Boa Vista, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.5281/zenodo.7800047>.

CASTRO, C. N.; CERZINI, M. T. **Saneamento rural no Brasil: a universalização é possível?** Texto para Discussão Ipea, p. 1–66, 12 maio de 2023.

COSTA, T. C. da; BELDERRAIN, M. C. N. Decisão em Grupo em Métodos Multicritério de Apoio à Decisão. **Anais do 15º Encontro de Iniciação Científica e PósGraduação do ITA,**

2009.

COURY, G. C. **Sistemas Descentralizados de Tratamento de Esgoto em Assentamentos Precários urbanos: Proposta de um Modelo Multicritério de Apoio à Decisão**. Dissertação de Mestrado, Universidade de Brasília, 2021.

CRUZ, C. L. da. **Uso da Análise multicritério na Gestão de Esgotamento Sanitário em Microbacias rurais, Usando Ferramentas SIG**. Dissertação de mestrado, Universidade Federal de Itajubá, 2021.

CUNHA, L. P. P. **Sistema de Apoio à Decisão Multicritério para Arbitragem de Bitcoin**. Trabalho de Conclusão de Curso, Universidade Federal de Campina Grande, 2022.

DE ALMEIDA, A. T. **Processo de Decisão Nas Organizações: Construindo Modelos de Decisão Multicritério**. São Paulo: Atlas, 2013.

DE ALMEIDA FILHO, A. T.; *et al.* Preference modeling experiments with surrogate weighting procedures for the PROMETHEE method. **European Journal of Operational Research**, v. 264, n. 2, p. 453–461, 2018.

ERCOLE, L. A. S. **Sistema modular de gestão de águas residuárias domiciliares: uma opção mais sustentável para a gestão de resíduos líquidos**. Dissertação, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2003.

FGVCES. Fundação Getulio Vargas. **Produto A.2 – Definição da Metodologia de Análise. Apoio à Implementação da Proposta de Preparação de Instrumentos de Mercado (MRP) do Brasil - Componente 2B**. São Paulo: Centro de Estudos em Sustentabilidade da Escola de Administração de Empresas de São Paulo da Fundação Getulio Vargas, 2020.

FREITAS, E. C. B. **Seleção de tecnologias de tratamento de esgoto utilizando análise multicritério**. Dissertação, Universidade Federal de Goiás, 2020.

FUKASAWA, B. N. **Proposta de Modelos de Suporte à Decisão no Planejamento de Reúso de água**. Tese de Doutorado, Universidade de São Paulo, 2021.

FUNASA. Fundação Nacional de Saúde. **Manual de Saneamento**. 5. ed. Brasília: Ministério da Saúde, Fundação Nacional de Saúde, 2019a.

FUNASA. Fundação Nacional de Saúde. **Programa Nacional de Saneamento Rural**. 1. ed. Brasília: Ministério da Saúde, Fundação Nacional de Saúde, 2019b.

FUNASA. Fundação Nacional de Saúde. **Caderno didático técnico para curso de gestão de sistemas de esgotamento sanitário em áreas rurais do Brasil / Fundação Nacional de Saúde**. 1. ed. Brasília: Funasa, 2020.

FUNASA. Fundação Nacional de Saúde. **CataloSan: catálogo de soluções sustentáveis de saneamento - gestão de efluentes domésticos**. Ministério da Saúde, Fundação Nacional de Saúde; Paula Loureiro Paulo, Adriana Farina Galbiati, Fernando Jorge Corrêa Magalhães Filho. Campo Grande : UFMS, 2018.

FURETTI, L. G. S. **Aplicação do PROMETHEEROC para Priorização de Fundos de Investimento Imobiliário**. Trabalho de Conclusão de Curso, Universidade Federal de Pernambuco, 2021.

GOFFI, A. S. **Uso da Análise Multicritério para a Seleção de Tecnologias de Tratamento de Efluentes**. Dissertação de Mestrado, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2017.

HUNT, Camilla Carolina. **Modelo multicritério de apoio à decisão aplicado à seleção de sistema de tratamento de esgoto para pequenos municípios**. Rio de Janeiro, 2013.

HWANG, C.; LIN, M.J. **Group Decision Making under Multiple criteria: Methods and Applications**. [s.l.]: Springer Science & Business Media, 1987.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Classificação e Caracterização dos Espaços Rurais e Urbanos do Brasil | IBGE**, 2017. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/geociencias/organizacao-do-territorio/tipologias-do-territorio/15790-classificacao-e-caracterizacao-dos-espacos-rurais-e-urbanos-do-brasil.html>>. Acesso em: 1 mar. 2023.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Estimativas da população residente para os municípios e para as unidades da federação | IBGE**, 2020. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/populacao/9103-estimativas-de-populacao.html?edicao=28674&t=destaques>>. Acesso em: 18 maio 2023.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **IBGE | Censo 2010**. Ibge.gov.br, 2010 Disponível em: <<https://censo2010.ibge.gov.br/>>.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Portal do IBGE**. 2021. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/>>.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Portal do IBGE**. 2023. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/>>.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Portal do IBGE**. 2027. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/>>.

ISHIZAKA, A.; NEMERY, P. **Multicriteria Decision analysis: Methods and Software**. [s.l.]: John Wiley & Sons, 2013.

LEONETI, A. B. **Teoria dos Jogos e Sustentabilidade na Tomada de decisão: Aplicação a Sistemas de Tratamento de Esgoto**. Universidade de São Paulo, USP, 2012.

LIMA; R. A. S. de. **Avaliação da eficiência do tratamento de efluentes composto por um sistema de lagoas anaeróbia, facultativa e de polimento de um matadouro**. Monografia de Conclusão de Curso, Faculdade Doctum de Juiz de Fora, 2020.

MACHADO, G. C. X. M. P.; MACIEL, T. M. F. B.; THIOLENT, M. Uma Abordagem Integral para Saneamento Ecológico em Comunidades Tradicionais e Rurais. **Ciência & Saúde**

Coletiva, v. 26, n. 4, p. 1333–1344, 2021.

MENEZES, J. A. L. de. **Procedimento de Avaliação das Ações de Saneamento rural: o Caso do Município de São Desidério-BA**. Dissertação de Mestrado, Universidade de Brasília, 2018.

MORAIS, D. C.; *et al.* PROMETHEE-ROC Model for Assessing the Readiness of Technology for Generating Energy. **Hindawi Publishing Corporation, Mathematical Problems in Engineering**, v. 2015, n. Article ID 530615, p. 1–11, 2015.

MOTA, B. O. **Alternativas sustentáveis para o tratamento de efluentes domésticos em zonas rurais**. Trabalho de Graduação, Universidade Estadual Paulista, 2017.

NORONHA, S. M. D. **Heurística para Decisões em Grupo Utilizando Modelos Multicritério de Apoio à decisão: Uma Abordagem Construtivista**. Tese de Doutorado, Florianópolis-SC, Universidade Federal de Santa Catarina, 2003.

NUNES, C.; MONISE TERRA CEREZINI. TD 2875 - Saneamento rural no Brasil: a universalização é possível? Texto para Discussão, p. 1–66, 12 maio 2023.

OLIVEIRA, C. M. R. **Aplicabilidade de sistemas simplificados para Estações de tratamento de esgoto de cidades de pequeno porte**. Trabalho Final de Curso, Universidade Federal de Juiz de Fora, 2014.

PARAÍBA. **Lei Complementar Nº 168 de Junho de 2021**: Institui as Microrregiões de Água e Esgoto do Alto Piranhas, do Espinharas, da Borborema e do Litoral e suas respectivas estruturas de governança, 2021. Disponível em: <<https://paraiba.pb.gov.br/diretas/secretaria-de-infraestrutura-e-dos-recursos-hidricos/arquivos/LEICOMPLEMENTAR1682021MICRORREGIOESPARAIBA.pdf>>. Acesso em: 21 fev. 2023.

PEREIRA, A. C.; *et al.* DEFINIÇÃO DE CRITÉRIOS PARA ESCOLHA DE ALTERNATIVAS DE SISTEMAS INDIVIDUAIS DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO. **30º Congresso ABES, Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental**, 2019.

PEREIRA, A. R.; SOUZA, M. A. A. de. Análise Comparativa das Alternativas para Tratamento de Esgotos de Residências Unifamiliares. **Revista Eletrônica de Gestão e Tecnologias Ambientais**, v. 8, p. 160–179, 2020.

PMSB-PB/UFCG. Plano Municipal de Saneamento Básico na Paraíba. Universidade Federal de Campina Grande. **Produto C Diagnóstico Técnico-Participativo**. Campina Grande: FUNASA/UFCG, 2021.

PNAD. Pesquisa Nacional Por Amostra de Domicílios. **Volume Brasil | IBGE**, 2015. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/educacao/9127-pesquisa-nacional-por-amostra-de-domicilios.html>>. Acesso em: 10 abr. 2023.

PRATI, R. C.; BATISTA, G.E.A.P.A.; MONARD, M. C. Curvas ROC para Avaliação de Classificadores. **Revista IEEE América Latina**, v. 6, n. 2, p. 215–222, 2008.

REAMI, L. **Aplicação de Métodos Multicriteriais de Apoio à Tomada de Decisão para Escolha de Tecnologia de Tratamento de esgoto: Estudo de Caso de Restinga**. Tese de Doutorado, Universidade Estadual de Campinas, 2011.

ROLAND, N.; HELLER, L.; REZENDE, S. O Projeto Nacional de Saneamento Rural (1985-1989) no Brasil: limites e potencialidades. **Revista Brasileira de Estudos Urbanos e Regionais**, v. 24, 2022. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/rbeur/a/Kv6TkdKZFbRjVXd5q4FDbNS/>>.

ROSSONI, H. A. V.; *et al.* Aspectos socioeconômicos e de desenvolvimento humano municipal determinantes na ausência de prestadores de serviços de esgotamento sanitário no Brasil. **Engenharia Sanitaria e Ambiental**, v. 25, p. 393–402, 2020. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/esa/a/dWwBkkzPfgRQMSNBYKBNrsh/?lang=pt>>.

SILVA, P. N; HELLER, L. **O direito humano à água e ao esgotamento sanitário como instrumento para promoção da saúde de populações vulneráveis**. *Ciência & Saúde Coletiva*, v. 21, n. 6, p. 1861–1870, jun. 2016.

SILVA, K. M. S. e. **Aplicação de Métodos Multicritérios em Sistemas de Informação para Melhoria da Tomada de Decisão no Ambiente Organizacional–estado da Arte**. Trabalho de Conclusão de Curso, Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará, 2016.

SNIS. Sistema Nacional de Informações Sobre Saneamento. **Diagnóstico Temático Serviços de Água e Esgoto: Visão Geral**. Brasília: Ministério do Desenvolvimento Regional. Secretaria Nacional de Saneamento, 2022.

SNIS. Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento. **Painel de Informações do Setor Saneamento: Esgotamento Sanitário. 2021**. Disponível em: <<https://www.gov.br/cidades/pt-br/aceso-a-informacao/acoes-e-programas/saneamento/snis/painel>>.

SOUSA, A. C. de; PEREIRA, H. F. F.; OLIVEIRA, R. J. **Avaliação Multicritério de Soluções de Esgotamento Sanitário Para Novos Loteamentos Urbanos – Estudo de Caso No Município de Goiânia**. Congresso ABES/Fenasan 2017 - o maior encontro de Saneamento Ambiental das Américas, 2017.

TONETTI, A. L.; *et al.* Tratamento de esgotos domésticos em comunidades isoladas: referencial para a escolha de soluções. **Biblioteca/Unicamp. Campinas, São Paulo**, v. 153, 2018.

TRES, V. **Estudo de viabilidade técnicaeconômica, social e ambiental para seleção de tratamento de esgoto doméstico em áreas rurais**. Dissertação, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2021.

VIDAL, B.; *et al.* Assessing the sustainability of on-site sanitation systems using multi-criteria analysis. **Environmental Science: Water Research & Technology**, v. 5, n. 9, p. 1599–1615, 2019.

VIEIRA, M. C. S. **Diagnóstico do Saneamento Básico rural: um Estudo de Caso na Comunidade Casa forte, Pombal–PB**. Trabalho de Conclusão de Curso, Universidade Federal

de Campina Grande, 2022.

VON SPERLING, M. Princípios do Tratamento Biológico de Águas Residuárias. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. 4th Edition, Editora UFMG**, v. 1, p. 472, 2014.

VON SPERLING, M. **Wastewater Characteristics, Treatment and Disposal**. [s.l.]: IWA publishing, 2007.

WHO. World Health Organization; **Guidelines for Drinkingwater Quality**. [s.l.]: World Health Organization, 2004.

APÊNDICE A - QUESTIONÁRIO PARA HIERARQUIZAÇÃO DOS CRITÉRIOS

Está apresentado nesse apêndice o questionário para atribuição dos pesos dos critérios analisados nesse estudo. Respondido por um grupo de 27 (vinte e sete) profissionais, sendo 17 (dezesete) decisores e gestores de prefeituras e 10 (dez) especialistas da área de saneamento da UFCG/Funasa. O questionário (Figura 15) foi enviado para esses indivíduos via web “google forms”.

Figura 15 - Questionário aplicado para atribuição de peso dos critérios

Questionário para Hierarquização dos Critérios de escolha para implementação de solução individual de tratamento de esgoto em zonas rurais
Universidade Federal de Campina Grande
Centro de Tecnologia e Recursos Naturais
Pesquisa de Dissertação

Questionário para Hierarquização dos Critérios de escolha para implementação de solução individual de tratamento de esgoto em zonas rurais

V.Sa. foi selecionado (a), para responder ao questionário a seguir. Convido-o(a), assim, a participar da pesquisa que estou desenvolvendo e que pretende analisar por meio de um modelo matemático, qual melhor maneira de escolher soluções individuais de esgotamento sanitário em ambientes rurais.

Sua resposta irá contribuir não apenas para a presente pesquisa, mas também para estudos relativos ao entendimento de decisões na área do saneamento básico. Ressalto também, a significância que sua colaboração terá para mim e agradeço desde já.

O tempo do preenchimento questionário não lhe tomará mais do que quinze minutos. Os julgamentos e respostas fornecidos por você, mediante questionário, serão coletadas e tratadas de forma sigilosa. O conteúdo a ser divulgado não fará referências específicas a sua identidade, ao seu emprego ou a algo que possa ser vinculado a sua pessoa.

Att. Jasmynne Vieira

- 1. Cidade ou Entidade que trabalha:**

- 2. Cargo que exerce**

- 3. E-mail ou contato:**

4. Qual é o seu grau de instrução?

Marcar apenas uma opção.

- Ensino Fundamental Incompleto
- Ensino Fundamental Completo
- Ensino Médio Incompleto
- Ensino Médio Completo
- Superior Incompleto
- Superior Completo
- Pos Graduação

INSTRUÇÕES:

As questões a serem respondidas apresentam uma afirmativa requerendo que V.Sa. marque a alternativa que mais está de acordo com o seu entendimento.

A pesquisa pretende, entre outros objetivos, verificar quais critérios seriam considerados mais relevantes no processo de escolha de uma determinada solução de esgotamento sanitário para domicílios isolados em áreas rurais, diante de uma tabela contendo dados (características) que são pertinentes para tal escolha, sendo estes:

CRITERIOS QUE SERÃO ANALISADOS E ATRIBUIDOS PESOS (IMPORTANCIA)

CRITÉRIO	SUB CRITÉRIO	CÓDIGO	UNIDADE	DESCRIÇÃO
SOCIOCULTURAL <i>agrega aspectos culturais e sociais num mesmo grupo</i>	Aceitação (Simplicidade)	CSC01	qualitativo	Maior disponibilidade para compreender e interagir com algo
	Odor desagradável	CSC02	qualitativo	Capacidade que a solução tem de produzir odores
SOCIOECONÔMICA <i>relaciona situações, circunstâncias e aspectos que afetem tanto a ordem social como a economia de um local ou região</i>	Custo de implementação	CSE01	R\$	Custo necessário para construção do sistema de esgotamento completo (coleta, tratamento, disposição final).
	Frequência de manutenção	CSE02	qualitativo	Ações e tarefas técnicas que a solução exige para manter seu funcionamento em condições adequadas em um determinado espaço de tempo
	Custo de operação e manutenção	CSE03	R\$/ano	Custo necessário com energia, pessoal, produtos químicos, gestão e manutenção do sistema.
TÉCNICA	Remoção de DBO	CTN01	%	Capacidade de remover DBO ao longo do sistema
	Simplicidade Operacional	CTN02	Qualitativo	Necessidade de mão de obra especializada e facilidade de operação e manutenção
	Coliformes Fecais	CTN03	quantitativo	Capacidade de remover Coliformes Fecais ao longo do sistema
FÍSICA E AMBIENTAL <i>aspectos naturais da paisagem</i>	Área do terreno necessária	CFA01	m ² /hab	Área física necessária para a construção e instalação da solução sanitária.
	Permeabilidade do solo	CFA02	qualitativo	Maior ou menor facilidade que os solos oferecem à passagem de água.

VAMOS ENTENDER COMO RESPONDER, CONSIDERE O SEGUINTE EXERCÍCIO:

O seu município necessita **implementar algumas soluções individuais** de esgotamento sanitário em **domicílios isolados na zona rural**, afim de melhorar o serviço e o **acesso a todos**. Analisaremos nesta pesquisa apenas os sete sistemas de tratamento (fossa séptica, fossa verde, fossa biológica, círculo de bananeiras, etc.) que possuam a capacidade de tratar os efluentes domésticos e devolvê-los ao ambiente, reduzindo os riscos aos moradores e a natureza, podendo ou não fazer reuso dessas águas.

ATRIBUIÇÃO DE PESOS AOS CRITÉRIOS:

Considere, na sua opinião, qual a importância que cada um destes critérios tem em relação a sua tomada decisão na escolha de uma tecnologia de tratamento de esgoto individual. Utilize os valores de 0 a 4, seguindo a escala a seguir:

- 0 - Não tem importância
- 1 - Baixa Importância
- 2 - Média Importância
- 3 - Alta Importância
- 4 - Altíssima Importância

5. Aceitação

Marcar apenas uma Opção.

- 0 - Não tem importância
- 1 - Baixa Importância
- 2 - Média Importância
- 3 - Alta Importância
- 4 - Altíssima Importância

6. Odor desagradável

Marcar apenas uma Opção.

- 0 - Não tem importância
- 1 - Baixa Importância
- 2 - Média Importância
- 3 - Alta Importância
- 4 - Altíssima Importância

7. Custo de implementação

Marcar apenas uma Opção.

- 0 - Não tem importância
- 1 - Baixa Importância
- 2 - Média Importância
- 3 - Alta Importância
- 4 - Altíssima Importância

8. Frequência de manutenção

Marcar apenas uma Opção.

- 0 - Não tem importância
- 1 - Baixa Importância
- 2 - Média Importância
- 3 - Alta Importância
- 4 - Altíssima Importância

9. Custo de operação e manutenção

Marcar apenas uma Opção.

- 0 - Não tem importância
- 1 - Baixa Importância
- 2 - Média Importância
- 3 - Alta Importância
- 4 - Altíssima Importância

13. **Área do terreno necessária**

Marcar apenas uma Opção.

- 0 - Não tem importância
- 1 - Baixa Importância
- 2 - Média Importância
- 3 - Alta Importância
- 4 - Altíssima Importância

14. **Permeabilidade do solo**

Marcar apenas uma Opção.

- 0 - Não tem importância
- 1 - Baixa Importância
- 2 - Média Importância
- 3 - Alta Importância
- 4 - Altíssima Importância

Google Formulários

APÊNDICE B - MENSURAÇÃO DOS CRITÉRIOS: LEVANTAMENTO DE DADOS DE CADA REFERÊNCIA UTILIZADA NO ESTUDO

Estão apresentados neste Apêndice todos os estudos que foram analisados para a atribuição de dados quantitativos e qualitativos dos indicadores deste estudo. Para cada referência (projetos pilotos de pesquisa e/ou estudos de caso) encontrada na busca de dados para serem utilizados na análise hierárquica, eram anotados o tipo de sistema. Após a organização dos dados coletados, os valores adotados eram obtidos por média, media arredonda, valor mediano ou ponderação para cada tipo de sistema.

Quadro 21 - Trabalhos consultados para mensuração e classificação do critério aceitação

Tecnologias	CataloSan (2018)	Coury (2020)	Goffi (2017)	Mota (2017)	Classificação Final
Sumidouro	alta				alta
Círculo de Bananeiras	alta	moderado			alta
Wetlandas	moderado	alto	alto	moderado	moderado
Fossa Verde	alta	moderado	moderado	moderado	moderado
Reator UASB		moderado	moderado		moderado
Fossa Biodigestora	moderado			moderado	moderado
Tanque Séptico		baixo	moderado		baixo
Vala de Infiltração	alta	alto			alta
ALTERNATIVA	CLASSIFICAÇÃO			VALOR	
A1	moderado			2,5	
A2	moderado			2,5	
A3	moderado			2,5	
A4	baixo			0	
A5	moderado			2,5	
A6	moderado			2,5	
A7	moderado			2,5	

Fonte: Adaptado de CataloSan (2018); Coury (2020); Goffi (2017) e Mota (2017).

Quadro 22 - Trabalhos consultados para mensuração e classificação do critério Odor Desagradável

Tecnologias	Tres (2019)	Von Sperling (2005)	Goffi (2017)	Classificação Final
Sumidouro	médio	Médio'	media	perceptível
Círculo de Bananeiras	médio	médio	médio	perceptível
Wetlandas	médio		baixa	pouco perceptível
Fossa Verde	médio	médio	médio	perceptível
Reator UASB	alto	médio	alta	muito perceptível
Fossa Biodigestora	médio		baixa	pouco perceptível
Tanque Séptico	alto	médio	alta	muito perceptível
Vala de Infiltração	médio	médio	media	perceptível

ALTERNATIVA	CLASSIFICAÇÃO	VALOR
A1	muito perceptível	5
A2	muito perceptível	5
A3	muito perceptível	5
A4	perceptível	2,5
A5	perceptível	2,5
A6	muito perceptível	5
A7	pouco perceptível	0

Fonte: Adaptado de Tres (2019); Von Sperling (2005) e Goffi (2017).

Quadro 23 - Trabalhos consultados para mensuração e classificação do critério Complexidade operacional

Tecnologias	TRES (2019)	Tonetti (2018)	Coury (2020)	Ercole (2003)	Média
Sumidouro	Baixa	Baixa		Baixa	Muito baixa
Círculo de Bananeiras		MÉDIA	BAIXA	BAIXA	BAIXA
Wetlandas	Alta	Média	Media	Baixa	Alta
Fossa Verde		BAIXA	BAIXA		BAIXA
Reator UASB	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta
Fossa Biodigestora	Baixa	Alta		Baixa	Media
Tanque Séptico	Muito alta	Média	Alta	Baixa	Alta
Vala de Infiltração	Baixa	Baixa	Baixa	Baixa	Muito baixa
ALTERNATIVA	CLASSIFICAÇÃO				VALOR
A1	MEDIA				5
A2	MEDIA				5
A3	MEDIA				5
A4	ALTA				7,5
A5	BAIXA				2,5
A6	ALTA				7,5
A7	MEDIA				5

Fonte: Adaptado de Tres (2019); Tonetti (2018); Coury (2020) e Ercole (2003).

Quadro 24 - Trabalhos consultados para mensuração e classificação do critério Custo de operação e manutenção

Tecnologias	Coury (2020)	PNSR (2019)	Ercole (2003)	Média
Sumidouro		Baixo	0	15
Círculo de Bananeiras	0	Baixo	Baixo	15
Wetlandas	75	Baixo	Baixo	75
Fossa Verde	0	Baixo	Baixo	15
Reator UASB	700	médio	Médio	700
Fossa Biodigestora			102,7037	100
Tanque Séptico	700	médio	102,7037	400
Vala de Infiltração	0	baixo	0	15

ALTERNATIVA	VALOR (R\$/ano)
A1	415
A2	415
A3	415
A4	475
A5	15
A6	700
A7	100

Fonte: Adaptado de Coury (2020); PNSR (2019) e Ercole (2003).

Quadro 25 - Trabalhos consultados para mensuração e classificação do critério Frequência de Manutenção

Tecnologias	Tonetti (2018)	Média
Sumidouro	Baixo	Baixo
Círculo de Bananeiras	Médio	Médio
Wetlandas	Médio	Médio
Fossa Verde	Baixo	Baixo
Reator UASB	Médio/baixo	Médio/baixo
Fossa Biodigestora	Alto	Alto
Tanque Séptico	Baixo	Baixo
Vala de Infiltração	Baixo	Baixo
ALTERNATIVA	CLASSIFICAÇÃO	VALOR
A1	Baixo	0
A2	Baixo	0
A3	Médio	2,5
A4	Médio	2,5
A5	Baixo	0
A6	Médio	2,5
A7	Alto	5

Fonte: Adaptado de Tonetti (2018).

Quadro 26 - Trabalhos consultados para mensuração e classificação do critério Remoção de DBO

Tecnologias	TRES (2019)	Tonetti (2018)	Von Sperling (2005)	Coury (2020)	GOFFI (2017)	Manual Funasa (2019)	Média	Média Arredondada
Sumidouro			90-98	83,2	70-83	90	85,9	86
Círculo de Bananeiras				67,5	70-83		72	72
Wetlandas	80-90	<80	90-98	85	70-83	80-95	85,5	86
Fossa Verde		<80	90-98	79,8			86,3	87
Reator UASB	60-75	50-79	60-80	67,5	55-75	60-70	66,5	67
Fossa Biodigestora		50-79					64,5	65
Tanque Séptico	30-35	50-79			25-35	30-45	41,1	42
Vala de Infiltração			90-98	83,2	70-83	90	84,5	85

ALTERNATIVA	VALOR (%)
A1	86
A2	85
A3	72
A4	86
A5	87
A6	67
A7	65

Fonte: Adaptado de Tres (2019); Tonetti (2018); Von Sperling (2005); Coury (2020); GOFFI (2017) e Manual Funasa (2019).

Quadro 27 - Trabalhos consultados para mensuração e classificação do critério Remoção sólidos suspensos

Tecnologias	TRES (2019)	Oliveira (2014)	Ercole (2003)	Figueiredo (2019)	Coury (2020)	Von Sperling (2004)	Chaves (2019)	Beltrão (2014)	Mota (2017)	Média	Média Arredondada
Sumidouro			82,5			99				90,7	91
Círculo de Bananeiras			82,5		90,2	99				90,6	91
Wetlandas	85,96		82,5		90	99	92		91	90,1	90
Fossa Verde			82,5	98	90,2	99			90	91,9	92
Reator UASB	80,72	75	87,5		72,5	75				78,1	79
Fossa Biodigestora			60					80,9	81	73,9	74
Tanque Séptico	55,24	50			88,7	75				67,2	67
Vala de Infiltração			80		90	99				89,6	90
ALTERNATIVA	VALOR (%)										
A1	91										
A2	90										
A3	91										
A4	90										
A5	92										
A6	79										
A7	74										

Fonte: Adaptado de TRES (2019); Oliveira (2014); Ercole (2003); Figueiredo (2019); Coury (2020); Von Sperling (2004); Chaves (2019); Beltrão (2014) e Mota (2017).

Quadro 28 - Trabalhos consultados para mensuração e classificação do Área do Terreno Necessária

Tecnologias	Tonetti (2018)	Media Tonetti (2018)	CataloSan (2018)	Manual Funasa (2019)	Média	Média Arredondada
Sumidouro			10,9	9,93	10,415	11
Círculo de Bananeiras	3 a 5 m ²	4	4		4	4
Wetlandas	7,5 a 15 m ²	11,25			11,25	12
Fossa Verde	7 a 10 m ²	8,5	10		9,25	10
Reator UASB	1,5 a 4 m ²	2,75			2,75	3

Fossa Biodigestora	10 a 12 m ²	11			11	11
Tanque Séptico	1,5 a 4 m ²	2,75			2,75	3
Vala de Infiltração				9,56	9,56	10
ALTERNATIVA	VALOR (m²)					
A1	14					
A2	13					
A3	7					
A4	15					
A5	10					
A6	3					
A7	11					

Fonte: Adaptado de Tonetti (2018); CataloSan (2018) e Manual Funasa (2019).

APÊNDICE C - APLICAÇÃO DO MÉTODO PROMETHEE II NO EXCEL

Neste apêndice é apresentado as tabelas utilizadas na aplicação do método de apoio a decisão desenvolvido de estudo, o Promethee II – ROC. Toda a metodologia apresentada no Capítulo 3 foi preparada em tabelas no Excel, onde as formulas, comparações “par a par”, normalizações e ponderações do modelo foram calculadas para três cenários. Obtendo a hierarquização segundo a preferencias dos especialistas da UFCG/Funasa (cenário 1), os decisores municipais de 16 municípios de pequeno porte da Paraíba (cenário 2), e a hierarquização com a media dessas preferencias (cenário 3).

Figura 16 - Aplicação do método no Cenário 1

CENÁRIO 1: ESPECIALISTAS DA UFCG

Matriz de avaliação									
Alternativas	CSC01	CSC02	CSC03	CSE01	CSE02	CSE03	CTN01	CTN02	CFA01
A1	2,5	-5	-5	-1705	-415	0	86	91	-14
A2	2,5	-5	-5	-1570	-415	0	85	90	-13
A3	2,5	-5	-5	-1570	-415	-2,5	72	91	-7
A4	0	-2,5	-7,5	-3050	-475	-2,5	86	90	-15
A5	2,5	-2,5	-2,5	-2085	-15	0	87	92	-10
A6	2,5	-5	-7,5	-2165	-700	-2,5	67	79	-3
A7	2,5	0	-5	-1765	-100	5	65	74	-11

Limites de Preferência							Pesos	
CSC01	CSC02	CSC03	CSE01		CSE02		CSC01	0,0421
Qualitativo	Qualitativo	Qualitativo	Quantitativo		Quantitativo		CSC02	0,0828
P	P	P	q	p	q	p	CSC03	0,2032
2,5	2,5	2,5	100	200	70	200	CSE01	0,1477
CSE03	CTN01		CTN02		CFA01		CSE02	0,3143
Qualitativo	Quantitativo		Quantitativo		Quantitativo		CSE03	0,0262
P	q	P	q	p	q	p	CTN01	0,0606
2,5	5	10	2	5	2	5	CTN02	0,1106
							CFA01	0,0123

CRITÉRIO 1

Comparação Par a Par - Critério 1							
Alternativas	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7
A1	0	0	0	2,5	0	0	0
A2	0	0	0	2,5	0	0	0
A3	0	0	0	2,5	0	0	0
A4	-2,5	-2,5	-2,5	0	-2,5	-2,5	-2,5
A5	0	0	0	2,5	0	0	0
A6	0	0	0	2,5	0	0	0
A7	0	0	0	2,5	0	0	0

Normalização (Função de Preferência) - Critério 1							
Alternativas	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7
A1	0	0	0	1	0	0	0
A2	0	0	0	1	0	0	0
A3	0	0	0	1	0	0	0
A4	0	0	0	0	0	0	0
A5	0	0	0	1	0	0	0
A6	0	0	0	1	0	0	0
A7	0	0	0	1	0	0	0

Ponderando - Critério 1							
Alternativas	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7
A1	0	0	0	0,0421	0	0	0
A2	0	0	0	0,0421	0	0	0
A3	0	0	0	0,0421	0	0	0
A4	0	0	0	0	0	0	0
A5	0	0	0	0,0421	0	0	0
A6	0	0	0	0,0421	0	0	0
A7	0	0	0	0,0421	0	0	0

CRITÉRIO 2**Comparação Par a Par - Critério 2**

Alternativas	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7
A1	0	0	0	-2,5	-2,5	0	-5
A2	0	0	0	-2,5	-2,5	0	-5
A3	0	0	0	-2,5	-2,5	0	-5
A4	2,5	2,5	2,5	0	0	2,5	-2,5
A5	2,5	2,5	2,5	0	0	2,5	-2,5
A6	0	0	0	-2,5	-2,5	0	-5
A7	5	5	5	2,5	2,5	5	0

Normalização (Função de Preferência) - Critério 2

Alternativas	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7
A1	0	0	0	0	0	0	0
A2	0	0	0	0	0	0	0
A3	0	0	0	0	0	0	0
A4	1	1	1	0	0	1	0
A5	1	1	1	0	0	1	0
A6	0	0	0	0	0	0	0
A7	1	1	1	1	1	1	0

Ponderando - Critério 2

Alternativas	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7
A1	0	0	0	0	0	0	0
A2	0	0	0	0	0	0	0
A3	0	0	0	0	0	0	0
A4	0,0828	0,0828	0,0828	0	0	0,0828	0
A5	0,0828	0,0828	0,0828	0	0	0,0828	0
A6	0	0	0	0	0	0	0
A7	0,0828	0,0828	0,0828	0,0828	0,0828	0,0828	0

CRITÉRIO 3**Comparação Par a Par - Critério 3**

Alternativas	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7
A1	0	0	0	2,5	-2,5	2,5	0
A2	0	0	0	2,5	-2,5	2,5	0
A3	0	0	0	2,5	-2,5	2,5	0
A4	-2,5	-2,5	-2,5	0	-5	0	-2,5
A5	2,5	2,5	2,5	5	0	5	2,5
A6	-2,5	-2,5	-2,5	0	-5	0	-2,5
A7	0	0	0	2,5	-2,5	2,5	0

Normalização (Função de Preferência) - Critério 3

Alternativas	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7
A1	0	0	0	1	0	1	0
A2	0	0	0	1	0	1	0
A3	0	0	0	1	0	1	0
A4	0	0	0	0	0	0	0
A5	1	1	1	1	0	1	1
A6	0	0	0	0	0	0	0
A7	0	0	0	1	0	1	0

Ponderando - Critério 3

Alternativas	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7
A1	0	0	0	0,2032	0	0,2032	0
A2	0	0	0	0,2032	0	0,2032	0
A3	0	0	0	0,2032	0	0,2032	0

A4	0	0	0	0	0	0	0
A5	0,2032	0,2032	0,2032	0,2032	0	0,2032	0,2032
A6	0	0	0	0	0	0	0
A7	0	0	0	0,2032	0	0,2032	0

CRITÉRIO 4

Comparação Par a Par - Critério 4							
Alternativas	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7
A1	0	-135	-135	1345	380	460	60
A2	135	0	0	1480	515	595	195
A3	135	0	0	1480	515	595	195
A4	-1345	-1480	-1480	0	-965	-885	-1285
A5	-380	-515	-515	965	0	80	-320
A6	-460	-595	-595	885	-80	0	-400
A7	-60	-195	-195	1285	320	400	0

Normalização (Função de Preferência) - Critério 4							
Alternativas	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7
A1	0	0	0	1	1	1	0
A2	0,35	0	0	1	1	1	0,95
A3	0,35	0	0	1	1	1	0,95
A4	0	0	0	0	0	0	0
A5	0	0	0	1	0	0	0
A6	0	0	0	1	0	0	0
A7	0	0	0	1	1	1	0

Ponderando - Critério 4							
Alternativas	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7
A1	0	0	0	0,1477	0,1477	0,1477	0
A2	0,051695	0	0	0,1477	0,1477	0,1477	0,140315
A3	0,051695	0	0	0,1477	0,1477	0,1477	0,140315
A4	0	0	0	0	0	0	0
A5	0	0	0	0,1477	0	0	0
A6	0	0	0	0,1477	0	0	0
A7	0	0	0	0,1477	0,1477	0,1477	0

CRITÉRIO 5

Comparação Par a Par - Critério 5							
Alternativas	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7
A1	0	0	0	60	-400	285	-315
A2	0	0	0	60	-400	285	-315
A3	0	0	0	60	-400	285	-315
A4	-60	-60	-60	0	-460	225	-375
A5	400	400	400	460	0	685	85
A6	-285	-285	-285	-225	-685	0	-600
A7	315	315	315	375	-85	600	0

Normalização (Função de Preferência) - Critério 5							
Alternativas	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7
A1	0	0	0	0	0	1	0
A2	0	0	0	0	0	1	0
A3	0	0	0	0	0	1	0
A4	0	0	0	0	0	1	0
A5	1	1	1	1	0	1	0
A6	0	0	0	0	0	0	0
A7	1	1	1	1	0	1	0

Ponderando - Critério 5							
Alternativas	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7
A1	0	0	0	0	0	0,3143	0
A2	0	0	0	0	0	0,3143	0
A3	0	0	0	0	0	0,3143	0
A4	0	0	0	0	0	0,3143	0
A5	0,3143	0,3143	0,3143	0,3143	0	0,3143	0
A6	0	0	0	0	0	0	0
A7	0,3143	0,3143	0,3143	0,3143	0	0,3143	0

CRITÉRIO 6

Comparação Par a Par - Critério 6							
Alternativas	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7
A1	0	0	2,5	2,5	0	2,5	-5
A2	0	0	2,5	2,5	0	2,5	-5
A3	-2,5	-2,5	0	0	-2,5	0	-7,5
A4	-2,5	-2,5	0	0	-2,5	0	-7,5
A5	0	0	2,5	2,5	0	2,5	-5
A6	-2,5	-2,5	0	0	-2,5	0	-7,5
A7	5	5	7,5	7,5	5	7,5	0

Normalização (Função de Preferência) - Critério 6							
Alternativas	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7
A1	0	0	1	1	0	1	0
A2	0	0	1	1	0	1	0
A3	0	0	0	0	0	0	0
A4	0	0	0	0	0	0	0
A5	0	0	1	1	0	1	0
A6	0	0	0	0	0	0	0
A7	1	1	1	1	1	1	0

Ponderando - Critério 6							
Alternativas	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7
A1	0	0	0,0262	0,0262	0	0,0262	0
A2	0	0	0,0262	0,0262	0	0,0262	0
A3	0	0	0	0	0	0	0
A4	0	0	0	0	0	0	0
A5	0	0	0,0262	0,0262	0	0,0262	0
A6	0	0	0	0	0	0	0
A7	0,0262	0,0262	0,0262	0,0262	0,0262	0,0262	0

CRITÉRIO 7

Comparação Par a Par - Critério 7							
Alternativas	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7
A1	0	1	14	0	-1	19	21
A2	-1	0	13	-1	-2	18	20
A3	-14	-13	0	-14	-15	5	7
A4	0	1	14	0	-1	19	21
A5	1	2	15	1	0	20	22
A6	-19	-18	-5	-19	-20	0	2
A7	-21	-20	-7	-21	-22	-2	0

Normalização (Função de Preferência) - Critério 7							
Alternativas	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7
A1	0	0	1	0	0	1	1
A2	0	0	1	0	0	1	1
A3	0	0	0	0	0	0	0,4

A4	0	0	1	0	0	1	1
A5	0	0	1	0	0	1	1
A6	0	0	0	0	0	0	0
A7	0	0	0	0	0	0	0

Ponderando - Critério 7

Alternativas	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7
A1	0	0	0,0606	0	0	0,0606	0,0606
A2	0	0	0,0606	0	0	0,0606	0,0606
A3	0	0	0	0	0	0	0,02424
A4	0	0	0,0606	0	0	0,0606	0,0606
A5	0	0	0,0606	0	0	0,0606	0,0606
A6	0	0	0	0	0	0	0
A7	0	0	0	0	0	0	0

CRITÉRIO 8

Comparação Par a Par - Critério 8

Alternativas	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7
A1	0	1	0	1	-1	12	17
A2	-1	0	-1	0	-2	11	16
A3	0	1	0	1	-1	12	17
A4	-1	0	-1	0	-2	11	16
A5	1	2	1	2	0	13	18
A6	-12	-11	-12	-11	-13	0	5
A7	-17	-16	-17	-16	-18	-5	0

Normalização (Função de Preferência) - Critério 8

Alternativas	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7
A1	0	0	0	0	0	1	1
A2	0	0	0	0	0	1	1
A3	0	0	0	0	0	1	1
A4	0	0	0	0	0	1	1
A5	0	0	0	0	0	1	1
A6	0	0	0	0	0	0	1
A7	0	0	0	0	0	0	0

Ponderando - Critério 8

Alternativas	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7
A1	0	0	0	0	0	0,1106	0,1106
A2	0	0	0	0	0	0,1106	0,1106
A3	0	0	0	0	0	0,1106	0,1106
A4	0	0	0	0	0	0,1106	0,1106
A5	0	0	0	0	0	0,1106	0,1106
A6	0	0	0	0	0	0	0,1106
A7	0	0	0	0	0	0	0

CRITÉRIO 9

Comparação Par a Par - Critério 9

Alternativas	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7
A1	0	-1	-7	1	-4	-11	-3
A2	1	0	-6	2	-3	-10	-2
A3	7	6	0	8	3	-4	4
A4	-1	-2	-8	0	-5	-12	-4
A5	4	3	-3	5	0	-7	1
A6	11	10	4	12	7	0	8
A7	3	2	-4	4	-1	-8	0

Normalização (Função de Preferência) - Critério 9							
Alternativas	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7
A1	0	0	0	0	0	0	0
A2	0	0	0	0	0	0	0
A3	1	1	0	1	0,333333	0	0,666667
A4	0	0	0	0	0	0	0
A5	0,666667	0,333333	0	1	0	0	0
A6	1	1	0,666667	1	1	0	1
A7	0,333333	0	0	0,666667	0	0	0

Ponderando - Critério 9							
Alternativas	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7
A1	0	0	0	0	0	0	0
A2	0	0	0	0	0	0	0
A3	0,0123	0,0123	0	0,0123	0,0041	0	0,0082
A4	0	0	0	0	0	0	0
A5	0,0082	0,0041	0	0,0123	0	0	0
A6	0,0123	0,0123	0,0082	0,0123	0,0123	0	0,0123
A7	0,0041	0	0	0,0082	0	0	0

FLUXOS DE REDE E HIERARQUIA

Líquido	Geral								Positivo
	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7		
0,0735	A1	0,0000	0,0000	0,0868	0,4192	0,1477	0,8626	0,1712	0,2813
0,1241	A2	0,0517	0,0000	0,0868	0,4192	0,1477	0,8626	0,3115	0,3133
0,0428	A3	0,0640	0,0123	0,0000	0,4053	0,1518	0,7758	0,2834	0,2821
-0,3279	A4	0,0828	0,0828	0,1434	0,0000	0,0000	0,5683	0,1712	0,1748
0,5170	A5	0,6085	0,6044	0,6871	0,7458	0,0000	0,7977	0,3744	0,6363
-0,7119	A6	0,0123	0,0123	0,0082	0,2021	0,0123	0,0000	0,1229	0,0617
0,2825	A7	0,4274	0,4233	0,4233	0,8245	0,2567	0,7742	0,0000	0,5216
Negativo		0,2078	0,1892	0,2393	0,5027	0,1194	0,7735	0,2391	

RESULTADO FINAL

Hierarquia	Alternativas	Negativo	Positivo	Líquido
1°	A5	0,1194	0,6363	0,5170
2°	A7	0,2391	0,5216	0,2825
3°	A2	0,1892	0,3133	0,1241
4°	A1	0,2078	0,2813	0,0735
5°	A3	0,2393	0,2821	0,0428
6°	A4	0,5027	0,1748	-0,3279
7°	A6	0,7735	0,0617	-0,7119

Figura 17 - Aplicação do método no Cenário 2

CENÁRIO 2: DECISORES MUNICIPAIS

Matriz de avaliação									
Alternativas	CSC01	CSC02	CSC03	CSE01	CSE02	CSE03	CTN01	CTN02	CFA01
A1	2,5	-5	-5	-1705	-415	0	86	91	-14
A2	2,5	-5	-5	-1570	-415	0	85	90	-13
A3	2,5	-5	-5	-1570	-415	-2,5	72	91	-7
A4	0	-2,5	-7,5	-3050	-475	-2,5	86	90	-15
A5	2,5	-2,5	-2,5	-2085	-15	0	87	92	-10
A6	2,5	-5	-7,5	-2165	-700	-2,5	67	79	-3
A7	2,5	0	-5	-1765	-100	5	65	74	-11

Limites de Preferência							Pesos	
CSC01	CSC02	CSC03	CSE01		CSE02		CSC01	0,1477
Qualitativo	Qualitativo	Qualitativo	Quantitativo		Quantitativo		CSC02	0,3143
p	p	p	q	p	q	p	CSC03	0,0262
2,5	2,5	2,5	100	200	70	200	CSE01	0,1106
CSE03	CTN01		CTN02		CFA01		CSE02	0,0828
Qualitativo	Quantitativo		Quantitativo		Quantitativo		CSE03	0,0421
p	q	p	q	p	q	p	CTN01	0,0606
2,5	5	10	2	5	2	5	CTN02	0,2032
							CFA01	0,0123

CRITÉRIO 1

Comparação Par a Par - Critério 1							
Alternativas	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7
A1	0	0	0	2,5	0	0	0
A2	0	0	0	2,5	0	0	0
A3	0	0	0	2,5	0	0	0
A4	-2,5	-2,5	-2,5	0	-2,5	-2,5	-2,5
A5	0	0	0	2,5	0	0	0
A6	0	0	0	2,5	0	0	0
A7	0	0	0	2,5	0	0	0

Normalização (Função de Preferência) - Critério 1							
Alternativas	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7
A1	0	0	0	1	0	0	0
A2	0	0	0	1	0	0	0
A3	0	0	0	1	0	0	0
A4	0	0	0	0	0	0	0
A5	0	0	0	1	0	0	0
A6	0	0	0	1	0	0	0
A7	0	0	0	1	0	0	0

Ponderando - Critério 1							
Alternativas	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7
A1	0	0	0	0,1477	0	0	0
A2	0	0	0	0,1477	0	0	0
A3	0	0	0	0,1477	0	0	0
A4	0	0	0	0	0	0	0
A5	0	0	0	0,1477	0	0	0
A6	0	0	0	0,1477	0	0	0
A7	0	0	0	0,1477	0	0	0

CRITÉRIO 2**Comparação Par a Par - Critério 2**

Alternativas	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7
A1	0	0	0	-2,5	-2,5	0	-5
A2	0	0	0	-2,5	-2,5	0	-5
A3	0	0	0	-2,5	-2,5	0	-5
A4	2,5	2,5	2,5	0	0	2,5	-2,5
A5	2,5	2,5	2,5	0	0	2,5	-2,5
A6	0	0	0	-2,5	-2,5	0	-5
A7	5	5	5	2,5	2,5	5	0

Normalização (Função de Preferência) - Critério 2

Alternativas	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7
A1	0	0	0	0	0	0	0
A2	0	0	0	0	0	0	0
A3	0	0	0	0	0	0	0
A4	1	1	1	0	0	1	0
A5	1	1	1	0	0	1	0
A6	0	0	0	0	0	0	0
A7	1	1	1	1	1	1	0

Ponderando - Critério 2

Alternativas	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7
A1	0	0	0	0	0	0	0
A2	0	0	0	0	0	0	0
A3	0	0	0	0	0	0	0
A4	0,3143	0,3143	0,3143	0	0	0,3143	0
A5	0,3143	0,3143	0,3143	0	0	0,3143	0
A6	0	0	0	0	0	0	0
A7	0,3143	0,3143	0,3143	0,3143	0,3143	0,3143	0

CRITÉRIO 3**Comparação Par a Par - Critério 3**

Alternativas	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7
A1	0	0	0	2,5	-2,5	2,5	0
A2	0	0	0	2,5	-2,5	2,5	0
A3	0	0	0	2,5	-2,5	2,5	0
A4	-2,5	-2,5	-2,5	0	-5	0	-2,5
A5	2,5	2,5	2,5	5	0	5	2,5
A6	-2,5	-2,5	-2,5	0	-5	0	-2,5
A7	0	0	0	2,5	-2,5	2,5	0

Normalização (Função de Preferência) - Critério 3

Alternativas	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7
A1	0	0	0	1	0	1	0
A2	0	0	0	1	0	1	0
A3	0	0	0	1	0	1	0
A4	0	0	0	0	0	0	0
A5	1	1	1	1	0	1	1
A6	0	0	0	0	0	0	0
A7	0	0	0	1	0	1	0

Ponderando - Critério 3

Alternativas	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7
A1	0	0	0	0,0262	0	0,0262	0
A2	0	0	0	0,0262	0	0,0262	0
A3	0	0	0	0,0262	0	0,0262	0

A4	0	0	0	0	0	0	0
A5	0,0262	0,0262	0,0262	0,0262	0	0,0262	0,0262
A6	0	0	0	0	0	0	0
A7	0	0	0	0,0262	0	0,0262	0

CRITÉRIO 4

Comparação Par a Par - Critério 4							
Alternativas	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7
A1	0	-135	-135	1345	380	460	60
A2	135	0	0	1480	515	595	195
A3	135	0	0	1480	515	595	195
A4	-1345	-1480	-1480	0	-965	-885	-1285
A5	-380	-515	-515	965	0	80	-320
A6	-460	-595	-595	885	-80	0	-400
A7	-60	-195	-195	1285	320	400	0

Normalização (Função de Preferência) - Critério 4							
Alternativas	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7
A1	0	0	0	1	1	1	0
A2	0,35	0	0	1	1	1	0,95
A3	0,35	0	0	1	1	1	0,95
A4	0	0	0	0	0	0	0
A5	0	0	0	1	0	0	0
A6	0	0	0	1	0	0	0
A7	0	0	0	1	1	1	0

Ponderando - Critério 4							
Alternativas	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7
A1	0	0	0	0,1106	0,1106	0,1106	0
A2	0,03871	0	0	0,1106	0,1106	0,1106	0,10507
A3	0,03871	0	0	0,1106	0,1106	0,1106	0,10507
A4	0	0	0	0	0	0	0
A5	0	0	0	0,1106	0	0	0
A6	0	0	0	0,1106	0	0	0
A7	0	0	0	0,1106	0,1106	0,1106	0

CRITÉRIO 5

Comparação Par a Par - Critério 5							
Alternativas	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7
A1	0	0	0	60	-400	285	-315
A2	0	0	0	60	-400	285	-315
A3	0	0	0	60	-400	285	-315
A4	-60	-60	-60	0	-460	225	-375
A5	400	400	400	460	0	685	85
A6	-285	-285	-285	-225	-685	0	-600
A7	315	315	315	375	-85	600	0

Normalização (Função de Preferência) - Critério 5							
Alternativas	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7
A1	0	0	0	0	0	1	0
A2	0	0	0	0	0	1	0
A3	0	0	0	0	0	1	0
A4	0	0	0	0	0	1	0
A5	1	1	1	1	0	1	0
A6	0	0	0	0	0	0	0
A7	1	1	1	1	0	1	0

Ponderando - Critério 5							
Alternativas	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7
A1	0	0	0	0	0	0,0828	0
A2	0	0	0	0	0	0,0828	0
A3	0	0	0	0	0	0,0828	0
A4	0	0	0	0	0	0,0828	0
A5	0,0828	0,0828	0,0828	0,0828	0	0,0828	0
A6	0	0	0	0	0	0	0
A7	0,0828	0,0828	0,0828	0,0828	0	0,0828	0

CRITÉRIO 6

Comparação Par a Par - Critério 6							
Alternativas	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7
A1	0	0	2,5	2,5	0	2,5	-5
A2	0	0	2,5	2,5	0	2,5	-5
A3	-2,5	-2,5	0	0	-2,5	0	-7,5
A4	-2,5	-2,5	0	0	-2,5	0	-7,5
A5	0	0	2,5	2,5	0	2,5	-5
A6	-2,5	-2,5	0	0	-2,5	0	-7,5
A7	5	5	7,5	7,5	5	7,5	0

Normalização (Função de Preferência) - Critério 6							
Alternativas	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7
A1	0	0	1	1	0	1	0
A2	0	0	1	1	0	1	0
A3	0	0	0	0	0	0	0
A4	0	0	0	0	0	0	0
A5	0	0	1	1	0	1	0
A6	0	0	0	0	0	0	0
A7	1	1	1	1	1	1	0

Ponderando - Critério 6							
Alternativas	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7
A1	0	0	0,0421	0,0421	0	0,0421	0
A2	0	0	0,0421	0,0421	0	0,0421	0
A3	0	0	0	0	0	0	0
A4	0	0	0	0	0	0	0
A5	0	0	0,0421	0,0421	0	0,0421	0
A6	0	0	0	0	0	0	0
A7	0,0421	0,0421	0,0421	0,0421	0,0421	0,0421	0

CRITÉRIO 7

Comparação Par a Par - Critério 7							
Alternativas	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7
A1	0	1	14	0	-1	19	21
A2	-1	0	13	-1	-2	18	20
A3	-14	-13	0	-14	-15	5	7
A4	0	1	14	0	-1	19	21
A5	1	2	15	1	0	20	22
A6	-19	-18	-5	-19	-20	0	2
A7	-21	-20	-7	-21	-22	-2	0

Normalização (Função de Preferência) - Critério 7							
Alternativas	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7
A1	0	0	1	0	0	1	1
A2	0	0	1	0	0	1	1
A3	0	0	0	0	0	0	0,4

A4	0	0	1	0	0	1	1
A5	0	0	1	0	0	1	1
A6	0	0	0	0	0	0	0
A7	0	0	0	0	0	0	0

Ponderando - Critério 7							
Alternativas	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7
A1	0	0	0,0606	0	0	0,0606	0,0606
A2	0	0	0,0606	0	0	0,0606	0,0606
A3	0	0	0	0	0	0	0,02424
A4	0	0	0,0606	0	0	0,0606	0,0606
A5	0	0	0,0606	0	0	0,0606	0,0606
A6	0	0	0	0	0	0	0
A7	0	0	0	0	0	0	0

CRITÉRIO 8

Comparação Par a Par - Critério 8							
Alternativas	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7
A1	0	1	0	1	-1	12	17
A2	-1	0	-1	0	-2	11	16
A3	0	1	0	1	-1	12	17
A4	-1	0	-1	0	-2	11	16
A5	1	2	1	2	0	13	18
A6	-12	-11	-12	-11	-13	0	5
A7	-17	-16	-17	-16	-18	-5	0

Normalização (Função de Preferência) - Critério 8							
Alternativas	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7
A1	0	0	0	0	0	1	1
A2	0	0	0	0	0	1	1
A3	0	0	0	0	0	1	1
A4	0	0	0	0	0	1	1
A5	0	0	0	0	0	1	1
A6	0	0	0	0	0	0	1
A7	0	0	0	0	0	0	0

Ponderando - Critério 8							
Alternativas	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7
A1	0	0	0	0	0	0,2032	0,2032
A2	0	0	0	0	0	0,2032	0,2032
A3	0	0	0	0	0	0,2032	0,2032
A4	0	0	0	0	0	0,2032	0,2032
A5	0	0	0	0	0	0,2032	0,2032
A6	0	0	0	0	0	0	0,2032
A7	0	0	0	0	0	0	0

CRITÉRIO 9

Comparação Par a Par - Critério 9							
Alternativas	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7
A1	0	-1	-7	1	-4	-11	-3
A2	1	0	-6	2	-3	-10	-2
A3	7	6	0	8	3	-4	4
A4	-1	-2	-8	0	-5	-12	-4
A5	4	3	-3	5	0	-7	1
A6	11	10	4	12	7	0	8
A7	3	2	-4	4	-1	-8	0

Normalização (Função de Preferência) - Critério 9							
Alternativas	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7
A1	0	0	0	0	0	0	0
A2	0	0	0	0	0	0	0
A3	1	1	0	1	0,333333	0	0,666667
A4	0	0	0	0	0	0	0
A5	0,666667	0,333333	0	1	0	0	0
A6	1	1	0,666667	1	1	0	1
A7	0,333333	0	0	0,666667	0	0	0

Ponderando - Critério 9							
Alternativas	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7
A1	0	0	0	0	0	0	0
A2	0	0	0	0	0	0	0
A3	0,0123	0,0123	0	0,0123	0,0041	0	0,0082
A4	0	0	0	0	0	0	0
A5	0,0082	0,0041	0	0,0123	0	0	0
A6	0,0123	0,0123	0,0082	0,0123	0,0123	0	0,0123
A7	0,0041	0	0	0,0082	0	0	0

FLUXOS DE REDE E HIERARQUIA

Líquido	Geral								Positivo
	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7		
0,0063	A1	0,0000	0,0000	0,1027	0,3266	0,1106	0,5255	0,2638	0,2215
0,0446	A2	0,0387	0,0000	0,1027	0,3266	0,1106	0,5255	0,3689	0,2455
-0,0526	A3	0,0510	0,0123	0,0000	0,2968	0,1147	0,4228	0,3407	0,2064
-0,0743	A4	0,3143	0,3143	0,3749	0,0000	0,0000	0,6609	0,2638	0,3214
0,3351	A5	0,4315	0,4274	0,5260	0,4217	0,0000	0,7292	0,2900	0,4710
-0,4848	A6	0,0123	0,0123	0,0082	0,2706	0,0123	0,0000	0,2155	0,0885
0,2257	A7	0,4433	0,4392	0,4392	0,7319	0,4670	0,5760	0,0000	0,5161
Negativo		0,2152	0,2009	0,2590	0,3957	0,1359	0,5733	0,2904	

RESULTADO FINAL	Hierarquia	Alternativas	Negativo	Positivo	Líquido
	1°	A5	0,1359	0,4710	0,3351
	2°	A7	0,2904	0,5161	0,2257
	3°	A2	0,2009	0,2455	0,0446
	4°	A1	0,2152	0,2215	0,0063
	5°	A3	0,2590	0,2064	-0,0526
	6°	A4	0,3957	0,3214	-0,0743
	7°	A6	0,5733	0,0885	-0,4848

Figura 18 - Aplicação do método no Cenário 3

CENÁRIO 3: TOTAL

Matriz de avaliação									
Alternativas	CSC01	CSC02	CSC03	CSE01	CSE02	CSE03	CTN01	CTN02	CFA01
A1	2,5	-5	-5	-1705	-415	0	86	91	-14
A2	2,5	-5	-5	-1570	-415	0	85	90	-13
A3	2,5	-5	-5	-1570	-415	-2,5	72	91	-7
A4	0	-2,5	-7,5	-3050	-475	-2,5	86	90	-15
A5	2,5	-2,5	-2,5	-2085	-15	0	87	92	-10
A6	2,5	-5	-7,5	-2165	-700	-2,5	67	79	-3
A7	2,5	0	-5	-1765	-100	5	65	74	-11

Limites de Preferência							Pesos	
CSC01	CSC02	CSC03	CSE01		CSE02		CSC01	0,0421
Qualitativo	Qualitativo	Qualitativo	Quantitativo		Quantitativo		CSC02	0,2032
p	p	p	q	p	q	p	CSC03	0,0606
2,5	2,5	2,5	100	200	70	200	CSE01	0,1106
CSE03	CTN01		CTN02		CFA01		CSE02	0,3143
Qualitativo	Quantitativo		Quantitativo		Quantitativo		CSE03	0,0262
p	q	p	q	p	q	p	CTN01	0,0828
2,5	5	10	2	5	2	5	CTN02	0,1477
							CFA01	0,0123

CRITÉRIO 1

Comparação Par a Par - Critério 1							
Alternativas	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7
A1	0	0	0	2,5	0	0	0
A2	0	0	0	2,5	0	0	0
A3	0	0	0	2,5	0	0	0
A4	-2,5	-2,5	-2,5	0	-2,5	-2,5	-2,5
A5	0	0	0	2,5	0	0	0
A6	0	0	0	2,5	0	0	0
A7	0	0	0	2,5	0	0	0

Normalização (Função de Preferência) - Critério 1							
Alternativas	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7
A1	0	0	0	1	0	0	0
A2	0	0	0	1	0	0	0
A3	0	0	0	1	0	0	0
A4	0	0	0	0	0	0	0
A5	0	0	0	1	0	0	0
A6	0	0	0	1	0	0	0
A7	0	0	0	1	0	0	0

Ponderando - Critério 1							
Alternativas	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7
A1	0	0	0	0,0421	0	0	0
A2	0	0	0	0,0421	0	0	0
A3	0	0	0	0,0421	0	0	0
A4	0	0	0	0	0	0	0
A5	0	0	0	0,0421	0	0	0
A6	0	0	0	0,0421	0	0	0
A7	0	0	0	0,0421	0	0	0

CRITÉRIO 2**Comparação Par a Par - Critério 2**

Alternativas	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7
A1	0	0	0	-2,5	-2,5	0	-5
A2	0	0	0	-2,5	-2,5	0	-5
A3	0	0	0	-2,5	-2,5	0	-5
A4	2,5	2,5	2,5	0	0	2,5	-2,5
A5	2,5	2,5	2,5	0	0	2,5	-2,5
A6	0	0	0	-2,5	-2,5	0	-5
A7	5	5	5	2,5	2,5	5	0

Normalização (Função de Preferência) - Critério 2

Alternativas	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7
A1	0	0	0	0	0	0	0
A2	0	0	0	0	0	0	0
A3	0	0	0	0	0	0	0
A4	1	1	1	0	0	1	0
A5	1	1	1	0	0	1	0
A6	0	0	0	0	0	0	0
A7	1	1	1	1	1	1	0

Ponderando - Critério 2

Alternativas	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7
A1	0	0	0	0	0	0	0
A2	0	0	0	0	0	0	0
A3	0	0	0	0	0	0	0
A4	0,2032	0,2032	0,2032	0	0	0,2032	0
A5	0,2032	0,2032	0,2032	0	0	0,2032	0
A6	0	0	0	0	0	0	0
A7	0,2032	0,2032	0,2032	0,2032	0,2032	0,2032	0

CRITÉRIO 3**Comparação Par a Par - Critério 3**

Alternativas	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7
A1	0	0	0	2,5	-2,5	2,5	0
A2	0	0	0	2,5	-2,5	2,5	0
A3	0	0	0	2,5	-2,5	2,5	0
A4	-2,5	-2,5	-2,5	0	-5	0	-2,5
A5	2,5	2,5	2,5	5	0	5	2,5
A6	-2,5	-2,5	-2,5	0	-5	0	-2,5
A7	0	0	0	2,5	-2,5	2,5	0

Normalização (Função de Preferência) - Critério 3

Alternativas	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7
A1	0	0	0	1	0	1	0
A2	0	0	0	1	0	1	0
A3	0	0	0	1	0	1	0
A4	0	0	0	0	0	0	0
A5	1	1	1	1	0	1	1
A6	0	0	0	0	0	0	0
A7	0	0	0	1	0	1	0

Ponderando - Critério 3

Alternativas	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7
A1	0	0	0	0,0303	0	0,0303	0
A2	0	0	0	0,0303	0	0,0303	0
A3	0	0	0	0,0303	0	0,0303	0

A4	0	0	0	0	0	0	0
A5	0,0303	0,0303	0,0303	0,0606	0	0,0606	0,0303
A6	0	0	0	0	0	0	0
A7	0	0	0	0,0303	0	0,0303	0

CRITÉRIO 4

Comparação Par a Par - Critério 4							
Alternativas	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7
A1	0	-135	-135	1345	380	460	60
A2	135	0	0	1480	515	595	195
A3	135	0	0	1480	515	595	195
A4	-1345	-1480	-1480	0	-965	-885	-1285
A5	-380	-515	-515	965	0	80	-320
A6	-460	-595	-595	885	-80	0	-400
A7	-60	-195	-195	1285	320	400	0

Normalização (Função de Preferência) - Critério 4							
Alternativas	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7
A1	0	0	0	1	1	1	0
A2	0,35	0	0	1	1	1	0,95
A3	0,35	0	0	1	1	1	0,95
A4	0	0	0	0	0	0	0
A5	0	0	0	1	0	0	0
A6	0	0	0	1	0	0	0
A7	0	0	0	1	1	1	0

Ponderando - Critério 4							
Alternativas	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7
A1	0	0	0	0,1106	0,1106	0,1106	0
A2	0,03871	0	0	0,1106	0,1106	0,1106	0,10507
A3	0,03871	0	0	0,1106	0,1106	0,1106	0,10507
A4	0	0	0	0	0	0	0
A5	0	0	0	0,1106	0	0	0
A6	0	0	0	0,1106	0	0	0
A7	0	0	0	0,1106	0,1106	0,1106	0

CRITÉRIO 5

Comparação Par a Par - Critério 5							
Alternativas	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7
A1	0	0	0	60	-400	285	-315
A2	0	0	0	60	-400	285	-315
A3	0	0	0	60	-400	285	-315
A4	-60	-60	-60	0	-460	225	-375
A5	400	400	400	460	0	685	85
A6	-285	-285	-285	-225	-685	0	-600
A7	315	315	315	375	-85	600	0

Normalização (Função de Preferência) - Critério 5							
Alternativas	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7
A1	0	0	0	0	0	1	0
A2	0	0	0	0	0	1	0
A3	0	0	0	0	0	1	0
A4	0	0	0	0	0	1	0
A5	1	1	1	1	0	1	0
A6	0	0	0	0	0	0	0
A7	1	1	1	1	0	1	0

Ponderando - Critério 5							
Alternativas	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7
A1	0	0	0	0	0	0,201348	0
A2	0	0	0	0	0	0,201348	0
A3	0	0	0	0	0	0,201348	0
A4	0	0	0	0	0	0,142417	0
A5	0,3143	0,3143	0,3143	0,3143	0	0,3143	0
A6	0	0	0	0	0	0	0
A7	0,230814	0,230814	0,230814	0,289745	0	0,3143	0

CRITÉRIO 6

Comparação Par a Par - Critério 6							
Alternativas	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7
A1	0	0	2,5	2,5	0	2,5	-5
A2	0	0	2,5	2,5	0	2,5	-5
A3	-2,5	-2,5	0	0	-2,5	0	-7,5
A4	-2,5	-2,5	0	0	-2,5	0	-7,5
A5	0	0	2,5	2,5	0	2,5	-5
A6	-2,5	-2,5	0	0	-2,5	0	-7,5
A7	5	5	7,5	7,5	5	7,5	0

Normalização (Função de Preferência) - Critério 6							
Alternativas	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7
A1	0	0	1	1	0	1	0
A2	0	0	1	1	0	1	0
A3	0	0	0	0	0	0	0
A4	0	0	0	0	0	0	0
A5	0	0	1	1	0	1	0
A6	0	0	0	0	0	0	0
A7	1	1	1	1	1	1	0

Ponderando - Critério 6							
Alternativas	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7
A1	0	0	0,0262	0,0262	0	0,0262	0
A2	0	0	0,0262	0,0262	0	0,0262	0
A3	0	0	0	0	0	0	0
A4	0	0	0	0	0	0	0
A5	0	0	0,0262	0,0262	0	0,0262	0
A6	0	0	0	0	0	0	0
A7	0,0262	0,0262	0,0262	0,0262	0,0262	0,0262	0

CRITÉRIO 7

Comparação Par a Par - Critério 7							
Alternativas	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7
A1	0	1	14	0	-1	19	21
A2	-1	0	13	-1	-2	18	20
A3	-14	-13	0	-14	-15	5	7
A4	0	1	14	0	-1	19	21
A5	1	2	15	1	0	20	22
A6	-19	-18	-5	-19	-20	0	2
A7	-21	-20	-7	-21	-22	-2	0

Normalização (Função de Preferência) - Critério 7							
Alternativas	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7
A1	0	0	1	0	0	1	1
A2	0	0	1	0	0	1	1
A3	0	0	0	0	0	0	0,4

A4	0	0	1	0	0	1	1
A5	0	0	1	0	0	1	1
A6	0	0	0	0	0	0	0
A7	0	0	0	0	0	0	0

Ponderando - Critério 7							
Alternativas	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7
A1	0	0	0,07452	0	0	0,0828	0,0828
A2	0	0	0,06624	0	0	0,0828	0,0828
A3	0	0	0	0	0	0	0,01656
A4	0	0	0,07452	0	0	0,0828	0,0828
A5	0	0	0,0828	0	0	0,0828	0,0828
A6	0	0	0	0	0	0	0
A7	0	0	0	0	0	0	0

CRITÉRIO 8

Comparação Par a Par - Critério 8							
Alternativas	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7
A1	0	1	0	1	-1	12	17
A2	-1	0	-1	0	-2	11	16
A3	0	1	0	1	-1	12	17
A4	-1	0	-1	0	-2	11	16
A5	1	2	1	2	0	13	18
A6	-12	-11	-12	-11	-13	0	5
A7	-17	-16	-17	-16	-18	-5	0

Normalização (Função de Preferência) - Critério 8							
Alternativas	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7
A1	0	0	0	0	0	1	1
A2	0	0	0	0	0	1	1
A3	0	0	0	0	0	1	1
A4	0	0	0	0	0	1	1
A5	0	0	0	0	0	1	1
A6	0	0	0	0	0	0	1
A7	0	0	0	0	0	0	0

Ponderando - Critério 8							
Alternativas	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7
A1	0	0	0	0	0	0,113615	0,1477
A2	0	0	0	0	0	0,102254	0,1477
A3	0	0	0	0	0	0,113615	0,1477
A4	0	0	0	0	0	0,102254	0,1477
A5	0	0	0	0	0	0,124977	0,1477
A6	0	0	0	0	0	0	0,034085
A7	0	0	0	0	0	0	0

CRITÉRIO 9

Comparação Par a Par - Critério 9							
Alternativas	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7
A1	0	-1	-7	1	-4	-11	-3
A2	1	0	-6	2	-3	-10	-2
A3	7	6	0	8	3	-4	4
A4	-1	-2	-8	0	-5	-12	-4
A5	4	3	-3	5	0	-7	1
A6	11	10	4	12	7	0	8
A7	3	2	-4	4	-1	-8	0

Normalização (Função de Preferência) - Critério 9							
Alternativas	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7
A1	0	0	0	0	0	0	0
A2	0	0	0	0	0	0	0
A3	1	1	0	1	0,333333	0	0,666667
A4	0	0	0	0	0	0	0
A5	0,666667	0,333333	0	1	0	0	0
A6	1	1	0,666667	1	1	0	1
A7	0,333333	0	0	0,666667	0	0	0

Ponderando - Critério 9							
Alternativas	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7
A1	0	0	0	0	0	0	0
A2	0	0	0	0	0	0	0
A3	0,0123	0,0123	0	0,0123	0,0041	0	0,0082
A4	0	0	0	0	0	0	0
A5	0,0082	0,0041	0	0,0123	0	0	0
A6	0,0123	0,0123	0,0082	0,0123	0,0123	0	0,0123
A7	0,0041	0	0	0,0082	0	0	0

FLUXOS DE REDE E HIERARQUIA

Líquido	Geral								Positivo
		A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	
-0,0183	A1	0,0000	0,0000	0,1007	0,2092	0,1106	0,5649	0,2305	0,2026
0,0167	A2	0,0387	0,0000	0,0924	0,2092	0,1106	0,5535	0,3356	0,2233
-0,0816	A3	0,0510	0,0123	0,0000	0,1953	0,1147	0,4559	0,2775	0,1845
-0,1016	A4	0,2032	0,2032	0,2777	0,0000	0,0000	0,5307	0,2305	0,2409
0,4526	A5	0,5560	0,5519	0,6568	0,5661	0,0000	0,8121	0,2608	0,5673
-0,5575	A6	0,0123	0,0123	0,0082	0,1650	0,0123	0,0000	0,0464	0,0427
0,2897	A7	0,4643	0,4602	0,4602	0,7103	0,3400	0,6846	0,0000	0,5199
	Negativo	0,2209	0,2067	0,2660	0,3425	0,1147	0,6003	0,2302	

RESULTADO FINAL

Hierarquia	Alternativas	Negativo	Positivo	Líquido
1°	A5	0,5673	0,1147	0,4526
2°	A7	0,5199	0,2302	0,2897
3°	A2	0,2233	0,2067	0,0167
4°	A1	0,2026	0,2209	-0,0183
5°	A3	0,1845	0,2660	-0,0816
6°	A4	0,2409	0,3425	-0,1016
7°	A6	0,0427	0,6003	-0,5575

Figura 19 - Aplicação do método no Cenário 4

CENÁRIO 4: ALTO PIRANHAS									
Matriz de avaliação									
Alternativas	CSC01	CSC02	CSC03	CSE01	CSE02	CSE03	CTN01	CTN02	CFA01
A1	2,5	-5	-5	-1705	-415	0	86	91	-14
A2	2,5	-5	-5	-1570	-415	0	85	90	-13
A3	2,5	-5	-5	-1570	-415	-2,5	72	91	-7
A4	0	-2,5	-7,5	-3050	-475	-2,5	86	90	-15
A5	2,5	-2,5	-2,5	-2085	-15	0	87	92	-10
A6	2,5	-5	-7,5	-2165	-700	-2,5	67	79	-3
A7	2,5	0	-5	-1765	-100	5	65	74	-11
Limites de Preferência							Pesos		
CSC01	CSC02	CSC03	CSE01		CSE02		CSC01	0,1477	
Qualitativo	Qualitativo	Qualitativo	Quantitativo		Quantitativo		CSC02	0,3143	
p	p	p	q	p	q	p	CSC03	0,0828	
2,5	2,5	2,5	100	200	70	200	CSE01	0,1106	
CSE03	CTN01		CTN02		CFA01		CSE02	0,0421	
Qualitativo	Quantitativo		Quantitativo		Quantitativo		CSE03	0,2032	
p	q	p	q	p	q	p	CTN01	0,0262	
2,5	5	10	2	5	2	5	CTN02	0,0606	
							CFA01	0,0123	
CRITÉRIO 1									
Comparação Par a Par - Critério 1									
Alternativas	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7		
A1	0	0	0	2,5	0	0	0		
A2	0	0	0	2,5	0	0	0		
A3	0	0	0	2,5	0	0	0		
A4	-2,5	-2,5	-2,5	0	-2,5	-2,5	-2,5		
A5	0	0	0	2,5	0	0	0		
A6	0	0	0	2,5	0	0	0		
A7	0	0	0	2,5	0	0	0		
Normalização (Função de Preferência) - Critério 1									
Alternativas	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7		
A1	0	0	0	1	0	0	0		
A2	0	0	0	1	0	0	0		
A3	0	0	0	1	0	0	0		
A4	0	0	0	0	0	0	0		
A5	0	0	0	1	0	0	0		
A6	0	0	0	1	0	0	0		
A7	0	0	0	1	0	0	0		
Ponderando - Critério 1									
Alternativas	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7		
A1	0	0	0	0,1477	0	0	0		
A2	0	0	0	0,1477	0	0	0		
A3	0	0	0	0,1477	0	0	0		
A4	0	0	0	0	0	0	0		
A5	0	0	0	0,1477	0	0	0		
A6	0	0	0	0,1477	0	0	0		
A7	0	0	0	0,1477	0	0	0		
CRITÉRIO 2									
Comparação Par a Par - Critério 2									
Alternativas	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7		
A1	0	0	0	-2,5	-2,5	0	-5		
A2	0	0	0	-2,5	-2,5	0	-5		
A3	0	0	0	-2,5	-2,5	0	-5		
A4	2,5	2,5	2,5	0	0	2,5	-2,5		
A5	2,5	2,5	2,5	0	0	2,5	-2,5		
A6	0	0	0	-2,5	-2,5	0	-5		

67	A7	5	5	5	2,5	2,5	5	0
----	----	---	---	---	-----	-----	---	---

68

69 **Normalização (Função de Preferência) - Critério 2**

Alternativas	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7
70	A1	0	0	0	0	0	0
71	A2	0	0	0	0	0	0
72	A3	0	0	0	0	0	0
73	A4	1	1	1	0	0	1
74	A5	1	1	1	0	0	1
75	A6	0	0	0	0	0	0
76	A7	1	1	1	1	1	1
77							

78

79 **Ponderando - Critério 2**

Alternativas	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7
80	A1	0	0	0	0	0	0
81	A2	0	0	0	0	0	0
82	A3	0	0	0	0	0	0
83	A4	0,3143	0,3143	0,3143	0	0	0,3143
84	A5	0,3143	0,3143	0,3143	0	0	0,3143
85	A6	0	0	0	0	0	0
86	A7	0,3143	0,3143	0,3143	0,3143	0,3143	0,3143
87							

88

89 **CRITÉRIO 3**

90 **Comparação Par a Par - Critério 3**

Alternativas	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7
91	A1	0	0	0	2,5	-2,5	2,5
92	A2	0	0	0	2,5	-2,5	2,5
93	A3	0	0	0	2,5	-2,5	2,5
94	A4	-2,5	-2,5	-2,5	0	-5	0
95	A5	2,5	2,5	2,5	5	0	5
96	A6	-2,5	-2,5	-2,5	0	-5	0
97	A7	0	0	0	2,5	-2,5	2,5
98							
99							

100

101 **Normalização (Função de Preferência) - Critério 3**

Alternativas	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7
102	A1	0	0	0	0,5	0	0,5
103	A2	0	0	0	0,5	0	0,5
104	A3	0	0	0	0,5	0	0,5
105	A4	0	0	0	0	0	0
106	A5	0,5	0,5	0,5	1	0	1
107	A6	0	0	0	0	0	0
108	A7	0	0	0	0,5	0	0,5
109							

110

111 **Ponderando - Critério 3**

Alternativas	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7
112	A1	0	0	0	0,0414	0	0,0414
113	A2	0	0	0	0,0414	0	0,0414
114	A3	0	0	0	0,0414	0	0,0414
115	A4	0	0	0	0	0	0
116	A5	0,0414	0,0414	0,0414	0,0828	0	0,0828
117	A6	0	0	0	0	0	0
118	A7	0	0	0	0,0414	0	0,0414
119							

120

121 **CRITÉRIO 4**

122 **Comparação Par a Par - Critério 4**

Alternativas	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7
123	A1	0	-135	-135	1345	380	460
124	A2	135	0	0	1480	515	595
125	A3	135	0	0	1480	515	595
126	A4	-1345	-1480	-1480	0	-965	-885
127	A5	-380	-515	-515	965	0	80
128							
129							

130	A6	-460	-595	-595	885	-80	0	-400
131	A7	-60	-195	-195	1285	320	400	0

132

Normalização (Função de Preferência) - Critério 4								
Alternativas	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	
134	A1	0	0	0	1	1	1	0
135	A2	0,35	0	0	1	1	1	0,95
136	A3	0,35	0	0	1	1	1	0,95
137	A4	0	0	0	0	0	0	0
138	A5	0	0	0	1	0	0	0
139	A6	0	0	0	1	0	0	0
140	A7	0	0	0	1	1	1	0

141

Ponderando - Critério 4								
Alternativas	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	
143	A1	0	0	0	0,1106	0,1106	0,1106	0
144	A2	0,03871	0	0	0,1106	0,1106	0,1106	0,10507
145	A3	0,03871	0	0	0,1106	0,1106	0,1106	0,10507
146	A4	0	0	0	0	0	0	0
147	A5	0	0	0	0,1106	0	0	0
148	A6	0	0	0	0,1106	0	0	0
149	A7	0	0	0	0,1106	0,1106	0,1106	0

150

CRITÉRIO 5

151

Comparação Par a Par - Critério 5								
Alternativas	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	
152	A1	0	0	0	60	-400	285	-315
153	A2	0	0	0	60	-400	285	-315
154	A3	0	0	0	60	-400	285	-315
155	A4	-60	-60	-60	0	-460	225	-375
156	A5	400	400	400	460	0	685	85
157	A6	-285	-285	-285	-225	-685	0	-600
158	A7	315	315	315	375	-85	600	0

163

Normalização (Função de Preferência) - Critério 5								
Alternativas	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	
164	A1	0	0	0	0	0,640625	0	
165	A2	0	0	0	0	0,640625	0	
166	A3	0	0	0	0	0,640625	0	
167	A4	0	0	0	0	0,453125	0	
168	A5	1	1	1	1	0	1	
169	A4	-1	0	-1	0	-2	11	16
170	A5	1	2	1	2	0	13	18
171	A6	-12	-11	-12	-11	-13	0	5
172	A7	-17	-16	-17	-16	-18	-5	0

256

Normalização (Função de Preferência) - Critério 8							
Alternativas	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7
257	A1	0	0	0	0	0,769231	1
258	A2	0	0	0	0	0,692308	1
259	A3	0	0	0	0	0,769231	1
260	A4	0	0	0	0	0,692308	1
261	A5	0	0	0	0	0,846154	1
262	A6	0	0	0	0	0	0,230769
263	A7	0	0	0	0	0	0

268

Ponderando - Critério 8							
Alternativas	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7
269	A1	0	0	0	0	0,046615	0,0606
270	A2	0	0	0	0	0,041954	0,0606
271	A3	0	0	0	0	0,046615	0,0606
272	A4	0	0	0	0	0,041954	0,0606

274

A5	0	0	2,5	2,5	0	2,5	-5
A6	-2,5	-2,5	0	0	-2,5	0	-7,5
A7	5	5	7,5	7,5	5	7,5	0

Normalização (Função de Preferência) - Critério 6

Alternativas	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7
A1	0	0	1	1	0	1	0
A2	0	0	1	1	0	1	0
A3	0	0	0	0	0	0	0
A4	0	0	0	0	0	0	0
A5	0	0	1	1	0	1	0
A6	0	0	0	0	0	0	0
A7	1	1	1	1	1	1	0

Ponderando - Critério 6

Alternativas	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7
A1	0	0	0,2032	0,2032	0	0,2032	0
A2	0	0	0,2032	0,2032	0	0,2032	0
A3	0	0	0	0	0	0	0
A4	0	0	0	0	0	0	0
A5	0	0	0,2032	0,2032	0	0,2032	0
A6	0	0	0	0	0	0	0
A7	0,2032	0,2032	0,2032	0,2032	0,2032	0,2032	0

CRITÉRIO 7

Comparação Par a Par - Critério 7

Alternativas	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7
A1	0	1	14	0	-1	19	21
A2	-1	0	13	-1	-2	18	20
A3	-14	-13	0	-14	-15	5	7
A4	0	1	14	0	-1	19	21
A5	1	2	15	1	0	20	22
A6	-19	-18	-5	-19	-20	0	2
A7	-21	-20	-7	-21	-22	-2	0

Normalização (Função de Preferência) - Critério 7

Alternativas	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7
A1	0	0	0,9	0	0	1	1
A2	0	0	0,8	0	0	1	1
A3	0	0	0	0	0	0	0,2
A4	0	0	0,9	0	0	1	1
A5	0	0	1	0	0	1	1
A6	0	0	0	0	0	0	0
A7	0	0	0	0	0	0	0

Ponderando - Critério 7

Alternativas	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7
A1	0	0	0,02358	0	0	0,0262	0,0262
A2	0	0	0,02096	0	0	0,0262	0,0262
A3	0	0	0	0	0	0	0,00524
A4	0	0	0,02358	0	0	0,0262	0,0262
A5	0	0	0,0262	0	0	0,0262	0,0262
A6	0	0	0	0	0	0	0
A7	0	0	0	0	0	0	0

CRITÉRIO 8

Comparação Par a Par - Critério 8

Alternativas	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7
A1	0	1	0	1	-1	12	17
A2	-1	0	-1	0	-2	11	16
A3	0	1	0	1	-1	12	17

A4	-1	0	-1	0	-2	11	16
A5	1	2	1	2	0	13	18
A6	-12	-11	-12	-11	-13	0	5
A7	-17	-16	-17	-16	-18	-5	0

Normalização (Função de Preferência) - Critério 8							
Alternativas	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7
A1	0	0	0	0	0	0,769231	1
A2	0	0	0	0	0	0,692308	1
A3	0	0	0	0	0	0,769231	1
A4	0	0	0	0	0	0,692308	1
A5	0	0	0	0	0	0,846154	1
A6	0	0	0	0	0	0	0,230769
A7	0	0	0	0	0	0	0

Ponderando - Critério 8							
Alternativas	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7
A1	0	0	0	0	0	0,046615	0,0606
A2	0	0	0	0	0	0,041954	0,0606
A3	0	0	0	0	0	0,046615	0,0606
A4	0	0	0	0	0	0,041954	0,0606
A5	0	0	0	0	0	0,051277	0,0606
A6	0	0	0	0	0	0	0,013985
A7	0	0	0	0	0	0	0

CRITÉRIO 9

Comparação Par a Par - Critério 9							
Alternativas	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7
A1	0	-1	-7	1	-4	-11	-3
A2	1	0	-6	2	-3	-10	-2
A3	7	6	0	8	3	-4	4
A4	-1	-2	-8	0	-5	-12	-4
A5	4	3	-3	5	0	-7	1
A6	11	10	4	12	7	0	8
A7	3	2	-4	4	-1	-8	0

Normalização (Função de Preferência) - Critério 9							
Alternativas	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7
A1	0	0	0	0	0	0	0
A2	0	0	0	0	0	0	0
A3	1	1	0	1	0,333333	0	0,666667
A4	0	0	0	0	0	0	0
A5	0,666667	0,333333	0	1	0	0	0
A6	1	1	0,666667	1	1	0	1
A7	0,333333	0	0	0,666667	0	0	0

Ponderando - Critério 9							
Alternativas	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7
A1	0	0	0	0	0	0	0
A2	0	0	0	0	0	0	0
A3	0,0123	0,0123	0	0,0123	0,0041	0	0,0082
A4	0	0	0	0	0	0	0
A5	0,0082	0,0041	0	0,0123	0	0	0
A6	0,0123	0,0123	0,0082	0,0123	0,0123	0	0,0123
A7	0,0041	0	0	0,0082	0	0	0

FLUXOS DE REDE E HIERARQUIA

Líquido	Geral							Positivo	
	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7		
0,0012	A1	0,0000	0,0000	0,2268	0,5029	0,1106	0,4550	0,0868	0,2303
0,0382	A2	0,0387	0,0000	0,2242	0,5029	0,1106	0,4503	0,1919	0,2531
-0,1797	A3	0,0510	0,0123	0,0000	0,3120	0,1147	0,2256	0,1791	0,1491
-0,2661	A4	0,3143	0,3143	0,3379	0,0000	0,0000	0,4015	0,0868	0,2425
0,3176	A5	0,4060	0,4019	0,6272	0,5987	0,0000	0,7199	0,1282	0,4803
-0,4370	A6	0,0123	0,0123	0,0082	0,2706	0,0123	0,0000	0,0263	0,0570
0,5257	A7	0,5525	0,5484	0,5484	0,8642	0,6281	0,7116	0,0000	0,6422
	Negativo	0,2291	0,2149	0,3288	0,5086	0,1627	0,4940	0,1165	

RESULTADO FINAL	Hierarquia	Alternativas	Negativo	Positivo	Líquido
	1°	A7	0,6422	0,1165	0,5257
	2°	A5	0,4803	0,1627	0,3176
	3°	A2	0,2531	0,2149	0,0382
	4°	A1	0,2303	0,2291	0,0012
	5°	A3	0,1491	0,3288	-0,1797
	6°	A4	0,2425	0,5086	-0,2661
	7°	A6	0,0570	0,4940	-0,4370

Figura 20 - Aplicação do método no Cenário 5

CENÁRIO 5: BORBOREMA

Matriz de avaliação									
Alternativas	CSC01	CSC02	CSC03	CSE01	CSE02	CSE03	CTN01	CTN02	CFA01
A1	2,5	-5	-5	-1705	-415	0	86	91	-14
A2	2,5	-5	-5	-1570	-415	0	85	90	-13
A3	2,5	-5	-5	-1570	-415	-2,5	72	91	-7
A4	0	-2,5	-7,5	-3050	-475	-2,5	86	90	-15
A5	2,5	-2,5	-2,5	-2085	-15	0	87	92	-10
A6	2,5	-5	-7,5	-2165	-700	-2,5	67	79	-3
A7	2,5	0	-5	-1765	-100	5	65	74	-11

Limites de Preferência							Pesos	
							CSC01	0,1106
CSC01	CSC02	CSC03	CSE01		CSE02		CSC02	0,1477
Qualitativo	Qualitativo	Qualitativo	Quantitativo		Quantitativo		CSC03	0,0262
p	p	p	q	p	q	p	CSE01	0,3143
2,5	2,5	2,5	100	200	70	200	CSE02	0,0606
CSE03	CTN01		CTN02		CFA01		CSE03	0,0421
Qualitativo	Quantitativo		Quantitativo		Quantitativo		CTN01	0,0828
p	q	p	q	p	q	p	CTN02	0,2032
2,5	5	10	2	5	2	5	CFA01	0,0123

CRITÉRIO 1

Comparação Par a Par - Critério 1							
Alternativas	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7
A1	0	0	0	2,5	0	0	0
A2	0	0	0	2,5	0	0	0
A3	0	0	0	2,5	0	0	0
A4	-2,5	-2,5	-2,5	0	-2,5	-2,5	-2,5
A5	0	0	0	2,5	0	0	0
A6	0	0	0	2,5	0	0	0
A7	0	0	0	2,5	0	0	0

Normalização (Função de Preferência) - Critério 1							
Alternativas	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7
A1	0	0	0	1	0	0	0
A2	0	0	0	1	0	0	0
A3	0	0	0	1	0	0	0
A4	0	0	0	0	0	0	0
A5	0	0	0	1	0	0	0
A6	0	0	0	1	0	0	0
A7	0	0	0	1	0	0	0

Ponderando - Critério 1							
Alternativas	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7
A1	0	0	0	0,1106	0	0	0
A2	0	0	0	0,1106	0	0	0
A3	0	0	0	0,1106	0	0	0
A4	0	0	0	0	0	0	0
A5	0	0	0	0,1106	0	0	0
A6	0	0	0	0,1106	0	0	0
A7	0	0	0	0,1106	0	0	0

56
57
58
59
60
61
62
63
64
65
66
67
68
69
70
71
72
73
74
75
76
77
78
79
80
81
82
83
84
85
86
87
88
89
90
91
92
93
94
95
96
97
98
99
100
101
102
103
104
105
106
107
108
109
110
111
112
113
114
115
116
117
118
119
120

CRITÉRIO 2

Comparação Par a Par - Critério 2

Alternativas	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7
A1	0	0	0	-2,5	-2,5	0	-5
A2	0	0	0	-2,5	-2,5	0	-5
A3	0	0	0	-2,5	-2,5	0	-5
A4	2,5	2,5	2,5	0	0	2,5	-2,5
A5	2,5	2,5	2,5	0	0	2,5	-2,5
A6	0	0	0	-2,5	-2,5	0	-5
A7	5	5	5	2,5	2,5	5	0

Normalização (Função de Preferência) - Critério 2

Alternativas	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7
A1	0	0	0	0	0	0	0
A2	0	0	0	0	0	0	0
A3	0	0	0	0	0	0	0
A4	1	1	1	0	0	1	0
A5	1	1	1	0	0	1	0
A6	0	0	0	0	0	0	0
A7	1	1	1	1	1	1	0

Ponderando - Critério 2

Alternativas	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7
A1	0	0	0	0	0	0	0
A2	0	0	0	0	0	0	0
A3	0	0	0	0	0	0	0
A4	0,1477	0,1477	0,1477	0	0	0,1477	0
A5	0,1477	0,1477	0,1477	0	0	0,1477	0
A6	0	0	0	0	0	0	0
A7	0,1477	0,1477	0,1477	0,1477	0,1477	0,1477	0

CRITÉRIO 3

Comparação Par a Par - Critério 3

Alternativas	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7
A1	0	0	0	2,5	-2,5	2,5	0
A2	0	0	0	2,5	-2,5	2,5	0
A3	0	0	0	2,5	-2,5	2,5	0
A4	-2,5	-2,5	-2,5	0	-5	0	-2,5
A5	2,5	2,5	2,5	5	0	5	2,5
A6	-2,5	-2,5	-2,5	0	-5	0	-2,5
A7	0	0	0	2,5	-2,5	2,5	0

Normalização (Função de Preferência) - Critério 3

Alternativas	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7
A1	0	0	0	0,5	0	0,5	0
A2	0	0	0	0,5	0	0,5	0
A3	0	0	0	0,5	0	0,5	0
A4	0	0	0	0	0	0	0
A5	0,5	0,5	0,5	1	0	1	0,5
A6	0	0	0	0	0	0	0
A7	0	0	0	0,5	0	0,5	0

Ponderando - Critério 3

Alternativas	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7
A1	0	0	0	0,0131	0	0,0131	0
A2	0	0	0	0,0131	0	0,0131	0
A3	0	0	0	0,0131	0	0,0131	0
A4	0	0	0	0	0	0	0
A5	0,0131	0,0131	0,0131	0,0262	0	0,0262	0,0131
A6	0	0	0	0	0	0	0
A7	0	0	0	0,0131	0	0,0131	0

120
121
122
123
124
125
126
127
128
129
130
131
132
133
134
135
136
137
138
139
140
141
142
143
144
145
146
147
148
149
150
151
152
153
154
155
156
157
158
159
160
161
162
163
164
165
166
167
168
169
170
171
172
173
174
175
176
177
178
179
180
181
182
183

CRITÉRIO 4

Comparação Par a Par - Critério 4							
Alternativas	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7
A1	0	-135	-135	1345	380	460	60
A2	135	0	0	1480	515	595	195
A3	135	0	0	1480	515	595	195
A4	-1345	-1480	-1480	0	-965	-885	-1285
A5	-380	-515	-515	965	0	80	-320
A6	-460	-595	-595	885	-80	0	-400
A7	-60	-195	-195	1285	320	400	0

Normalização (Função de Preferência) - Critério 4							
Alternativas	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7
A1	0	0	0	1	1	1	0
A2	0,35	0	0	1	1	1	0,95
A3	0,35	0	0	1	1	1	0,95
A4	0	0	0	0	0	0	0
A5	0	0	0	1	0	0	0
A6	0	0	0	1	0	0	0
A7	0	0	0	1	1	1	0

Ponderando - Critério 4							
Alternativas	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7
A1	0	0	0	0,3143	0,3143	0,3143	0
A2	0,110005	0	0	0,3143	0,3143	0,3143	0,298585
A3	0,110005	0	0	0,3143	0,3143	0,3143	0,298585
A4	0	0	0	0	0	0	0
A5	0	0	0	0,3143	0	0	0
A6	0	0	0	0,3143	0	0	0
A7	0	0	0	0,3143	0,3143	0,3143	0

CRITÉRIO 5

Comparação Par a Par - Critério 5							
Alternativas	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7
A1	0	0	0	60	-400	285	-315
A2	0	0	0	60	-400	285	-315
A3	0	0	0	60	-400	285	-315
A4	-60	-60	-60	0	-460	225	-375
A5	400	400	400	460	0	685	85
A6	-285	-285	-285	-225	-685	0	-600
A7	315	315	315	375	-85	600	0

Normalização (Função de Preferência) - Critério 5							
Alternativas	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7
A1	0	0	0	0	0	0,640625	0
A2	0	0	0	0	0	0,640625	0
A3	0	0	0	0	0	0,640625	0
A4	0	0	0	0	0	0,453125	0
A5	1	1	1	1	0	1	0
A6	0	0	0	0	0	0	0
A7	0,734375	0,734375	0,734375	0,921875	0	1	0

Ponderando - Critério 5							
Alternativas	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7
A1	0	0	0	0	0	0,038822	0
A2	0	0	0	0	0	0,038822	0
A3	0	0	0	0	0	0,038822	0
A4	0	0	0	0	0	0,027459	0
A5	0,0606	0,0606	0,0606	0,0606	0	0,0606	0
A6	0	0	0	0	0	0	0
A7	0,044503	0,044503	0,044503	0,055866	0	0,0606	0

185
186
187
188
189
190
191
192
193
194
195
196
197
198
199
200
201
202
203
204
205
206
207
208
209
210
211
212
213
214
215
216
217
218
219
220
221
222
223
224
225
226
227
228
229
230
231
232
233
234
235
236
237
238
239
240
241
242
243
244
245
246
247

CRITÉRIO 6

Comparação Par a Par - Critério 6							
Alternativas	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7
A1	0	0	2,5	2,5	0	2,5	-5
A2	0	0	2,5	2,5	0	2,5	-5
A3	-2,5	-2,5	0	0	-2,5	0	-7,5
A4	-2,5	-2,5	0	0	-2,5	0	-7,5
A5	0	0	2,5	2,5	0	2,5	-5
A6	-2,5	-2,5	0	0	-2,5	0	-7,5
A7	5	5	7,5	7,5	5	7,5	0

Normalização (Função de Preferência) - Critério 6							
Alternativas	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7
A1	0	0	1	1	0	1	0
A2	0	0	1	1	0	1	0
A3	0	0	0	0	0	0	0
A4	0	0	0	0	0	0	0
A5	0	0	1	1	0	1	0
A6	0	0	0	0	0	0	0
A7	1	1	1	1	1	1	0

Ponderando - Critério 6							
Alternativas	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7
A1	0	0	0,0421	0,0421	0	0,0421	0
A2	0	0	0,0421	0,0421	0	0,0421	0
A3	0	0	0	0	0	0	0
A4	0	0	0	0	0	0	0
A5	0	0	0,0421	0,0421	0	0,0421	0
A6	0	0	0	0	0	0	0
A7	0,0421	0,0421	0,0421	0,0421	0,0421	0,0421	0

CRITÉRIO 7

Comparação Par a Par - Critério 7							
Alternativas	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7
A1	0	1	14	0	-1	19	21
A2	-1	0	13	-1	-2	18	20
A3	-14	-13	0	-14	-15	5	7
A4	0	1	14	0	-1	19	21
A5	1	2	15	1	0	20	22
A6	-19	-18	-5	-19	-20	0	2
A7	-21	-20	-7	-21	-22	-2	0

Normalização (Função de Preferência) - Critério 7							
Alternativas	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7
A1	0	0	0,9	0	0	1	1
A2	0	0	0,8	0	0	1	1
A3	0	0	0	0	0	0	0,2
A4	0	0	0,9	0	0	1	1
A5	0	0	1	0	0	1	1
A6	0	0	0	0	0	0	0
A7	0	0	0	0	0	0	0

Ponderando - Critério 7							
Alternativas	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7
A1	0	0	0,07452	0	0	0,0828	0,0828
A2	0	0	0,06624	0	0	0,0828	0,0828
A3	0	0	0	0	0	0	0,01656
A4	0	0	0,07452	0	0	0,0828	0,0828
A5	0	0	0,0828	0	0	0,0828	0,0828
A6	0	0	0	0	0	0	0
A7	0	0	0	0	0	0	0

248
249
250
251
252
253
254
255
256
257
258
259
260
261
262
263
264
265
266
267
268
269
270
271
272
273
274
275
276
277
278
279
280
281
282
283
284
285
286
287
288
289
290
291
292
293
294
295
296
297
298
299
300
301
302
303
304
305
306
307
308
309
310
311

CRITÉRIO 8

Comparação Par a Par - Critério 8							
Alternativas	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7
A1	0	1	0	1	-1	12	17
A2	-1	0	-1	0	-2	11	16
A3	0	1	0	1	-1	12	17
A4	-1	0	-1	0	-2	11	16
A5	1	2	1	2	0	13	18
A6	-12	-11	-12	-11	-13	0	5
A7	-17	-16	-17	-16	-18	-5	0

Normalização (Função de Preferência) - Critério 8							
Alternativas	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7
A1	0	0	0	0	0	0,769231	1
A2	0	0	0	0	0	0,692308	1
A3	0	0	0	0	0	0,769231	1
A4	0	0	0	0	0	0,692308	1
A5	0	0	0	0	0	0,846154	1
A6	0	0	0	0	0	0	0,230769
A7	0	0	0	0	0	0	0

Ponderando - Critério 8							
Alternativas	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7
A1	0	0	0	0	0	0,156308	0,2032
A2	0	0	0	0	0	0,140677	0,2032
A3	0	0	0	0	0	0,156308	0,2032
A4	0	0	0	0	0	0,140677	0,2032
A5	0	0	0	0	0	0,171938	0,2032
A6	0	0	0	0	0	0	0,046892
A7	0	0	0	0	0	0	0

CRITÉRIO 9

Comparação Par a Par - Critério 9							
Alternativas	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7
A1	0	-1	-7	1	-4	-11	-3
A2	1	0	-6	2	-3	-10	-2
A3	7	6	0	8	3	-4	4
A4	-1	-2	-8	0	-5	-12	-4
A5	4	3	-3	5	0	-7	1
A6	11	10	4	12	7	0	8
A7	3	2	-4	4	-1	-8	0

Normalização (Função de Preferência) - Critério 9							
Alternativas	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7
A1	0	0	0	0	0	0	0
A2	0	0	0	0	0	0	0
A3	1	1	0	1	0,333333	0	0,666667
A4	0	0	0	0	0	0	0
A5	0,666667	0,333333	0	1	0	0	0
A6	1	1	0,666667	1	1	0	1
A7	0,333333	0	0	0,666667	0	0	0

Ponderando - Critério 9							
Alternativas	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7
A1	0	0	0	0	0	0	0
A2	0	0	0	0	0	0	0
A3	0,0123	0,0123	0	0,0123	0,0041	0	0,0082
A4	0	0	0	0	0	0	0
A5	0,0082	0,0041	0	0,0123	0	0	0
A6	0,0123	0,0123	0,0082	0,0123	0,0123	0	0,0123
A7	0,0041	0	0	0,0082	0	0	0

FLUXOS DE REDE E HIERARQUIA

Líquido	Geral								Positivo
		A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	
0,1640	A1	0,0000	0,0000	0,1166	0,4801	0,3143	0,6474	0,2860	0,3074
0,2662	A2	0,1100	0,0000	0,1083	0,4801	0,3143	0,6318	0,5846	0,3715
0,1527	A3	0,1223	0,0123	0,0000	0,4503	0,3184	0,5225	0,5265	0,3254
-0,3172	A4	0,1477	0,1477	0,2222	0,0000	0,0000	0,3986	0,2860	0,2004
0,1224	A5	0,2296	0,2255	0,3463	0,5661	0,0000	0,5313	0,2991	0,3663
-0,4613	A6	0,0123	0,0123	0,0082	0,4372	0,0123	0,0000	0,0592	0,0902
0,0732	A7	0,2384	0,2343	0,2343	0,6919	0,5041	0,5778	0,0000	0,4135
	Negativo	0,1434	0,1054	0,1727	0,5176	0,2439	0,5516	0,3402	

RESULTADO FINAL	Hierarquia	Alternativas	Negativo	Positivo	Líquido
	1*	A2	0,3715	0,1054	0,2662
	2*	A1	0,3074	0,1434	0,1640
	3*	A3	0,3254	0,1727	0,1527
	4*	A5	0,3663	0,2439	0,1224
	5*	A7	0,4135	0,3402	0,0732
	6*	A4	0,2004	0,5176	-0,3172
	7*	A6	0,0902	0,5516	-0,4613

Figura 21 - Aplicação do método no Cenário 6

CENÁRIO 5: BORBOREMA

Matriz de avaliação									
Alternativas	CSC01	CSC02	CSC03	CSE01	CSE02	CSE03	CTN01	CTN02	CFA01
A1	2,5	-5	-5	-1705	-415	0	86	91	-14
A2	2,5	-5	-5	-1570	-415	0	85	90	-13
A3	2,5	-5	-5	-1570	-415	-2,5	72	91	-7
A4	0	-2,5	-7,5	-3050	-475	-2,5	86	90	-15
A5	2,5	-2,5	-2,5	-2085	-15	0	87	92	-10
A6	2,5	-5	-7,5	-2165	-700	-2,5	67	79	-3
A7	2,5	0	-5	-1765	-100	5	65	74	-11

Limites de Preferência							Pesos	
CSC01	CSC02	CSC03	CSE01		CSE02		CSC01	0,1106
Qualitativo	Qualitativo	Qualitativo	Quantitativo		Quantitativo		CSC02	0,1477
p	p	p	q	p	q	p	CSC03	0,0262
2,5	2,5	2,5	100	200	70	200	CSE01	0,3143
CSE03	CTN01	CTN02		CFA01			CSE03	0,0421
Qualitativo	Quantitativo	Quantitativo		Quantitativo			CTN01	0,0828
p	q	p	q	p	q	p	CTN02	0,2032
2,5	5	10	2	5	2	5	CFA01	0,0123

CRITÉRIO 1

Comparação Par a Par - Critério 1							
Alternativas	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7
A1	0	0	0	2,5	0	0	0
A2	0	0	0	2,5	0	0	0
A3	0	0	0	2,5	0	0	0
A4	-2,5	-2,5	-2,5	0	-2,5	-2,5	-2,5
A5	0	0	0	2,5	0	0	0
A6	0	0	0	2,5	0	0	0
A7	0	0	0	2,5	0	0	0

37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60
61
62
63
64
65
66
67
68
69
70
71
72
73
74
75
76
77
78
79
80
81
82
83
84
85
86
87
88
89
90
91
92
93
94
95
96
97
98
99

Normalização (Função de Preferência) - Critério 1							
Alternativas	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7
A1	0	0	0	1	0	0	0
A2	0	0	0	1	0	0	0
A3	0	0	0	1	0	0	0
A4	0	0	0	0	0	0	0
A5	0	0	0	1	0	0	0
A6	0	0	0	1	0	0	0
A7	0	0	0	1	0	0	0

Ponderando - Critério 1							
Alternativas	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7
A1	0	0	0	0,1106	0	0	0
A2	0	0	0	0,1106	0	0	0
A3	0	0	0	0,1106	0	0	0
A4	0	0	0	0	0	0	0
A5	0	0	0	0,1106	0	0	0
A6	0	0	0	0,1106	0	0	0
A7	0	0	0	0,1106	0	0	0

CRITÉRIO 2

Comparação Par a Par - Critério 2							
Alternativas	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7
A1	0	0	0	-2,5	-2,5	0	-5
A2	0	0	0	-2,5	-2,5	0	-5
A3	0	0	0	-2,5	-2,5	0	-5
A4	2,5	2,5	2,5	0	0	2,5	-2,5
A5	2,5	2,5	2,5	0	0	2,5	-2,5
A6	0	0	0	-2,5	-2,5	0	-5
A7	5	5	5	2,5	2,5	5	0

Normalização (Função de Preferência) - Critério 2							
Alternativas	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7
A1	0	0	0	0	0	0	0
A2	0	0	0	0	0	0	0
A3	0	0	0	0	0	0	0
A4	1	1	1	0	0	1	0
A5	1	1	1	0	0	1	0
A6	0	0	0	0	0	0	0
A7	1	1	1	1	1	1	0

Ponderando - Critério 2							
Alternativas	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7
A1	0	0	0	0	0	0	0
A2	0	0	0	0	0	0	0
A3	0	0	0	0	0	0	0
A4	0,1477	0,1477	0,1477	0	0	0,1477	0
A5	0,1477	0,1477	0,1477	0	0	0,1477	0
A6	0	0	0	0	0	0	0
A7	0,1477	0,1477	0,1477	0,1477	0,1477	0,1477	0

CRITÉRIO 3

Comparação Par a Par - Critério 3							
Alternativas	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7
A1	0	0	0	2,5	-2,5	2,5	0
A2	0	0	0	2,5	-2,5	2,5	0
A3	0	0	0	2,5	-2,5	2,5	0
A4	-2,5	-2,5	-2,5	0	-5	0	-2,5
A5	2,5	2,5	2,5	5	0	5	2,5
A6	-2,5	-2,5	-2,5	0	-5	0	-2,5
A7	0	0	0	2,5	-2,5	2,5	0

101
102
103
104
105
106
107
108
109
110
111
112
113
114
115
116
117
118
119
120
121
122
123
124
125
126
127
128
129
130
131
132
133
134
135
136
137
138
139
140
141
142
143
144
145
146
147
148
149
150
151
152
153
154
155
156
157
158
159
160
161
162
163
164

Normalização (Função de Preferência) - Critério 3							
Alternativas	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7
A1	0	0	0	0,5	0	0,5	0
A2	0	0	0	0,5	0	0,5	0
A3	0	0	0	0,5	0	0,5	0
A4	0	0	0	0	0	0	0
A5	0,5	0,5	0,5	1	0	1	0,5
A6	0	0	0	0	0	0	0
A7	0	0	0	0,5	0	0,5	0

Ponderando - Critério 3							
Alternativas	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7
A1	0	0	0	0,0131	0	0,0131	0
A2	0	0	0	0,0131	0	0,0131	0
A3	0	0	0	0,0131	0	0,0131	0
A4	0	0	0	0	0	0	0
A5	0,0131	0,0131	0,0131	0,0262	0	0,0262	0,0131
A6	0	0	0	0	0	0	0
A7	0	0	0	0,0131	0	0,0131	0

CRITÉRIO 4

Comparação Par a Par - Critério 4							
Alternativas	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7
A1	0	-135	-135	1345	380	460	60
A2	135	0	0	1480	515	595	195
A3	135	0	0	1480	515	595	195
A4	-1345	-1480	-1480	0	-965	-885	-1285
A5	-380	-515	-515	965	0	80	-320
A6	-460	-595	-595	885	-80	0	-400
A7	-60	-195	-195	1285	320	400	0

Normalização (Função de Preferência) - Critério 4							
Alternativas	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7
A1	0	0	0	1	1	1	0
A2	0,35	0	0	1	1	1	0,95
A3	0,35	0	0	1	1	1	0,95
A4	0	0	0	0	0	0	0
A5	0	0	0	1	0	0	0
A6	0	0	0	1	0	0	0
A7	0	0	0	1	1	1	0

Ponderando - Critério 4							
Alternativas	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7
A1	0	0	0	0,3143	0,3143	0,3143	0
A2	0,110005	0	0	0,3143	0,3143	0,3143	0,298585
A3	0,110005	0	0	0,3143	0,3143	0,3143	0,298585
A4	0	0	0	0	0	0	0
A5	0	0	0	0,3143	0	0	0
A6	0	0	0	0,3143	0	0	0
A7	0	0	0	0,3143	0,3143	0,3143	0

CRITÉRIO 5

Comparação Par a Par - Critério 5							
Alternativas	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7
A1	0	0	0	60	-400	285	-315
A2	0	0	0	60	-400	285	-315
A3	0	0	0	60	-400	285	-315
A4	-60	-60	-60	0	-460	225	-375
A5	400	400	400	460	0	685	85
A6	-285	-285	-285	-225	-685	0	-600
A7	315	315	315	375	-85	600	0

165
166
167
168
169
170
171
172
173
174
175
176
177
178
179
180
181
182
183
184
185
186
187
188
189
190
191
192
193
194
195
196
197
198
199
200
201
202
203
204
205
206
207
208
209
210
211
212
213
214
215
216
217
218
219
220
221
222
223
224
225
226
227
228
229
230
231
232
233
234
235
236
237
238

Normalização (Função de Preferência) - Critério 5							
Alternativas	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7
A1	0	0	0	0	0	0,640625	0
A2	0	0	0	0	0	0,640625	0
A3	0	0	0	0	0	0,640625	0
A4	0	0	0	0	0	0,453125	0
A5	1	1	1	1	0	1	0
A6	0	0	0	0	0	0	0
A7	0,734375	0,734375	0,734375	0,921875	0	1	0

Ponderando - Critério 5							
Alternativas	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7
A1	0	0	0	0	0	0,038822	0
A2	0	0	0	0	0	0,038822	0
A3	0	0	0	0	0	0,038822	0
A4	0	0	0	0	0	0,027459	0
A5	0,0606	0,0606	0,0606	0,0606	0	0,0606	0
A6	0	0	0	0	0	0	0
A7	0,044503	0,044503	0,044503	0,055866	0	0,0606	0

CRITÉRIO 6

Comparação Par a Par - Critério 6							
Alternativas	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7
A1	0	0	2,5	2,5	0	2,5	-5
A2	0	0	2,5	2,5	0	2,5	-5
A3	-2,5	-2,5	0	0	-2,5	0	-7,5
A4	-2,5	-2,5	0	0	-2,5	0	-7,5
A5	0	0	2,5	2,5	0	2,5	-5
A6	-2,5	-2,5	0	0	-2,5	0	-7,5
A7	5	5	7,5	7,5	5	7,5	0

Normalização (Função de Preferência) - Critério 6							
Alternativas	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7
A1	0	0	1	1	0	1	0
A2	0	0	1	1	0	1	0
A3	0	0	0	0	0	0	0
A4	0	0	0	0	0	0	0
A5	0	0	1	1	0	1	0
A6	0	0	0	0	0	0	0
A7	1	1	1	1	1	1	0

Ponderando - Critério 6							
Alternativas	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7
A1	0	0	0,0421	0,0421	0	0,0421	0
A2	0	0	0,0421	0,0421	0	0,0421	0
A3	0	0	0	0	0	0	0
A4	0	0	0	0	0	0	0
A5	0	0	0,0421	0,0421	0	0,0421	0
A6	0	0	0	0	0	0	0
A7	0,0421	0,0421	0,0421	0,0421	0,0421	0,0421	0

CRITÉRIO 7

Comparação Par a Par - Critério 7							
Alternativas	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7
A1	0	1	14	0	-1	19	21
A2	-1	0	13	-1	-2	18	20
A3	-14	-13	0	-14	-15	5	7
A4	0	1	14	0	-1	19	21
A5	1	2	15	1	0	20	22
A6	-19	-18	-5	-19	-20	0	2
A7	-21	-20	-7	-21	-22	-2	0

Normalização (Função de Preferência) - Critério 7							
Alternativas	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7
A1	0	0	0,9	0	0	1	1
A2	0	0	0,8	0	0	1	1
A3	0	0	0	0	0	0	0,2
A4	0	0	0,9	0	0	1	1
A5	0	0	1	0	0	1	1
A6	0	0	0	0	0	0	0
A7	0	0	0	0	0	0	0

239
240
241
242
243
244
245
246
247
248
249
250
251
252
253
254
255
256
257
258
259
260
261
262
263
264
265
266
267
268
269
270
271
272
273
274
275
276
277
278
279
280
281
282
283
284
285
286
287
288
289
290
291
292
293
294
295
296
297
298
299
300
301

Ponderando - Critério 7							
Alternativas	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7
A1	0	0	0,07452	0	0	0,0828	0,0828
A2	0	0	0,06624	0	0	0,0828	0,0828
A3	0	0	0	0	0	0	0,01656
A4	0	0	0,07452	0	0	0,0828	0,0828
A5	0	0	0,0828	0	0	0,0828	0,0828
A6	0	0	0	0	0	0	0
A7	0	0	0	0	0	0	0

CRITÉRIO 8

Comparação Par a Par - Critério 8							
Alternativas	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7
A1	0	1	0	1	-1	12	17
A2	-1	0	-1	0	-2	11	16
A3	0	1	0	1	-1	12	17
A4	-1	0	-1	0	-2	11	16
A5	1	2	1	2	0	13	18
A6	-12	-11	-12	-11	-13	0	5
A7	-17	-16	-17	-16	-18	-5	0

Normalização (Função de Preferência) - Critério 8							
Alternativas	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7
A1	0	0	0	0	0	0,769231	1
A2	0	0	0	0	0	0,692308	1
A3	0	0	0	0	0	0,769231	1
A4	0	0	0	0	0	0,692308	1
A5	0	0	0	0	0	0,846154	1
A6	0	0	0	0	0	0	0,230769
A7	0	0	0	0	0	0	0

Ponderando - Critério 8							
Alternativas	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7
A1	0	0	0	0	0	0,156308	0,2032
A2	0	0	0	0	0	0,140677	0,2032
A3	0	0	0	0	0	0,156308	0,2032
A4	0	0	0	0	0	0,140677	0,2032
A5	0	0	0	0	0	0,171938	0,2032
A6	0	0	0	0	0	0	0,046892
A7	0	0	0	0	0	0	0

CRITÉRIO 9

Comparação Par a Par - Critério 9							
Alternativas	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7
A1	0	-1	-7	1	-4	-11	-3
A2	1	0	-6	2	-3	-10	-2
A3	7	6	0	8	3	-4	4
A4	-1	-2	-8	0	-5	-12	-4
A5	4	3	-3	5	0	-7	1
A6	11	10	4	12	7	0	8
A7	3	2	-4	4	-1	-8	0

Normalização (Função de Preferência) - Critério 9							
Alternativas	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7
A1	0	0	0	0	0	0	0
A2	0	0	0	0	0	0	0
A3	1	1	0	1	0,333333	0	0,666667
A4	0	0	0	0	0	0	0
A5	0,666667	0,333333	0	1	0	0	0
A6	1	1	0,666667	1	1	0	1
A7	0,333333	0	0	0,666667	0	0	0

89
90
91
92
93
94
95
96
97
98
99
100
101
102
103
104
105
106
107
108
109
110
111
112
113
114
115
116
117
118
119
120
121
122
123
124
125
126
127
128
129
130
131
132
133
134
135
136
137
138
139
140
141
142
143
144
145
146
147
148
149
150
151
152

CRITÉRIO 3

Comparação Par a Par - Critério 3							
Alternativas	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7
A1	0	0	0	2,5	-2,5	2,5	0
A2	0	0	0	2,5	-2,5	2,5	0
A3	0	0	0	2,5	-2,5	2,5	0
A4	-2,5	-2,5	-2,5	0	-5	0	-2,5
A5	2,5	2,5	2,5	5	0	5	2,5
A6	-2,5	-2,5	-2,5	0	-5	0	-2,5
A7	0	0	0	2,5	-2,5	2,5	0

Normalização (Função de Preferência) - Critério 3							
Alternativas	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7
A1	0	0	0	0,5	0	0,5	0
A2	0	0	0	0,5	0	0,5	0
A3	0	0	0	0,5	0	0,5	0
A4	0	0	0	0	0	0	0
A5	0,5	0,5	0,5	1	0	1	0,5
A6	0	0	0	0	0	0	0
A7	0	0	0	0,5	0	0,5	0

Ponderando - Critério 3							
Alternativas	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7
A1	0	0	0	0,0303	0	0,0303	0
A2	0	0	0	0,0303	0	0,0303	0
A3	0	0	0	0,0303	0	0,0303	0
A4	0	0	0	0	0	0	0
A5	0,0303	0,0303	0,0303	0,0606	0	0,0606	0,0303
A6	0	0	0	0	0	0	0
A7	0	0	0	0,0303	0	0,0303	0

CRITÉRIO 4

Comparação Par a Par - Critério 4							
Alternativas	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7
A1	0	-135	-135	1345	380	460	60
A2	135	0	0	1480	515	595	195
A3	135	0	0	1480	515	595	195
A4	-1345	-1480	-1480	0	-965	-885	-1285
A5	-380	-515	-515	965	0	80	-320
A6	-460	-595	-595	885	-80	0	-400
A7	-60	-195	-195	1285	320	400	0

Normalização (Função de Preferência) - Critério 4							
Alternativas	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7
A1	0	0	0	1	1	1	0
A2	0,35	0	0	1	1	1	0,95
A3	0,35	0	0	1	1	1	0,95
A4	0	0	0	0	0	0	0
A5	0	0	0	1	0	0	0
A6	0	0	0	1	0	0	0
A7	0	0	0	1	1	1	0

Ponderando - Critério 4							
Alternativas	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7
A1	0	0	0	0,1106	0,1106	0,1106	0
A2	0,03871	0	0	0,1106	0,1106	0,1106	0,10507
A3	0,03871	0	0	0,1106	0,1106	0,1106	0,10507
A4	0	0	0	0	0	0	0
A5	0	0	0	0,1106	0	0	0
A6	0	0	0	0,1106	0	0	0
A7	0	0	0	0,1106	0,1106	0,1106	0

216
217
218
219
220
221
222
223
224
225
226
227
228
229
230
231
232
233
234
235
236
237
238
239
240
241
242
243
244
245
246
247
248
249
250
251
252
253
254
255
256
257
258
259
260
261
262
263
264
265
266
267
268
269
270
271
272
273
274
275
276
277
278
279
280

CRITÉRIO 7

Comparação Par a Par - Critério 7

Alternativas	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7
A1	0	1	14	0	-1	19	21
A2	-1	0	13	-1	-2	18	20
A3	-14	-13	0	-14	-15	5	7
A4	0	1	14	0	-1	19	21
A5	1	2	15	1	0	20	22
A6	-19	-18	-5	-19	-20	0	2
A7	-21	-20	-7	-21	-22	-2	0

Normalização (Função de Preferência) - Critério 7

Alternativas	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7
A1	0	0	0,9	0	0	1	1
A2	0	0	0,8	0	0	1	1
A3	0	0	0	0	0	0	0,2
A4	0	0	0,9	0	0	1	1
A5	0	0	1	0	0	1	1
A6	0	0	0	0	0	0	0
A7	0	0	0	0	0	0	0

Ponderando - Critério 7

Alternativas	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7
A1	0	0	0,07452	0	0	0,0828	0,0828
A2	0	0	0,06624	0	0	0,0828	0,0828
A3	0	0	0	0	0	0	0,01656
A4	0	0	0,07452	0	0	0,0828	0,0828
A5	0	0	0,0828	0	0	0,0828	0,0828
A6	0	0	0	0	0	0	0
A7	0	0	0	0	0	0	0

CRITÉRIO 8

Comparação Par a Par - Critério 8

Alternativas	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7
A1	0	1	0	1	-1	12	17
A2	-1	0	-1	0	-2	11	16
A3	0	1	0	1	-1	12	17
A4	-1	0	-1	0	-2	11	16
A5	1	2	1	2	0	13	18
A6	-12	-11	-12	-11	-13	0	5
A7	-17	-16	-17	-16	-18	-5	0

Normalização (Função de Preferência) - Critério 8

Alternativas	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7
A1	0	0	0	0	0	0,76923	1
A2	0	0	0	0	0	0,69231	1
A3	0	0	0	0	0	0,76923	1
A4	0	0	0	0	0	0,69231	1
A5	0	0	0	0	0	0,84615	1
A6	0	0	0	0	0	0	0,23077
A7	0	0	0	0	0	0	0

Ponderando - Critério 8

Alternativas	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7
A1	0	0	0	0	0	0,15631	0,2032
A2	0	0	0	0	0	0,14068	0,2032
A3	0	0	0	0	0	0,15631	0,2032
A4	0	0	0	0	0	0,14068	0,2032
A5	0	0	0	0	0	0,17194	0,2032
A6	0	0	0	0	0	0	0,04689
A7	0	0	0	0	0	0	0

CRITÉRIO 9

Comparação Par a Par - Critério 9

Alternativas	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7
A1	0	-1	-7	1	-4	-11	-3
A2	1	0	-6	2	-3	-10	-2
A3	7	6	0	8	3	-4	4
A4	-1	-2	-8	0	-5	-12	-4
A5	4	3	-3	5	0	-7	1
A6	11	10	4	12	7	0	8
A7	3	2	-4	4	-1	-8	0

Normalização (Função de Preferência) - Critério 9

Alternativas	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7
A1	0	0	0	0	0	0	0
A2	0	0	0	0	0	0	0
A3	1	1	0	1	0,33333	0	0,66667
A4	0	0	0	0	0	0	0
A5	0,66667	0,33333	0	1	0	0	0
A6	1	1	0,66667	1	1	0	1
A7	0,33333	0	0	0,66667	0	0	0

Ponderando - Critério 9

Alternativas	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7
A1	0	0	0	0	0	0	0
A2	0	0	0	0	0	0	0
A3	0,0123	0,0123	0	0,0123	0,0041	0	0,0082
A4	0	0	0	0	0	0	0
A5	0,0082	0,0041	0	0,0123	0	0	0
A6	0,0123	0,0123	0,0082	0,0123	0,0123	0	0,0123
A7	0,0041	0	0	0,0082	0	0	0

FLUXOS DE REDE E HIERARQUIA

Líquido	Geral							Positivo	
	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7		
0,0098	A1	0,0000	0,0000	0,1007	0,3148	0,1106	0,4332	0,2860	0,2075
0,0440	A2	0,0387	0,0000	0,0924	0,3148	0,1106	0,4175	0,3911	0,2275
-0,0535	A3	0,0510	0,0123	0,0000	0,3009	0,1147	0,3242	0,3330	0,1894
-0,0694	A4	0,3143	0,3143	0,3888	0,0000	0,0000	0,5569	0,2860	0,3100
0,3160	A5	0,3949	0,3908	0,4957	0,3995	0,0000	0,6979	0,3163	0,4492
-0,4297	A6	0,0123	0,0123	0,0082	0,2706	0,0123	0,0000	0,0592	0,0625
0,1829	A7	0,3755	0,3714	0,3714	0,6761	0,4511	0,5235	0,0000	0,4615
	Negativo	0,1978	0,1835	0,2429	0,3795	0,1332	0,4922	0,2786	

RESULTADO FINAL

Hierarquia	Alternativas	Negativo	Positivo	Líquido
1°	A5	0,4492	0,1332	0,3160
2°	A7	0,4615	0,2786	0,1829
3°	A2	0,2275	0,1835	0,0440
4°	A1	0,2075	0,1978	0,0098
5°	A3	0,1894	0,2429	-0,0535
6°	A4	0,3100	0,3795	-0,0694
7°	A6	0,0625	0,4922	-0,4297