

**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA  
FACULDADE DE TECNOLOGIA  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL**

**DESENVOLVIMENTO DE PROCEDIMENTO PARA  
AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO DE SISTEMAS DE  
ESGOTAMENTO SANITÁRIO: APLICAÇÃO AO CASO DA  
RIDE DF E ENTORNO**

**HÉLIO GUILHERME DE ALMEIDA LARA**

**ORIENTADOR: OSCAR DE MORAES CORDEIRO NETTO**

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO EM TECNOLOGIA AMBIENTAL  
E RECURSOS HÍDRICOS**

**PUBLICAÇÃO: PTARH.DM - 215/2018**

**BRASÍLIA/DF: AGOSTO – 2018**

**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA  
FACULDADE DE TECNOLOGIA  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL**

**DESENVOLVIMENTO DE PROCEDIMENTO PARA AVALIAÇÃO  
DE DESEMPENHO DE SISTEMAS DE ESGOTAMENTO  
SANITÁRIO: APLICAÇÃO AO CASO DA RIDE-DF E ENTORNO**

**HÉLIO GUILHERME DE ALMEIDA LARA**

**DISSERTAÇÃO SUBMETIDA AO DEPARTAMENTO DE  
ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL DA FACULDADE DE  
TECNOLOGIA DA UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA COMO PARTE  
DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU  
DE MESTRE EM TECNOLOGIA AMBIENTAL E RECURSOS  
HÍDRICOS.**

**APROVADA POR:**

---

**Prof. Oscar de Moraes Cordeiro Netto, Dr. (ENC-UnB)  
(Orientador)**

---

**Prof. Conceição de Maria Albuquerque Alves, PhD (ENC-UnB)  
(Examinador Interno)**

---

**Prof. Jaildo Santos Pereira, PhD (UFRB)  
(Examinador Externo)**

**BRASÍLIA/DF, 31 DE AGOSTO DE 2018**

## **FICHA CATALOGRÁFICA**

LARA, HÉLIO GUILHERME DE ALMEIDA. Desenvolvimento de Procedimento para Avaliação de Desempenho de Sistemas de Esgotamento Sanitário: Aplicação ao Caso da RIDE DF e Entorno. [Distrito Federal] 2018.

200p., 210 x 297 mm (ENC/FT/UnB, Mestre, Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos, 2018).

Dissertação de Mestrado – Universidade de Brasília. Faculdade de Tecnologia.

Departamento de Engenharia Civil e Ambiental.

1.Sistemas de Esgotamento Sanitário

2.Avaliação de Desempenho

3.Indicadores

4.ELECTRE TRI

I. ENC/FT/UnB

II. Título (série)

## **REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA**

LARA, H. G. A. (2018). Desenvolvimento de Procedimento para Avaliação de Desempenho de Sistemas de Esgotamento Sanitário: Aplicação ao Caso da RIDE DF e Entorno. Dissertação de Mestrado em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos, Publicação PTARH.DM-215/2018, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 200p.

## **CESSÃO DE DIREITOS**

AUTOR: Hélio Guilherme de Almeida Lara.

TÍTULO: Desenvolvimento de Procedimento para Avaliação de Desempenho de Sistemas de Esgotamento Sanitário: Aplicação ao Caso da RIDE DF e Entorno.

GRAU: Mestre

ANO: 2018

É concedida à Universidade de Brasília permissão para reproduzir cópias desta dissertação de mestrado e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte dessa dissertação de mestrado pode ser reproduzida sem autorização por escrito do autor.

---

Hélio Guilherme de Almeida Lara

hguilhermelara@gmail.com

## AGRADECIMENTOS

É com muita alegria e satisfação que finalizo mais uma etapa da minha vida. Durante o mestrado, muitas foram as barreiras enfrentadas, e as superações estiveram sempre acompanhadas por pessoas bastante especiais que tornaram essa jornada mais suave. Brevemente, gostaria de agradecer a elas.

Agradeço primeiramente à minha família. Aos meus pais, Hélio e Neuza, e à minha irmã, Heletícia, por todo amor, carinho e ensinamentos, e por terem me apoiado, não somente no mestrado, mas em toda vida, sempre me incentivando a estudar e buscar o melhor para minha formação. À minha sobrinha, Tarsila, por ser minha fonte de descanso e revigoramento.

Ao corpo docente do PTARH, pelos os ensinamentos passados. Agradecimento especial ao meu professor orientador Oscar de Moraes Cordeiro Netto, por ter disponibilizado sua sabedoria e experiência e ter confiado em meu trabalho.

Agradeço enormemente aos meus irmãos de dissertação, Rafaella e José, com os quais dividi sala e me deram apoio nos momentos mais críticos, e à minha irmã da vida, Daiana, com quem tive o privilégio de dividir grandes momentos da minha vida acadêmica (e por que não pessoal?!) desde a graduação. Agradeço também às demais amigas de turma (Alice, Ana, Andriane, Bárbara, Marília, Thays e Vitória) pelo apoio, troca de experiências e pela amizade desenvolvida nesse curto prazo e que espero manter para sempre.

Aos meus amigos, pelo carinho, apoio e compreensão dos momentos em que estive ausente.

A todos os especialistas que participaram da pesquisa online e concederam uma parte de seus tempos para contribuir imensamente com meu trabalho, e aos funcionários da SANEAGO que se dispuseram a me ajudar e conceder acesso a informações até então não disponíveis.

Agradeço, por fim, à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela bolsa de mestrado. O presente trabalho foi realizado com apoio da CAPES - Código de Financiamento 001.

## **RESUMO**

### **DESENVOLVIMENTO DE PROCEDIMENTO PARA AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO DE SISTEMAS DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO: APLICAÇÃO AO CASO DA RIDE DF E ENTORNO.**

O déficit dos serviços de saneamento no Brasil ainda é muito significativo em todos os seus componentes, e o esgotamento sanitário apresenta grande carência, tanto na coleta quanto no tratamento dos esgotos. Como solução à questão, implementam-se os sistemas de esgotamento sanitário (SESs), que podem assumir diferentes configurações de atendimento individual ou coletivo. Entretanto tão somente a presença do SES não garante uma boa performance do serviço. Visto isso, o presente estudo tem como finalidade o desenvolvimento de um procedimento de avaliação de desempenho de SESs e sua aplicação a municípios da Região Integrada de Desenvolvimento do Distrito Federal e Entorno (RIDE DF e Entorno), baseado no uso de indicadores de desempenho e análise multicritério. Para tanto, o processo de composição do conjunto de indicadores iniciou-se na pré-seleção, onde os indicadores mais relevantes, identificados na literatura e provenientes de sistemas de indicadores de desempenho nacionais e internacionais, foram contrapostos às proposições de um mapa conceitual de SESs associado ao método PER (pressão – estado – resposta). Essa contraposição possibilitou a constatação de relações do mapa não atendidas por indicadores, procedendo-se com a adição de indicadores já existentes ou propostos. O conjunto inicial de indicadores foi então submetido à consulta a especialistas, objetivando o julgamento da pré-seleção e a definição de pesos, por meio de formulário online. As contribuições encaminhadas foram analisadas e incorporadas ao trabalho, no que coube, e, após a reavaliação do conjunto inicial, chegou-se ao conjunto final de indicadores de desempenho de SESs, no total de 62, distribuídos em sete dimensões: planejamento, ambiental, recursos humanos, infraestrutura, operacional, qualidade e econômico-financeira. Após definidas as escalas de desempenhos individuais dos indicadores, o procedimento de avaliação foi aplicado, por meio do método de análise multicritério ELECTRE TRI, a SESs de dois municípios da RIDE DF e Entorno, Formosa e Luziânia, a fim de determinar seus desempenhos globais e classifica-los dentro de quatro estados de desempenho: muito insatisfatório, insatisfatório, satisfatório ou muito satisfatório. Ao final, ambos os SESs de Formosa e Luziânia foram classificados como de desempenho satisfatório, porém operando próximo à faixa de desempenho insatisfatório.

## **ABSTRACT**

### **DEVELOPMENT OF PERFORMANCE EVALUATION PROCEDURE OF SANITARY SEWAGE SYSTEMS: APPLICATION TO THE CASE OF RIDE DF E ENTORNO.**

The deficit of sanitation services in Brazil is still very significant in all its components, and the sanitary sewage presents a great deficiency, both in the collection and in the treatment of sewage. As a solution to the issue, sanitary sewage systems (SSSs) are implemented, which may take different configurations of individual or collective service. However, only the presence of SSS does not guarantee a good service performance. Given this, the present study aims to develop a performance evaluation procedure of SSSs and its application to municipalities of the Integrated Development Region of the Federal District and Surroundings (RIDE DF e Entorno, in Portuguese), based on the use of performance indicators and multicriteria analysis. To that end, the process of composing the set of indicators began in the pre-selection, where the most relevant indicators, identified in the literature and coming from national and international performance indicators systems, were opposed to the propositions of a conceptual map of SSSs associated to the PER (pressure - state - response) method. This contrast made possible the verification of map relations not met by indicators, proceeding with the addition of existing or proposed indicators. The initial set of indicators was then submitted to the consultation of experts, aiming at the pre-selection judgment and the definition of weights, through an online form. The contributions submitted were analyzed and incorporated into the work, where applicable, and after the re-evaluation of the initial set, the final set of SSS performance indicators was reached, totaling 62, distributed in seven dimensions: planning, environmental, human resources, infrastructure, operational, quality and economic-financial. After defining the individual performance scales of the indicators, the evaluation procedure was applied, through the ELECTRE TRI multicriteria analysis method, to the SSSs of two municipalities of RIDE DF e Entorno, Formosa and Luziânia, in order to determine their overall performance and classifies them into four performance states: very unsatisfactory, unsatisfactory, satisfactory or very satisfactory. In the end, both SSSs of Formosa and Luziânia were classified as of satisfactory performance, but operating near the unsatisfactory performance range.

# SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	1
2. OBJETIVOS.....	4
2.1 OBJETIVO GERAL .....	4
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	4
3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA E REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....	5
3.1 SANEAMENTO BÁSICO .....	5
3.1.1 Gestão dos Serviços de Saneamento Básico.....	7
1.1.1.1 Políticas Públicas de Saneamento Básico .....	8
1.1.1.2 Planejamento .....	8
1.1.1.3 Prestação dos serviços.....	10
1.1.1.4 Regulação e fiscalização .....	12
1.1.1.5 Controle social.....	13
3.1.2 Índices de atendimento à população.....	14
3.2 ESGOTAMENTO SANITÁRIO .....	18
3.2.1 Sistemas de Esgotamento Sanitário.....	19
3.2.1.1 Soluções individuais.....	21
3.2.1.2 Soluções coletivas .....	23
3.2.2 Diagnóstico de Sistemas de Esgotamento Sanitário.....	28
3.3 AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO .....	30
3.3.1 Indicadores de Desempenho.....	33
3.3.1.1 Modelo PER: Pressão – Estado – Resposta .....	35
3.3.2 Sistemas de indicadores de desempenho de saneamento .....	38
3.4 REPRESENTAÇÃO DO CONHECIMENTO .....	41
3.4.1 Mapas Conceituais.....	42
3.5 MÉTODOS DE AUXÍLIO À DECISÃO .....	44
3.5.1 Decisão em Grupo .....	46

3.5.1.1	Método Delphi.....	48
3.5.2	Análise Multicritério .....	49
3.5.2.1	Série ELECTRE – <i>Elimination Et Choix Traduisant la Réalité</i> .....	54
4.	ÁREA DE ESTUDO .....	66
4.1	RIDES – REGIÕES INTEGRADAS DE DESENVOLVIMENTO.....	66
4.1.1	RIDE DF e Entorno .....	68
4.1.1.1	Situação do Esgotamento Sanitário na RIDE DF e Entorno.....	71
5.	METODOLOGIA .....	75
5.1	FASE 1 – CONCEPÇÃO DO PROCEDIMENTO DE AVALIAÇÃO .....	75
5.2	FASE 2 – APLICAÇÃO DO PROCEDIMENTO DE AVALIAÇÃO.....	77
5.3	FASE 3 – VERIFICAÇÃO FINAL .....	78
6.	RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	79
6.1	MAPA CONCEITUAL DE SISTEMAS DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO..	79
6.2	SELEÇÃO DOS INDICADORES DE DESEMPENHO DE SISTEMAS DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO.....	82
6.2.1	Seleção Preliminar dos Indicadores de Desempenho .....	82
6.2.2	Conjunto Preliminar de Indicadores de Desempenho vs. Mapa Conceitual .	86
6.2.3	Consulta a especialistas .....	89
6.2.3.1	Quanto às dimensões.....	92
6.2.3.2	Quanto aos indicadores de planejamento .....	94
6.2.3.3	Quanto aos indicadores ambientais .....	96
6.2.3.4	Quanto aos indicadores de recursos humanos.....	98
6.2.3.5	Quanto aos indicadores de infraestrutura .....	99
6.2.3.6	Quanto aos indicadores operacionais .....	101
6.2.3.7	Quanto aos indicadores de qualidade .....	103
6.2.3.8	Quanto aos indicadores econômico-financeiros.....	105
6.2.4	Conjunto Final e Escalonamento dos Indicadores de Desempenho .....	107
6.3	APLICAÇÃO DO PROCEDIMENTO DE AVALIAÇÃO .....	118

6.3.1	Obtenção dos Dados Brutos .....	118
6.3.2	Método Multicritério .....	120
6.3.2.1	Avaliação global dos sistemas de esgotamento sanitário.....	121
7.	CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.....	125
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	129
	APÊNDICE A – MAPA CONCEITUAL VC. INDICADORES DE DESEMPENHO PRELIMINARES.....	137
	APÊNDICE B – CONJUNTO DE INDICADORES DE DESEMPENHO PRÉ-SELECIONADOS .....	145
	APÊNDICE C – FORMULÁRIO DE CONSULTA A ESPECIALISTAS .	150
	APÊNDICE D – RESUMO DAS RESPOSTAS DA CONSULTA A ESPECIALISTAS .....	157
	APÊNDICE E – CONJUNTO FINAL DE INDICADORES DE DESEMPENHO .....	166
	APÊNDICE F – DADOS DO SNIS DO ANO DE 2015.....	170
	APÊNDICE G – DADOS DOS SESS DOS ESTUDOS DE CASO.....	174
	APÊNDICE H – APLICAÇÃO DO PROCEDIMENTO DE AVALIAÇÃO NO ELECTRE TRI .....	183

## LISTA DE FIGURAS

Figura 3.1 - Prestação de serviços públicos (ENAP, 2014 modificada).....	12
Figura 3.2 - Proporção de domicílios com serviços de saneamento no Brasil, de 2004 a 2014 (IBGE, 2015 modificada) .....	15
Figura 3.3 - Concepção de fossa séptica com filtro e sumidouro.....	23
Figura 3.4 - Sistema de esgotamento sanitário separador absoluto (Frata, 2014 modificada). .....	24
Figura 3.5 - Pirâmide de informação. ....	34
Figura 3.6 - Modelo PER (OECD, 2003 modificada).....	36
Figura 3.7 - Mapa conceitual com ideias e características chave na construção de mapas conceituais (Novak e Gowin, 1984). ....	43
Figura 3.8 - Diagrama do método Delphi.....	49
Figura 3.9 - Tipos de problemática de referência (Brostel, 2002).....	52
Figura 3.10 - Alternativas de referência (b), critérios (i) e categorias (E) no ELECTRE TRI (Gomes et al., 2011). ....	60
Figura 3.11 - Possíveis relações entre a e b (Gomes et al., 2011 modificada). ....	64
Figura 4.1 - Localização da RIDE DF e Entorno (RIDESAB, 2016). ....	69
Figura 5.1 - Diagrama do Procedimento de Avaliação de Desempenho.....	76
Figura 6.1 - Mapa Conceitual de Sistemas de Esgotamento Sanitário.....	80
Figura 6.2 - Dinâmica de seleção dos indicadores de desempenho.....	82
Figura 6.3 - Dimensões vs. Indicadores, na seleção preliminar. ....	84
Figura 6.4 - Local de atuação dos especialistas participantes da consulta. ....	90
Figura 6.5 - Respostas para a pergunta: "B1. Você considera que as dimensões propostas são adequadas para uma avaliação de desempenho de SESs?" .....	93
Figura 6.6 - Respostas para a pergunta: "B2. Você considera que existe peso diferenciado entre as dimensões de indicadores?" .....	93
Figura 6.7 - Respostas para a pergunta: "C1. Na dimensão Planejamento, considera os indicadores apresentados suficientes para a aferição do desempenho de ETEs?". ....	94
Figura 6.8 - Respostas para a pergunta: "C4. Na dimensão Ambiental, considera os indicadores apresentados suficientes para a aferição do desempenho de ETEs?". ....	96
Figura 6.9 - Respostas para a pergunta: "C7. Na dimensão Recursos Humanos, considera os indicadores apresentados suficientes para a aferição do desempenho de ETEs?". ....	98

Figura 6.10 - Respostas para a pergunta: "C10. Na dimensão Infraestrutura, considera os indicadores apresentados suficientes para a aferição do desempenho de ETEs?". .....	100
Figura 6.11 - Respostas para a pergunta: "C13. Na dimensão Operacional, considera os indicadores apresentados suficientes para a aferição do desempenho de ETEs?". .....	101
Figura 6.12 - Respostas para a pergunta: "C16. Na dimensão Qualidade, considera os indicadores apresentados suficientes para a aferição do desempenho de ETEs?". .....	104
Figura 6.13 - Respostas para a pergunta: "C19. Na dimensão Econômico-financeira, considera os indicadores apresentados suficientes para a aferição do desempenho de ETEs?". .....	105
Figura 6.14 - Quantidade de indicadores antes e após a consulta a especialistas.....	108
Figura 6.15 - Visualização das alternativas. ....	122

## LISTA DE TABELAS

Tabela 3.1 - Níveis de atendimento com água e esgotos dos municípios brasileiros em 2015 (SNIS, 2017).....	16
Tabela 3.2 - Caracterização do atendimento adequado e do déficit de acesso aos serviços de saneamento básico (BRASIL, 2013). .....	17
Tabela 3.3 - Atendimento adequado e déficit dos serviços de saneamento básico no Brasil em 2010 (BRASIL, 2013 modificada). .....	18
Tabela 3.4 - Alternativas para tratamento complementar e disposição final (ABNT, 1997 modificada).....	23
Tabela 3.5 - Condições de lançamento de efluentes provenientes de SESs no Brasil (BRASIL, 2011a modificada).....	27
Tabela 3.6 - Informações necessárias para o diagnóstico de sistema de esgotamento sanitário (BRASIL, 2006). .....	29
Tabela 3.7 - Evolução do conceito de avaliação (Brostel, 2002; BID, 1997 modificada) ..	30
Tabela 3.8 - Sistemas de indicadores aplicáveis ao saneamento básico.....	38
Tabela 3.9 - Versões dos Métodos da série ELECTRE (Gomes et al., 2011 modificada) ..	54
Tabela 3.10 - Sistema Fundamental de Relações de Preferências (Roy e Boyssou, 1993; Gomes et al., 2011 modificada).....	56
Tabela 4.1 - População total, urbana e rural da RIDE DF e Entorno (IBGE, 2010). .....	70
Tabela 4.2 - Dados compilados do SNIS/2013 e da SANEAGO/2015 sobre os SESs da RIDE DF e Entorno (RIDESAB, 2016).....	73
Tabela 6.1 - Indicadores da seleção preliminar. ....	84
Tabela 6.2 - Proposições não atendidas e contempladas com novos indicadores. ....	87
Tabela 6.3 - Proposições atendidas e contempladas com novos indicadores.....	88
Tabela 6.4 - Formação base dos especialistas participantes da consulta.....	90
Tabela 6.5 - Organizações dos participantes da consulta. ....	91
Tabela 6.6 - Média aritmética, mediana e moda dos pesos vinculados às dimensões.....	93
Tabela 6.7 - Pesos das dimensões de indicadores de desempenho.....	94
Tabela 6.8 - Indicadores de planejamento e seus pesos. ....	96
Tabela 6.9 - Indicadores ambientais e seus pesos. ....	97
Tabela 6.10 - Indicadores de recursos humanos e seus pesos. ....	99
Tabela 6.11 - Indicadores de infraestrutura e seus pesos. ....	101

Tabela 6.12 - Indicadores operacionais e seus pesos.....	103
Tabela 6.13 - Indicadores de qualidade e seus pesos. ....	105
Tabela 6.14 - Indicadores econômico-financeiros e seus pesos. ....	107
Tabela 6.15 - Escalonamento dos indicadores de desempenho. ....	111
Tabela 6.16 - Indicadores sem dados brutos.....	119
Tabela 6.17 - Visão geral da aplicação da análise multicritério.....	121
Tabela 6.18 - Valores finais das dimensões nos três cenários de desempenho. ....	122

## LISTA DE SIGLAS E SÍMBOLOS

ABAR	Agência Brasileira de Agências Reguladoras
ADERASA	<i>Asociación de Entes Reguladores de Agua Potable y Saneamiento de las Américas</i>
AHP	Análise Hierárquica de Processos
AMD	Auxílio Multicritério à Decisão
AWWA	<i>American Water Works Association</i>
BID	Banco Interamericano de Desenvolvimento
CAESB	Companhia de Saneamento Ambiental do Distrito Federal
COARIDE	Conselho Administrativo da RIDE
CONAMA	Conselho Nacional de Meio Ambiente
COPASA	Companhia de Saneamento de Minas Gerais
ELECTRE	Elimination Et Choix Traduisant la Réalité
ETEs	Estações de Tratamento de Esgoto
FMPsIR	Força Motriz – Pressão – Situação – Impacto – Resposta
FMSR	Força Motriz – Situação – Resposta
FUNASA	Fundação Nacional de Saúde
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IBNET	<i>The International Benchmarking Network for Water and Sanitation Utilities</i>
IC	Índice de consistência
IR	Índice randômico de consistência
IRAR/ERSAR	Instituto Regulador de Águas e Resíduos de Portugal / Entidade Reguladora do Serviços de Água e Resíduos
IWA	<i>Internacional Water Association</i>
LNSB	Lei Nacional do Saneamento Básico
NBR	Norma Brasileira
OECD	<i>Organisation for Economic Cooperation and Development</i>
OFWAT	<i>Office of Water Services</i>
PAC	Plano de Aceleração do Crescimento
PAD	Procedimento de Avaliação de Desempenho
PAM	Procedimento de Agregação Multicritério
PEIR	Pressão – Estado – Impacto – Resposta
PER	Pressão – Estado – Resposta
PERE	Pressão – Estado – Resposta – Efeitos
PLANSAB	Plano Nacional de Saneamento Básico
PNAD	Pesquisa Nacional por Amostras de Domicílio
PNQS	Pesquisa Nacional de Saneamento Básico
PROMÉTHÉE	The Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluation
RC	Razão de consistência
RIDE	Região Integrada de Desenvolvimento

RIDE DF e Entorno	Região Integrada de Desenvolvimento do Distrito Federal e Entorno
RIDE Grande Teresina	Região Integrada de Desenvolvimento da Grande Teresina
RIDE Polo Petrolina e Juazeiro	Região Integrada de Desenvolvimento do Polo Petrolina/PE e Juazeiro/BA
RIDEs	Regiões Integradas de Desenvolvimento
SANEAGO	Saneamento de Goiás S.A.
SESs	Sistemas de Esgotamento Sanitário
SGC	<i>Six-Cities Group</i>
SINISA	Sistema Nacional de Informações Sobre Saneamento Básico
SNIS	Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento
TUM	Teoria de Utilidade Multiatributo
WSAA	<i>Water Service Association of Australia</i>
$\alpha$	Alfa – Problemática Multicritério de Escolha
$\beta$	Beta – Problemática Multicritério de Alocação
$\gamma$	Gama – Problemática Multicritério de Classificação
$\delta$	Delta – Problemática Multicritério de Descrição

# 1. INTRODUÇÃO

O processo de urbanização, que teve início paralelamente à constituição da sociedade humana e se intensificou com a recente emergência de um estilo de vida urbano, aumentou progressivamente a pressão sobre soluções de saneamento básico como resposta social aos problemas de saúde da sociedade, oriundos, em regra, da má qualidade da água e da presença de dejetos humanos.

No Brasil, o saneamento percorreu diversas etapas relacionadas à concepção de saúde que fundamentava as ações, o modelo de gestão e o objetivo das políticas públicas. Entretanto foi o advento da Lei Nacional de Saneamento Básico (LNSB), Lei nº 11.445/2007, que se constituiu na referência de um novo momento do saneamento básico no País, uma vez que abriu um período de possibilidade de mudanças que se encontravam travadas, simbolicamente, pela ausência de uma lei de diretrizes.

A LNSB consagrou uma definição ampliada dos serviços de saneamento básico e apontou para maior poder e responsabilidade por parte do titular na delegação desses serviços públicos, seja por contrato de programa, seja por contrato de concessão. De acordo com a Norma, saneamento básico é o conjunto de serviços, infraestruturas e instalações operacionais de abastecimento de água, esgotamento sanitário, limpeza urbana e manejo dos resíduos sólidos, e drenagem e manejo das águas pluviais.

De modo geral, o déficit dos serviços de saneamento no Brasil ainda é muito significativo em todos os seus componentes, e o esgotamento sanitário apresenta grande carência. Dados do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS) apontam que, em 2015, cerca de 58% do esgoto urbano era coletado, sendo 74% desse montante, tratado. Especificamente na Região Integrada de Desenvolvimento do Distrito Federal e Entorno (RIDE DF e Entorno), o SNIS registra uma coleta de esgoto de 46,5%, atingindo um índice de tratamento de 90%.

Como solução à questão do esgoto, implementam-se os sistemas de esgotamento sanitário (SEs), os quais podem assumir diferentes configurações, a depender das características de ocupação e físicas do ambiente urbano. Como solução individual adequada, o Plano

Nacional de Saneamento Básico (PLANSAB) indica o uso de fossa séptica sucedida por pós-tratamento ou unidade de disposição final. Analogamente, o sistema de esgotamento separador absoluto é tido como solução adequada coletiva.

Em contrapartida, o atendimento à população por serviços de esgotamento sanitário, tão somente, não garante a sua boa qualidade. Nesse sentido, diversas ferramentas de avaliação de desempenho foram desenvolvidas objetivando a melhoria desses sistemas, como os indicadores de desempenho. Os indicadores de desempenho constituem-se em um instrumento chave de apoio à gestão desses serviços e têm como referência legal a LNSB, que estabeleceu o uso de sistemas de indicadores com a finalidade de efetuar um diagnóstico da situação dos serviços de saneamento e apontar causas das deficiências detectadas. Ademais, inúmeros estudos, como os realizados pelas prestadoras de serviços, utilizam-nos para avaliação das condições de seus sistemas.

A partir do exposto, o presente trabalho tem como foco principal desenvolver um procedimento para avaliação de SESs e a sua aplicação a municípios da RIDE DF e Entorno. Para tanto, a escolha e proposição dos indicadores de desempenho poderá utilizar-se do mapa conceitual e do método PER (pressão – estado – resposta), além da consulta a especialistas. Ao final, será empregado um método multicritério na definição do desempenho global desses sistemas nos municípios da região supracitada.

Acredita-se que a composição de um método para avaliação de desempenho de SESs possa auxiliar na melhoria desses sistemas e na busca de sua universalização, visto que o PLANSAB almeja, até 2033, alcançar 93% de cobertura de esgotamento sanitário na área urbana. Esse procedimento serve às diferentes instâncias que possuem interesse em ter uma avaliação neutra com relação ao desempenho de sistemas de saneamento, desde o prestador de serviços, em uma perspectiva de autoavaliação, até o órgão regulador e fiscalizador e sociedade.

A presente dissertação está organizada em sete capítulos, a saber: 1 – Introdução; 2 – Objetivos, 3 – Fundamentação Teórica e Revisão Bibliográfica; 4 – Área de Estudo; e 5 – Metodologia; 6 – Resultados e Discussão; e 7 – Conclusões e Recomendações. O Capítulo 3 tem como alvo a análise dos principais assuntos que permeiam o tema da pesquisa, apresentando-se conceitos e fundamentos, além de experiências que são norteadoras para o

desenvolvimento da metodologia. O Capítulo 4 tem como abordagem a área de aplicação do presente estudo, a RIDE DF e Entorno. No Capítulo 5 é apresentado o Procedimento de Avaliação de Desempenho de SES e são elencadas as etapas dos procedimentos metodológicos. No Capítulo 6 são apresentados e discutidos os resultados obtidos. Finalmente, o Capítulo 7 é reservado às conclusões e recomendações do trabalho.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1 OBJETIVO GERAL**

Desenvolver um procedimento de avaliação de desempenho de sistemas de esgotamento sanitário (SESs) e sua aplicação ao estudo de caso da Região Integrada de Desenvolvimento do Distrito Federal e Entorno (RIDE DF e Entorno).

### **2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Selecionar um conjunto de indicadores de desempenho para SESs;
- Avaliar a pertinência da aplicação do mapa conceitual na representação de SESs e, em conjunto com o método PER (pressão – estado – resposta), no apoio à seleção e à proposição de indicadores de desempenho;
- Criar um escalonamento dos indicadores selecionados a fim de avaliar seus desempenhos individuais;
- Analisar a aplicabilidade de métodos de auxílio à decisão na avaliação global de SESs, com alocação em classes de desempenho.

### **3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA E REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

Neste capítulo, serão alvos de análise e discussão os principais temas que permeiam a pesquisa, apresentando-se conceitos e fundamentos bem como experiências que são norteadoras para o desenvolvimento do procedimento de avaliação de sistemas de esgotamento sanitário.

Dessa forma, na sequência, discutir-se-ão os temas de saneamento básico, dentro do qual serão abordados a gestão dos serviços de saneamento básico e os índices de atendimento à população; esgotamento sanitário, o qual abrangerá Sistemas de Esgotamento Sanitário e seu diagnóstico; representação do conhecimento, com vista aos mapas conceituais; e métodos de auxílio à decisão, no qual serão discutidos os métodos Delphi e ELECTRE TRI.

#### **3.1 SANEAMENTO BÁSICO**

Segundo a Lei Nacional de Saneamento Básico (LNSB) – Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007, que estabeleceu diretrizes nacionais para o saneamento básico e para a Política Federal de Saneamento Básico –, em seu artigo 2º, inciso I, o conceito de saneamento básico é tido como o conjunto de serviços, infraestruturas e instalações operacionais de (BRASIL, 2007a):

- Abastecimento de água potável: constituído pelas atividades, pela disponibilização, pela manutenção, pela infraestrutura e instalações necessárias ao abastecimento público de água potável, desde a captação até as ligações prediais e os seus respectivos instrumentos de medição;
- Esgotamento sanitário: constituído pelas atividades, pela disponibilização e pela manutenção de infraestrutura e das instalações operacionais de coleta, transporte, tratamento e disposição final adequados dos esgotos sanitários, desde as ligações prediais até a sua destinação final para a produção de água de reuso ou o seu lançamento final no meio ambiente;
- Limpeza urbana e manejo dos resíduos sólidos: constituído pelas atividades, pela infraestrutura e pelas instalações operacionais de coleta, transporte, transbordo, tratamento e destino final dos resíduos sólidos domiciliares e dos resíduos de limpeza urbana;

- Drenagem e manejo das águas pluviais urbanas: constituídos pelas atividades, pela infraestrutura e pelas instalações operacionais de drenagem de águas pluviais, de transporte, detenção ou retenção para o amortecimento de vazões de cheias, tratamento e disposição final das águas pluviais drenadas, contempladas a limpeza e a fiscalização preventiva das redes.

Como serviço público, o saneamento originou-se na era moderna, à ocasião das grandes epidemias de cólera ocorridas em meados do século XIX, muito devido às condições materiais de vida de grandes contingentes da população, que eram e continuam, por vez, precárias. No início do século XXI, bilhões de pessoas ainda vivem à margem de serviços públicos básicos fundamentais, como os relacionados ao saneamento (Souza *et al.*, 2015).

De acordo com Souza *et al.* (2015), ainda hoje, por volta de 25% de todas as mortes que ocorrem no mundo atingem crianças e jovens de até 15 anos de idade e são provocadas por doenças relacionadas ao ambiente, principalmente nos países mais pobres, ou entre grupos mais pobres da população.

Como resposta social aos problemas de saúde, o saneamento constitui uma das formas de intervenção e interação entre os padrões de desenvolvimento e a situação do ambiente, que, por sua vez, refletem-se na qualidade de vida e saúde das populações. É constatação indiscutível e de amplo conhecimento a importância da provisão de serviços adequados de saneamento para a população.

No que diz respeito às externalidades dos investimentos em saneamento no desenvolvimento econômico, Moreira (2010) destaca a geração de emprego, a agregação de valor ao turismo, ao setor imobiliário, entre outros, e o fluxo de renda para indústrias que fazem parte da cadeia produtiva.

No Brasil, o saneamento percorreu diversas etapas relacionadas à concepção de saúde que fundamentava as ações, ao modelo de gestão e ao objeto das políticas públicas. O abastecimento de água e o esgotamento sanitário foram os componentes do saneamento básico que sofreram as maiores transformações, na medida que foram essas ações e serviços que receberam do Governo Federal mais atenção como políticas públicas. A destinação dos resíduos sólidos, limpeza urbana e drenagem urbana sempre estiveram sob responsabilidade

do poder local, custeados com recursos oriundos de impostos arrecadados por esse ente federado (Souza *et al.*, 2015).

Porém, de acordo Rezende e Heller (2008), é o advento da LNSB, em 2007, que se constituiu na referência de um novo momento do saneamento básico no Brasil, uma vez que abriu um período de possibilidades de mudanças que se encontravam travadas simbolicamente pela ausência de uma lei de diretrizes. A Lei consagrou uma definição ampliada dos serviços de saneamento básico – vista na introdução deste tópico – e apontou para maior poder e maior responsabilidade por parte do titular na delegação de serviços públicos de saneamento básico, seja por contrato de programa, seja por contrato de concessão.

Como um dos grandes empecilhos para a universalização e boa qualidade dos serviços de saneamento no Brasil, pode-se citar a governança. Por governança entende-se a competência do governo de praticar as decisões tomadas, ou, em outras palavras, a capacidade de governo do Estado. Envolve a disposição institucional pela qual a autoridade é exercida, de modo a propiciar as condições financeiras e administrativas indispensáveis à execução dos arranjos que o governo adota (Diniz, 1996).

Além disso, o Estatuto da Metrópole (Lei nº 13.089/15), que alterou o Estatuto das Cidades a fim de especificar as diretrizes para regiões metropolitanas e aglomerações urbanas, trouxe a definição de governança interfederativa como sendo o “compartilhamento de responsabilidades e ações entre entes da Federação em termos de organização, planejamento e execução de funções públicas de interesse comum” (BRASIL, 2015). Extrapolando o entendimento às RIDEs, observa-se que a governança, tanto em seu sentido original quanto a interfederativa, é um fator preponderante nessas regiões, no entanto não será tratada diretamente nessa pesquisa.

### **3.1.1 Gestão dos Serviços de Saneamento Básico**

Ao regular a prestação de serviços, a Lei define as funções de gestão, a saber: planejamento, prestação dos serviços, regulação, fiscalização e controle social. Segundo o artigo 8º, o titular pode delegar a organização, a regulação, a fiscalização e a prestação de serviços, no entanto, o planejamento é indelegável. Além disso, cabe ao titular do serviço estabelecer os mecanismos e procedimentos para o controle social, visando a garantir à sociedade

informações, representações técnicas e participações nos processos de formulação de políticas, de planejamento e de avaliação relacionados aos serviços de saneamento básico (BRASIL, 2007a).

Conhecer como se dá a gestão dos serviços de saneamento permite identificar os arranjos e as competências dos atores envolvidos em cada função de gestão instituída pela LNSB. No Brasil, a gestão dos serviços de saneamento básico envolve desde as políticas públicas até as funções de gestão, as quais serão brevemente tratadas a seguir.

#### 1.1.1.1 Políticas Públicas de Saneamento Básico

As Políticas Públicas de Saneamento básico, presente no art. 9º da Lei, juntamente com os Planos de Saneamento Básico, é um instrumento central da gestão dos serviços e deve ser formulada pelo titular dos serviços. Seu conteúdo deve compreender as definições sobre a elaboração dos planos de saneamento; o modelo institucional para a prestação dos serviços; o ente responsável pela regulação e fiscalização; os parâmetros para a garantia do atendimento essencial à saúde pública; os direitos e os deveres dos usuários; o controle social; o sistema de informações; e a previsão de intervenção para retomada dos serviços. Nos casos em que houver contratos de concessão, as Políticas incluem também a definição de suas condições.

#### 1.1.1.2 Planejamento

A aprovação da LNSB, produto de amplos debates ao longo de duas décadas, inaugurou uma nova e desafiadora fase na história da área no Brasil: a exigência legal da ação de planejamento (BRASIL, 2011b). De acordo com o artigo 9º da Norma, cabe ao titular dos serviços formular a respectiva política pública de saneamento básico, ação indelegável a outro ente, devendo para tanto elaborar o Plano de Saneamento Básico, instrumento de planejamento (BRASIL, 2007a).

O Plano de Saneamento Básico assume caráter central na LNSB e estabelece, entre outras diretrizes, que (BRASIL, 2007a):

- A validade dos contratos de prestação de serviços depende da existência do Plano (artigo 11, inciso I);
- Os planos de investimentos e projetos dos prestadores devem ser compatíveis com as diretrizes do Plano (artigo 11, § 1º);
- A entidade reguladora e fiscalizadora deve verificar o seu cumprimento (artigo 20, parágrafo único);
- A alocação de recursos públicos federais e os financiamentos com recursos da União ou geridos por órgãos ou entidades da União ficam condicionados à existência do Plano (artigo 50).

Esse instrumento de planejamento ainda pode assumir três diferentes recortes: os planos municipais de saneamento básico, elaborados pelos titulares (art. 19); o Plano Nacional de Saneamento Básico – PLANSAB, elaborado pela União (art. 52); e os planos regionais de saneamento básico, também elaborados pela União (art. 52).

Nesse cenário, o município é o grande protagonista do saneamento básico no Brasil, que, a partir da LNSB, passou a contar com o suporte legal para exercer a titularidade na gestão dos serviços, restabelecendo o preconizado na Constituição Federal de 1988, a qual definiu a competência municipal para legislar sobre assuntos de interesse local, e organizar e prestar, diretamente ou sob regime de concessão ou permissão, sempre por meio de licitação, os serviços públicos de interesse local (BRASIL, 1988).

Uma ressalva deve ser feita no caso de regiões metropolitanas. Segundo o Estatuto da Metrópole, em regiões metropolitanas há a necessidade de se adotar um modelo de gestão compartilhada, envolvendo o conjunto de municípios e o estado. A titularidade dos serviços de saneamento básico não deixa de ser municipal, no entanto o interesse comum a vários municípios sobrepõe o interesse local e a titularidade municipal deve ser exercida pelo conjunto dos municípios integrantes e o Estado-membro (BRASIL, 2015).

Em 2011, a maioria dos 5.564 municípios brasileiros ainda não dispunha de Plano Municipal de Saneamento Básico. O fato do acesso a recursos da União e de fundos federais estar condicionado à existência desse Plano e à regularização dos instrumentos de outorga para

prestação dos serviços aponta para preocupações prementes em torno desses Planos (BRASIL, 2011b).

Os planos devem abranger os quatro componentes do saneamento básico (água potável, esgotamento sanitário, limpeza urbana e manejo dos resíduos sólidos, e drenagem e manejo das águas pluviais urbanas) e contar com um horizonte temporal de 20 anos, avaliados anualmente e revisados a cada 4 anos, preferencialmente em períodos coincidentes com os de vigência dos planos plurianuais.

À União, estabeleceu-se a elaboração do PLANSAB e os planos regionais de saneamento básico para as Regiões Integradas de Desenvolvimento (RIDEs). O PLANSAB, publicado no Diário Oficial da União em 2013, prevê alcançar, nos 20 anos subsequentes, 99% de cobertura de abastecimento de água potável, sendo 100% na área urbana, e 92% no esgotamento sanitário, sendo 93% na área urbana. Em resíduos sólidos, o Plano prevê a universalização da coleta na área urbana e a ausência de lixões ou vazadouros a céu aberto em todo o País. Quanto às águas pluviais, outra meta é a redução, em 11%, da quantidade de municípios em que ocorrem inundações ou alagamentos na área urbana (BRASIL, 2013).

Historicamente, as políticas públicas não foram capazes de propiciar a universalização do acesso às soluções e aos serviços públicos de saneamento básico de qualidade, que teriam contribuído para melhorar as condições de vida da população e a qualidade ambiental do País, o que aumenta as expectativas acerca do cumprimento dos planos de saneamento básico instituídos pela LNSB.

#### 1.1.1.3 Prestação dos serviços

A LNSB atribui ao município, mesmo que indiretamente, a titularidade para a prestação dos serviços de saneamento básico, embora também defina responsabilidades para os demais entes federativos. Estabelece, ainda, os requisitos para a celebração de contratos por meio do qual o município delegue a outros, sejam pessoas de direito público ou privado, a prestação dos serviços de saneamento básico.

Nesse contexto, a prestação dos serviços, quando exercida diretamente pelo titular, pode ser feita de três maneiras: de forma direta, de forma contratada ou nos termos da lei do próprio

titular. A prestação de forma direta se dá por meio de órgão da administração direta ou por autarquias, empresa pública ou sociedade de economia mista que integre a administração indireta, facultada a contratação de terceiros, no regime da Lei nº 8.666/93, para determinadas atividades (ENAP, 2014).

De forma contratada, a prestação dos serviços pode ser feita indiretamente, mediante concessão, sempre precedida de licitação na modalidade concorrência pública, ou permissão, no regime da Lei nº 8.987/95. Também pode ser feita no âmbito da gestão associada de serviços públicos, mediante contrato de programa autorizado por contrato de consórcio público ou por convênio de cooperação entre entes federados no regime da Lei nº 11.107/05 (ENAP, 2014).

A prestação nos termos de lei do titular é feita por intermédio de autorização a usuários organizados em cooperativas ou associações, no regime previsto no art. 10, § 1º, da LNSB, desde que os serviços se limitem a determinado condomínio ou à localidade de pequeno porte, predominantemente ocupada por população de baixa renda, em que outras formas de prestação apresentem custos de operação e manutenção incompatíveis com a capacidade de pagamento dos usuários (BRASIL, 2007a). As relações de prestação de serviços públicos estão sintetizadas e ilustradas na Figura 3.1.

É interessante observar que, quando não exercida por entidade que integre a administração do titular, a prestação é celebrada por meio de contrato, sendo vedada a sua disciplina mediante convênios, termos de parceria ou outros instrumentos de natureza precária, na forma do art. 10 da LNSB – exceto convênios e outros atos de delegação celebrados até o dia 6 de abril de 2005.

Além disso, a LNSB, ao estabelecer as diretrizes para a prestação dos serviços de saneamento básico, fixou os princípios norteadores para a realização dos serviços. Para garantir a aplicação desses princípios, a Norma estabeleceu diversas exigências para os titulares e determinou que elas constituíssem condições de validade das contratações referentes aos serviços de saneamento básico. Complementarmente, a Lei nº 12.693/12, que instituiu o Plano de Aceleração do Crescimento (PAC), incorporou as exigências da LNSB aos contratos que viessem a ser contemplados com os recursos públicos do PAC (ENAP, 2014).

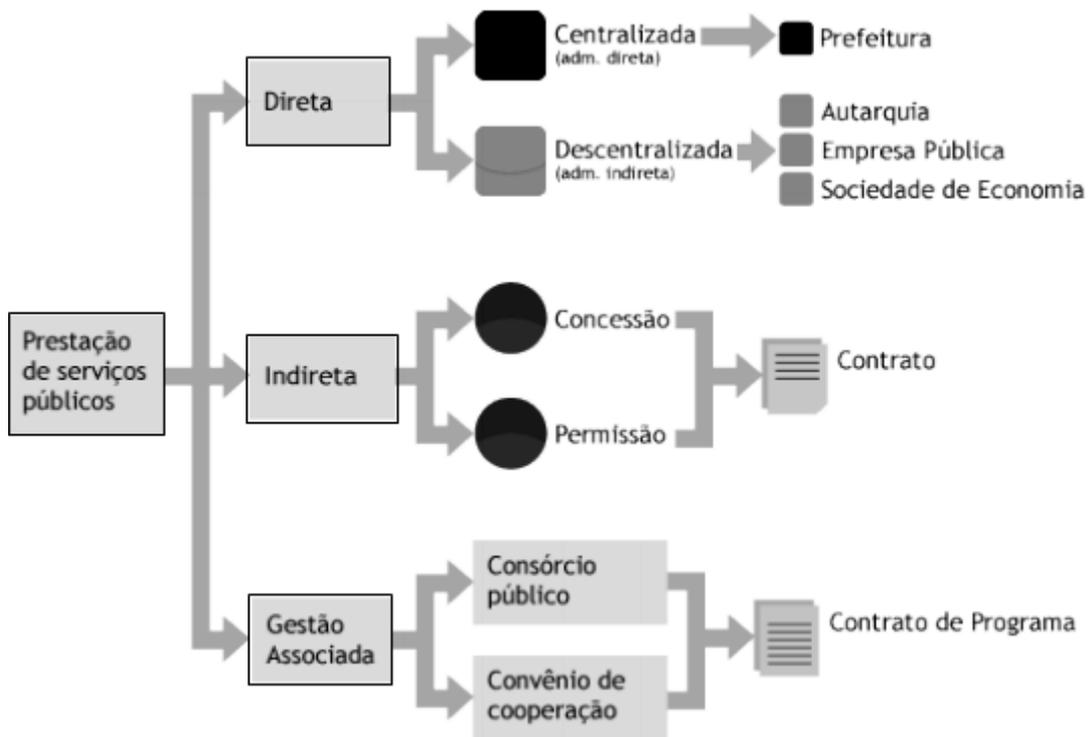


Figura 3.1 - Prestação de serviços públicos (ENAP, 2014 modificada).

Um exemplo de condição de validade dos contratos é a ausência de cláusulas que prejudiquem as atividades de regulação e fiscalização ou o acesso às informações sobre os serviços contratados.

#### 1.1.1.4 Regulação e fiscalização

Nos casos em que ocorre a celebração de contrato para prestação dos serviços públicos de saneamento básico, haverá entidade única encarregada das funções de regulação e de fiscalização. A entidade reguladora é a agência reguladora, consórcio público de regulação, autoridade regulatória, ente regulador, ou qualquer outro órgão ou entidade de direito público que possuía competências próprias de natureza regulatória, independência decisória e não acumule funções de prestador dos serviços regulados (ENAP, 2014).

A entidade reguladora, na esfera de sua competência, definirá ao menos (BRAZIL, 2007a):

- As normas técnicas relativas à qualidade, quantidade e regularidade dos serviços prestados aos usuários e entre os diferentes prestadores envolvidos;

- As normas econômicas e financeiras relativas às tarifas, aos subsídios e aos pagamentos por serviços prestados aos usuários e entre os diferentes prestadores envolvidos;
- A garantia de pagamento de serviços prestados entre os diferentes prestadores dos serviços;
- Os mecanismos de pagamento de diferenças relativas a inadimplemento dos usuários, perdas comerciais e físicas e outros créditos devidos, quando for o caso;
- O sistema contábil específico para os prestadores que atuem em mais de um município.

Em caso de gestão associada ou prestação regionalizada dos serviços, os titulares poderão adotar os mesmos critérios econômicos, sociais e técnicos de regulação em toda a área de abrangência da associação ou da prestação.

As normas serão editadas por legislação do titular, no que se refere aos direitos, obrigações e penalidades dos usuários e prestadores, e aos procedimentos e critérios para atuação das entidades de regulação e de fiscalização; e por norma da entidade de regulação, no que se refere às dimensões técnica, econômica e social de prestação dos serviços (BRAZIL, 2007a).

#### 1.1.1.5 Controle social

A participação e o envolvimento da sociedade são mecanismos imprescindíveis para a eficácia da gestão pública. A presença desses mecanismos na tomada de decisão junto ao poder público pressupõe a convergência de propósitos, a solução de conflitos, a transparência dos processos decisórios e o foco no interesse da coletividade.

A LNSB estabeleceu o controle social como um dos princípios dos serviços públicos de saneamento básico (art. 2º, inciso X); a exigência de mecanismos de controle social na formulação da respectiva política pública de saneamento básico (art. 9º, inciso VI); e as regras de participação de órgãos colegiados no controle social (art. 47). No Decreto nº 7.217/10, que regulamenta a LNSB, o assunto foi tratado no Capítulo IV, art. 34 a 37.

Consoante as definições normativas, a elaboração do plano de saneamento básico deve conter formas de participação social ao longo de todo o processo, desde o planejamento até a aprovação final do plano. Também deve se fazer presente no monitoramento e nas etapas seguintes à elaboração do plano, buscando garantir a sua devida implementação (BRASIL, 2007a).

É importante prever uma campanha de mobilização que envolva a sociedade e estimule sua participação nesse processo, assim como deve ser prevista a capacitação desses atores sociais para que sejam garantidas discussões qualificadas ao longo de todo o processo. Nesse sentido, a mobilização deve procurar envolver a população residente no município, os prestadores de serviço, o poder público local, regional e estadual e as organizações sociais, econômicas, profissionais, políticas e culturais, dentre outros (ENAP, 2014).

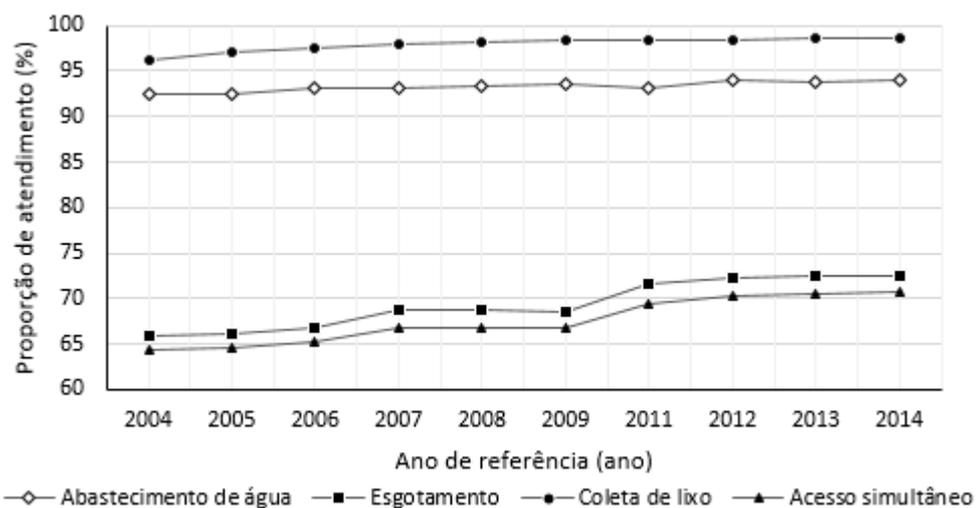
Os seguintes mecanismos de controle social dos serviços públicos de saneamento básico podem ser instituídos: debates e audiências públicas; consultas públicas; conferências das cidades; participação de órgãos colegiados de caráter consultivo na formulação da política de saneamento básico, bem como no seu planejamento e avaliação; entre outros.

Deve-se ressaltar, finalmente, que é assegurado aos usuários de serviços públicos de saneamento básico, nos termos das normas legais, regulamentares e contratuais, o conhecimento dos seus direitos e deveres, das penalidades a que podem estar sujeitos, além de o acesso às informações sobre os serviços prestados, ao manual de prestação do serviço e do atendimento ao usuário, elaborado pelo prestador e aprovado pela respectiva entidade de regulação, e ao relatório periódico sobre qualidade da prestação dos serviços (ENAP, 2014).

### **3.1.2 Índices de atendimento à população**

O Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), utilizando-se de informações relativas a evolução de indicadores de saneamento básico coletadas pela Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios (PNAD), entre 2004 e 2014, constatou a evolução dos serviços relacionados ao saneamento básico nas áreas urbanas: abastecimento de água por rede geral, esgotamento sanitário por rede coletora e coleta direta ou indireta de lixo – a drenagem e o manejo de águas pluviais não são avaliadas por essa pesquisa (IBGE, 2015).

Como apresentado na Figura 3.2, houve expansão dos três serviços no período analisado. O abastecimento de água por rede geral passou de 92,5 a 93,9%. A proporção de cobertura da coleta de lixo passou de 96,3 a 98,7%. Em relação ao esgotamento sanitário por rede coletora, serviço que tem a oferta mais restrita dentre os três, houve o maior avanço, de 6,7 pontos percentuais, passando de 65,9 para 72,6%, em 2014. É possível constatar, ainda, a evolução dos domicílios urbanos com acesso aos três serviços concomitantemente, chegando a um índice de 70,7%.



\*Não houve pesquisa em 2010.

Figura 3.2 - Proporção de domicílios com serviços de saneamento no Brasil, de 2004 a 2014 (IBGE, 2015 modificada)

O indicador de acesso simultâneo aos três serviços acompanha de perto, ao longo de toda a série histórica, o indicador de esgotamento sanitário. Isso se deve ao fato de que a oferta de rede coletora de esgoto, em geral, envolve um esforço maior por parte do poder público, o que torna o esgotamento sanitário, na maioria das vezes, o último dos três serviços a chegar aos domicílios (IBGE, 2015).

Publicado recentemente, o Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgoto do SNIS referente ao ano de 2015 revela os valores atuais médios dos índices de atendimento com água e esgoto, além dos índices de tratamento do esgoto, distribuídos segundo as regiões geográficas e a média do Brasil. Nesse levantamento, os índices de atendimento urbano com rede de água e

esgoto no ano de referência foram de, respectivamente, 93,1% e 58%. Essas e outras informações compõem a Tabela 3.1.

Tabela 3.1 - Níveis de atendimento com água e esgotos dos municípios brasileiros em 2015 (SNIS, 2017).

Região	Índice de atendimento com rede (%)				Índice de tratamento dos esgotos (%)	
	Água		Coleta de Esgotos		Esgotos gerados	Esgotos coletados
	Total	Urbano	Total	Urbano	Total	Total
Norte	56,9	69,2	8,7	11,2	16,4	83,9
Nordeste	73,4	89,6	24,7	32,2	32,1	78,5
Sudeste	91,2	96,1	77,2	81,9	47,4	67,8
Centro-Oeste	89,6	97,4	49,6	54,7	50,2	92,6
Brasil	83,3	93,1	50,3	58,0	42,7	74,0

Pode-se observar certa divergência de informações entre as duas fontes, principalmente quanto aos esgotos urbanos, mas que pode ser brevemente analisada. As bases de informações do IBGE adotam pesquisa por amostras de domicílios permanentes urbanos e consideram os esgotos coletados independentemente de o sistema ser unitário ou separador absoluto – isto é, de possuir rede de coleta específica ou junto à rede de drenagem –, e da existência de tratamento. Em contrapartida, no SNIS os índices de atendimento urbano são calculados com base no percentual de população urbana do último censo demográfico, realizado pelo IBGE, e não são consideradas as ligações domiciliares de esgoto às redes de drenagem de águas pluviais. Além disso, cabe ressaltar que somente entra no levantamento do SNIS o conjunto de municípios cujos prestadores de serviços forneceram dados em 2015.

Por outro lado, deve-se salientar que os índices de atendimento não garantem a qualidade dos serviços ofertados. Nesse sentido, o PLANSAB adota uma caracterização para atendimento aos serviços de saneamento básico de maneira adequada ou em déficit, considerando os indicadores e variáveis existentes. Situações que caracterizam o atendimento precário foram entendidas como déficit, visto que, apesar de não impedirem o acesso ao serviço, esse é ofertado em condições insatisfatórias ou provisórias, potencialmente comprometedoras da saúde humana e da qualidade do meio ambiente domiciliar e do seu entorno. As situações de atendimento adequado ou em déficit estão apresentadas na Tabela 3.2.

Tabela 3.2 - Caracterização do atendimento adequado e do déficit de acesso aos serviços de saneamento básico (BRASIL, 2013).

Componente	Atendimento Adequado	Déficit	
		Atendimento precário	Sem atendimento
Abastecimento de água	- Fornecimento de água potável por rede de distribuição ou por poço, nascente ou cisterna, com canalização interna, em qualquer caso sem intermitência (paralisações ou interrupções)	- Dentre o conjunto com fornecimento de água por rede e poço ou nascente, a parcela de domicílios que: - Não possui canalização interna; - Recebe água fora dos padrões de potabilidade; - Tem intermitência prolongada ou racionamentos. - Uso de cisterna para água da chuva, que forneça água sem segurança sanitária e, ou, em qualidade insuficiente para a proteção à saúde. - Uso de reservatório abastecido por carro pipa.	Todas as situações não enquadradas nas definições de atendimento e que se constituem em práticas consideradas inadequadas.
Esgotamento sanitário	- Coleta de esgotos, seguida de tratamento; - Uso de fossa séptica*;	- Coleta de esgotos, não seguida de tratamento; - Uso de fossa rudimentar.	
Manejo de resíduos sólidos	- Coleta direta, na área urbana, com frequência diária ou em dias alternados e destinação final ambientalmente adequada aos resíduos; - Coleta direta ou indireta, na área rural, e destinação final ambientalmente adequada aos resíduos.	Dentre o conjunto com coleta, a parcela de domicílios que se encontram em pelo menos uma das situações a seguir: - Na área urbana, com coleta indireta ou com coleta direta, cuja frequência não seja pelo menos em dias alternados; - Destinação final ambientalmente inadequada.	

\* Por “fossa séptica” pressupõe-se a “fossa séptica sucedida por pós-tratamento ou unidade de disposição final, adequadamente projetados e construídos”.

A partir de informações provenientes do censo demográfico do IBGE e do SNIS de 2010, pode-se produzir uma visão geral da condição do saneamento básico no Brasil naquele ano, mostrada na Tabela 3.3. É importante esclarecer que, apesar de as condições apresentadas terem sido orientadas pela caracterização conceituada na Tabela 3.2, os sistemas de informação e as pesquisas oficiais disponíveis não são suficientes para a exata correspondência dos valores com os conceitos. Trata-se, portanto, de uma aproximação da realidade (BRASIL, 2013).

Tabela 3.3 - Atendimento adequado e déficit dos serviços de saneamento básico no Brasil em 2010 (BRASIL, 2013 modificada).

Componente	Atendimento adequado (%)	Déficit	
		Atendimento precário (%)	Sem atendimento (%)
Abastecimento de água	59,4	33,9	6,8
Esgotamento sanitário	39,7	50,7	9,6
Manejo de resíduos sólidos	58,6	27,2	14,2

Ainda que a maior parte da população brasileira, em 2010, tivesse acesso a condições adequadas de abastecimento de água potável e de manejo de resíduos sólidos, o déficit ainda é muito significativo em todos os elementos do saneamento básico. De modo geral, observa-se que o esgotamento sanitário é o que apresenta maior carência. Assim, é conveniente identificar as áreas que não são atendidas, ou que possuem atendimento inadequado, e suas características físicas e urbanísticas, a fim de se identificar uma solução apropriada – assunto do subitem a seguir.

### 3.2 ESGOTAMENTO SANITÁRIO

A Norma Brasileira (NBR) 6.648/86 define esgoto sanitário, por vez chamado de água residuária, como o despejo líquido constituído de esgotos doméstico e industrial, água de infiltração e a contribuição pluvial parasitária. São componentes do esgoto sanitário (ABNT, 1986):

- Esgoto doméstico: despejo líquido resultante do uso da água para higiene e necessidades fisiológicas humanas;
- Esgoto industrial: despejo líquido dos processos industriais, respeitados os padrões de lançamento estabelecidos;
- Água de infiltração: toda água, proveniente do subsolo, indesejável ao sistema separador e que penetra nas canalizações;
- Contribuição pluvial parasitária: vazão de esgoto concentrada em um ponto da rede coletora, significativamente maior que o produto da taxa de contribuição por superfície esgotada, pela área responsável por esse lançamento.

As águas pluviais parasitárias encontram caminho para o sistema coletor de esgoto a partir de: ligações de canalizações pluviais prediais, interligações de galerias de águas pluviais, ligações abandonadas e tampões de poços de visita e outras aberturas (Araújo, 2003 *apud* Costa, 2012).

Ao abordar a composição dos esgotos domésticos, von Sperling (1996) afirma que aproximadamente 99,9% são formados por água, enquanto 0,1% compreende sólidos orgânicos e inorgânicos, suspensos e dissolvidos, e microrganismos, patogênicos ou não. Mesmo que muito pequena, essa menor parcela do esgoto merece grande atenção.

Segundo o Manual de Saneamento da Fundação Nacional de Saúde (FUNASA), os dejetos humanos podem ser veículos de germes patogênicos de várias doenças, como diarreias infecciosas, amebíase e esquistossomose, por isso, torna-se indispensável afastar as possibilidades de seu contato com a população, águas de abastecimento, vetores e alimentos (BRASIL, 2007b).

Outrossim, Braga *et al.* (2005) relatam que as substâncias presentes nos esgotos exercem ação deletéria nos corpos de água, onde a matéria orgânica pode ocasionar a exaustão do oxigênio dissolvido, causando a morte de peixes e outros organismos aquáticos, e aparecimento de maus odores. O excesso de nutrientes na água provoca o crescimento acelerado de algas que conferem odor e gosto desagradáveis, agravando o problema da escassez de água de boa qualidade e, em consequência disso, o aumento na disseminação de doenças de veiculação hídrica – nas quais a água transporta o agente patogênico –, desequilíbrio ecológico, entre outros. Nessa perspectiva, a implementação de soluções coletivas e/ou individuais adequadas é de suma importância para a população e para o meio ambiente.

### **3.2.1 Sistemas de Esgotamento Sanitário**

A fim de minimizar os efeitos deletérios dos esgotos sanitários na saúde socioambiental, implementam-se os Sistemas de Esgotamento Sanitário (SESSs), os quais podem assumir diferentes configurações. As soluções são executadas de forma individual, também chamada de alternativa e unidomiciliar, ou de modo coletivo. No Brasil, mesmo que nas zonas

urbanas, os sistemas individuais são muito utilizados, uma vez que o atendimento à população com rede coletora é baixo – como visto no subitem 3.1.2.

Legalmente, na disponibilidade de redes de esgotamento sanitário, os domicílios são obrigados a possuírem conexão, sob penalidades da Lei de Crimes Ambientais – Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998 –, que regulamentou o artigo 255 da Constituição Federal de 1988 e estabeleceu sanções penais para as pessoas físicas ou jurídicas que cometam crimes em detrimento do patrimônio ambiental brasileiro (BRASIL, 1998a).

Tal obrigatoriedade está presente no artigo 45 da LNSB, o qual dita que, em regra, toda edificação permanente urbana será conectada às redes públicas de abastecimento de água e de esgotamento sanitário disponíveis e sujeita ao pagamento das tarifas e de outros preços públicos decorrentes da conexão e do uso desses serviços. Em contrapartida, o § 1º desse mesmo artigo prevê que, na ausência de redes públicas de saneamento básico, serão admitidas soluções individuais de abastecimento de água e de afastamento e destinação final dos esgotos sanitários, observadas as normas editadas pela entidade reguladora e pelos órgãos responsáveis pelas políticas ambiental, sanitária e de recursos hídricos (BRASIL, 2007a).

Nos casos em que a ocupação ocorre de forma desordenada, sem planejamento – como vilas, favelas e loteamentos clandestinos –, o atendimento por rede coletora de esgoto pode exigir ações conjuntas de urbanização e/ou remoção e desapropriações, devido, principalmente, aos seguintes fatores (BRASIL, 2006):

- O traçado e a largura de vielas e becos muitas vezes não permitem a implantação conjunta de rede de drenagem e de esgotos;
- A ocupação desordenada cria situações desfavoráveis como, por exemplo, fundos de vale em interior de quarteirão, ausência de pontos de lançamento, formação de áreas de risco, entre outros;
- O dinamismo da ocupação dificulta o planejamento de ações de médio e longo prazo;
- A ausência e/ou precariedade da infraestrutura urbana, muitas vezes executada pelos próprios moradores, habitualmente dificulta e encarece a implantação de redes de coleta de esgoto.

Além disso, outras variáveis podem interferir no tipo de solução a ser adotada na zona urbana. Segundo von Sperling (2005), soluções individuais podem funcionar satisfatória e economicamente se a densidade de ocupação for baixa, o solo apresentar boas condições de infiltração e o nível da água subterrânea se encontrar a uma profundidade adequada para evitar a contaminação por microrganismos patogênicos. Por outro lado, adensamento populacional, solo com baixa permeabilidade e lençol freático raso desfavorecem o emprego de soluções individuais.

Quanto à responsabilidade, de acordo com o Decreto nº 7.217, de 21 de junho de 2010, as soluções individuais de esgotamento sanitário somente constituirão serviço público nas situações em que os usuários dependam de terceiros para coleta, transporte, e disposição final dos esgotos sanitários, e para disposição final dos lodos originários da degradação dos mesmos (BRASIL, 2010).

Cabe aqui ressaltar que, como visto na Tabela 3.2, o MCidades considera como soluções adequadas para o esgotamento sanitário individual e coletivo, respectivamente, fossa séptica sucedida por pós-tratamento ou unidade de disposição final, adequadamente projetados e construídos; e coleta de esgoto por rede coletora unitária, seguida de tratamento e disposição final ambientalmente adequados. Essas e outras soluções serão melhor detalhadas na sequência.

#### 3.2.1.1 Soluções individuais

De acordo com von Sperling (2005), os sistemas individuais pressupõem a solução no local, portanto, usualmente são adotados para atendimento unifamiliar, embora possam também atender a certo número de residências próximas entre si, e são classificados da seguinte maneira:

- Sistemas sem transporte hídrico: trata-se de um sistema estático, com a disposição local das excretas sem utilização de água. São exemplos a fossa seca de buraco, fossa seca tubular, fossa estanque, fossa de fermentação e a fossa química;

- Sistemas com transporte hídrico: trata-se de um sistema para a disposição e tratamento de esgotos quando há abastecimento de água. São exemplos a fossa ou o poço absorvente e a fossa séptica.

As fossas dos sistemas sem transporte hídrico constituem-se de compartimentos físicos, escavados no solo ou sobre ele, destinados a receber os dejetos humanos diretamente. Devem localizar-se em lugares livres de enchentes, acessíveis aos usuários, distantes de poços e fontes, e com cota inferior a esses mananciais para que não haja contaminação. A matéria retida no interior da fossa se decompõe ao longo do tempo por digestão anaeróbia e pode ser descartada (BRASIL, 2007b).

Havendo transporte hídrico, a solução individual dá-se por fossa/poço absorvente ou fossa/tanque séptico. A fossa absorvente é uma escavação que se assemelha a um poço, onde são lançados os esgotos para infiltração no solo, podendo ter paredes de sustentação e cobertura com laje de concreto. Associa, em um só compartimento, os mecanismos que ocorrem nos tanques sépticos e sumidouros, o que pode resultar na contaminação do solo e do lençol freático (Andreoli, 2009 *apud* Ramos, 2014).

A fossa séptica, por outro lado, é uma unidade que recebe e trata o esgoto por processo de sedimentação, flotação e digestão, constituída por câmara fechada com a finalidade de deter todos os despejos domésticos por um período de tempo estabelecido, de modo a permitir a decantação dos sólidos e retenção do material graxo contido nos esgotos, transformando-os, bioquimicamente, em substâncias e compostos mais simples e estáveis (BRASIL, 2007b).

No Brasil, a NBR 7.229/93 trata sobre projeto, construção e operação de sistemas de tanques sépticos e dita suas recomendações. O tanque séptico somente é indicado para áreas desprovidas de rede coletora de esgoto, alternativa de tratamento de esgoto em áreas providas de rede coletora local, e retenção prévia dos sólidos sedimentáveis, quando da utilização de rede coletora com diâmetro e/ou declividade reduzidos para transporte de efluente livre de sólidos sedimentáveis (ABNT, 1993).

A digestão por bactérias anaeróbias promove a destruição total ou parcial de organismos patogênicos e a redução de volume dos sólidos retidos, dando ao efluente final melhores parâmetros de qualidade da água se comparado ao esgoto bruto. Entretanto para que seja

considerada uma solução adequada, como estabelecido no PLANSAB, a fossa séptica deve conter unidades de pós-tratamento e disposição final ambientalmente corretos.

Nessa perspectiva, a NBR 13.969/97 aborda as unidades de tratamento complementar e disposição final do efluente líquido e do lodo de tanques sépticos, apontando as alternativas possíveis, mostradas na Tabela 3.4. Dentre as alternativas, há a possibilidade de diferentes combinações, sempre observando o nível de tratamento necessário (ABNT, 1997). Na Figura 3.3, é exemplificada a concepção de fossa séptica acompanhada por unidade de filtração e sumidouro.

Tabela 3.4 - Alternativas para tratamento complementar e disposição final (ABNT, 1997 modificada).

Tratamento complementar	Disposição final
Efluente Líquido	
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Filtro anaeróbio</li> <li>- Filtro aeróbio</li> <li>- Filtro de areia</li> <li>- Vala de infiltração</li> <li>- Escoamento superficial</li> <li>- Desinfecção</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Poço absorvente (sumidouro)</li> <li>- Vala de infiltração</li> <li>- Corpo de água</li> <li>- Sistema público (simplificado)</li> </ul>
Lodo	
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Digestor</li> <li>- Leito de secagem</li> <li>- Estação de tratamento de esgoto</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Aterro sanitário</li> <li>- Campo agrícola</li> </ul>

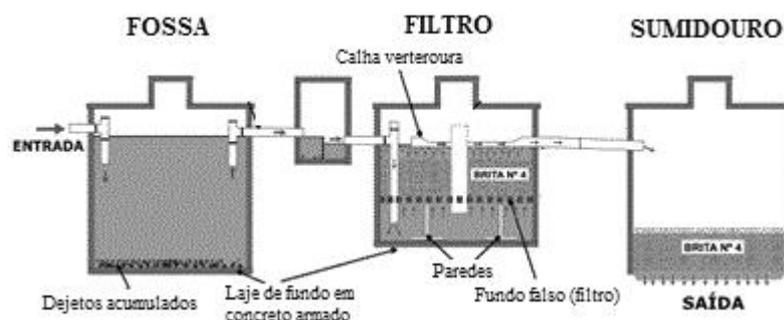


Figura 3.3 - Concepção de fossa séptica com filtro e sumidouro.

### 3.2.1.2 Soluções coletivas

Como soluções coletivas, encontram-se as variantes dos SESs com rede coletora de esgoto. De acordo com Tsutiya e Sobrinho (1999), esses sistemas podem ser de três diferentes tipos:

sistema de esgotamento unitário, ou combinado; sistema de esgotamento separador parcial; e sistema de esgotamento separador absoluto.

O sistema de esgotamento unitário é aquele no qual as mesmas instalações são destinadas para disposição final das águas residuárias, águas de infiltração e águas pluviais. No sistema de esgotamento separador parcial, uma parcela das águas da chuva, proveniente de telhados e pátios, é encaminhada juntamente com as águas residuárias e águas de infiltração para um único sistema de coleta e transporte de esgotos (Tsutiya e Sobrinho, 1999).

Já o sistema de esgotamento separador absoluto, adotado no Brasil por meio da NBR 9.648/86, é o conjunto de condutos, instalações e equipamentos destinados a coletar, transportar, condicionar e encaminhar somente o esgoto sanitário a uma disposição final conveniente, de modo contínuo e higienicamente seguro (ABNT, 1986).

Os principais objetivos da implantação do sistema separador absoluto são: coleta e afastamento seguro e rápido dos esgotos; eliminação de focos de poluição e contaminação, melhoria das condições sanitárias locais; e proteção e conservação dos recursos hídricos (Tsutiya e Sobrinho, 1999). Para tanto, sua concepção envolve diversas partes, as quais serão apresentadas na sequência e encontram-se, parcialmente, na Figura 3.4.

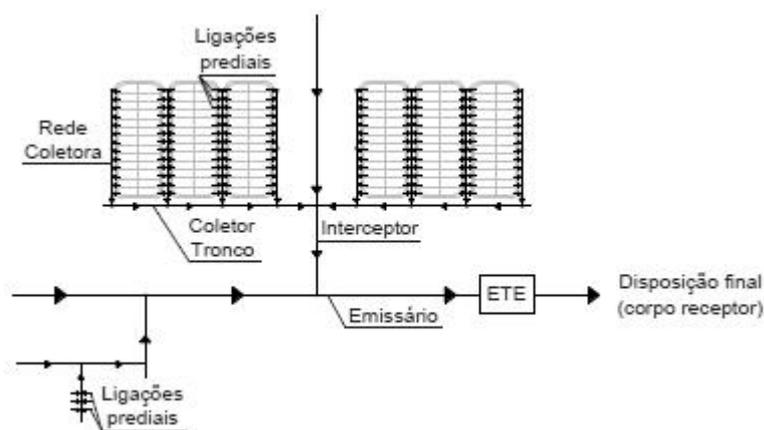


Figura 3.4 - Sistema de esgotamento sanitário separador absoluto (Frata, 2014 modificada).

### *Rede coletora*

Pode-se entender como rede coletora o conjunto de canalizações destinadas a receber e conduzir os esgotos sanitários. As redes coletoras são compostas por diversas partes, divididas e conceituadas da seguinte forma por Tsutiya e Sobrinho (1999):

- Ligação Predial: trecho do coletor predial compreendido entre o limite do terreno e o coletor de esgoto;
- Coletor de esgoto ou coletor secundário: tubulação da rede coletora que recebe contribuição de esgotos dos coletores prediais em qualquer ponto ao longo de seu comprimento;
- Coletor principal: coletor de maior extensão dentro da mesma bacia, que recebe contribuição dos coletores secundários e encaminham os dejetos para um emissário interceptador;
- Coletor tronco: tubulação da rede coletora que recebe apenas contribuição de esgotos de outros coletores;
- Órgãos acessórios: são dispositivos fixos e desprovidos de equipamentos mecânicos que objetivam evitar ou minimizar entupimentos nos pontos singulares da tubulação – início de coletores, mudanças de direção, declividade, diâmetro, material, junção de tubulação. Entram nessa definição os poços de visita, tubos de limpeza, terminais de limpeza e as caixas de passagem.
- Interceptador: canalização que recebe contribuição de coletores ao longo do seu comprimento com a função de transportar o esgoto coletado. Sua localização se dá em partes baixas da bacia a fim de conduzir os efluentes para um ponto de concentração;
- Emissário: canalização destinada a conduzir os esgotos a um destino conveniente – no caso, estação de tratamento de esgoto – sem receber contribuições no percurso, apenas na extremidade montante;
- Sifões invertidos e passagens forçadas: destinam-se a transposição de obstáculos pela tubulação de esgotos, funcionando sob pressão.

### *Estação elevatória*

As estações elevatórias são instalações que objetivam a transferência de esgotos a partir de um ponto de cota mais baixa para outro de cota superior. Isso se faz necessário quando o

decaimento da declividade da rede coletora, necessário para o transporte por gravidade das águas residuárias, atinge níveis impraticáveis. Ficam localizadas, em regra, nos pontos mais baixos da bacia ou nas proximidades de corpos hídricos (Tsutiya e Sobrinho, 1999).

Devido a complicações inerentes à operação, a implantação de elevatórias de esgoto deve ser cuidadosamente analisada, sendo inclusive fator de restrição forte para a ocupação de determinadas áreas (BRASIL, 2006).

### *Estação de tratamento de esgoto*

A estação de tratamento de esgoto (ETE) é a unidade operacional do SES que, por meio de processos físicos, químicos e biológicos removem as cargas poluentes do esgoto, devolvendo ao ambiente o produto final, efluente tratado, em conformidade com os padrões exigidos na legislação ambiental.

No Brasil, essa disposição é possível mediante atendimento à Resolução do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA) nº 430, de 13 de maio de 2011, que complementa e altera a Resolução CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005, dispondo sobre condições e padrões de lançamento de efluentes. Em seu artigo 3º, consta que os efluentes de qualquer fonte poluidora somente poderão ser lançados diretamente nos corpos receptores após o devido tratamento e desde que obedeçam às condições, padrões e exigências das legislações aplicáveis.

Entretanto o artigo 6º da Resolução CONAMA 430/2011 cita que, em condição excepcional e em caráter provisório, o órgão ambiental poderá, por meio de análise técnica, autorizar o lançamento de efluentes em desacordo com os padrões estabelecidos, descritos na Tabela 3.5.

Os corpos hídricos são enquadrados de acordo com a Resolução CONAMA nº 357/2005, a qual define as águas como doces, salobras e salinas. As águas doces são classificadas em classe especial, classe I, classe II, classe III e classe IV; e as águas salobras e salinas são classificadas em classe especial, classe I, classe II e classe III. Assim, o lançamento de efluentes não poderá conferir ao corpo receptor características de qualidade em desacordo com o seu enquadramento, sendo vedado o lançamento de efluentes nas águas de classe

especial, conforme descrito no artigo 11 da Resolução CONAMA n° 410/2011 (BRASIL, 2005; BRASIL, 2011a).

Tabela 3.5 - Condições de lançamento de efluentes provenientes de SESs no Brasil (BRASIL, 2011a modificada).

Parâmetro	Condicionante
pH	Entre 5 e 9
Temperatura	Inferior a 40°C, sendo que a variação de temperatura do corpo receptor não deverá exceder a 3°C no limite da zona mistura.
Materiais sedimentáveis	Até 1 mL/L em teste de 1 hora em cone <i>Imhoff</i> . Para o lançamento em lagos e lagoas, cuja velocidade de circulação seja praticamente nula, os materiais sedimentáveis deverão estar virtualmente ausentes.
Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) 5 dias, 20°C	Máximo de 120 mg/L, sendo que este limite somente poderá ser ultrapassado no caso de efluentes de SES com eficiência de remoção mínima de 60% de DBO, ou mediante estudo de autodepuração do corpo hídrico que comprove atendimento às metas do enquadramento do corpo receptor.
Substâncias solúveis em hexano (óleos e graxas)	Até 100 mg/L
Materiais flutuantes	Ausência

Nessa perspectiva, é importante considerar que o efluente final das ETEs a serem lançados em corpos hídricos atinja os padrões de qualidade requeridos pela legislação, precedendo de tratamento adequado, proporcionando também ao corpo receptor a possibilidade de autodepuração do esgoto lançado e a manutenção da qualidade ambiental.

A respeito das tecnologias de tratamento, diversas foram desenvolvidas partindo-se do emprego da ação de microrganismos para remoção da matéria orgânica presente nos esgotos, ou autodepuração – desde lagoas de estabilização a lodos ativados. Na visão de Frata (2014), diante das exigências legais que devem ser observadas para o lançamento de esgoto sanitário em corpo de água, a escolha da tecnologia torna-se complexa e deve ser realizada de maneira criteriosa, onde diversos fatores devem ser observados a fim de viabilizar o empreendimento, como custos de implantação e manutenção, local de implantação, lançamento e enquadramento legal.

O tratamento do esgoto, nas ETEs, é usualmente dividido em quatro níveis: preliminar, primário, secundário e terciário. O tratamento preliminar é responsável pela remoção de materiais grosseiros e areia; o tratamento primário visa à remoção de sólidos sedimentáveis

e parte da matéria orgânica, predominando os mecanismos físicos; no tratamento secundário ocorrem reações bioquímicas da matéria orgânica e nitrogenada, onde a biomassa se utiliza do substrato presente no esgoto bruto para se desenvolver; e o tratamento terciário objetiva a remoção de poluentes específicos ou, ainda, remoção de poluentes não suficientemente removidos no tratamento secundário (von Sperling, 2005).

### **3.2.2 Diagnóstico de Sistemas de Esgotamento Sanitário**

De modo geral, o diagnóstico consiste na caracterização e análise da situação atual do sistema, procurando identificar os diversos problemas e suas respectivas causas, além permitir hierarquiza-los de acordo com sua importância para que, em fase posterior, prioridades sejam definidas (BRASIL, 2006).

Nos SESs, a condição de lançamento dos efluentes (nas ruas, galerias de drenagem e rios) é o principal condicionante para planejamento. Essa condição determina o tipo necessário de tratamento e sua localização. Outros aspectos merecem atenção especial (BRASIL, 2006):

- Demanda de área para disposição do lodo gerado;
- Qualidade dos esgotos lançados e a capacidade de autodepuração dos corpos receptores;
- Características físicas e hidráulicas das redes;
- Quantidade e localização dos interceptores;
- Características das ETEs.

Quando as redes de coleta são presentes, é necessário assegurar que as ligações domiciliares sejam executadas em sua integralidade, a fim de maximizar seus benefícios. Ademais, outros serviços de saneamento básico, como a coleta de lixo, podem interferir na vida útil das redes coletoras, uma vez que sua precariedade associada à falta de conscientização sanitária e ambiental da população demandam manutenção mais frequente. Na Tabela 3.6 constam as informações mínimas necessárias a serem obtidas durante o diagnóstico de sistemas municipais de esgotamento sanitário, seus objetivos e suas fontes.

Tabela 3.6 - Informações necessárias para o diagnóstico de sistema de esgotamento sanitário (BRASIL, 2006).

Informação necessária	Objetivo	Fonte
Dados dos corpos receptores (qualidade, vazão, usos jusante, entre outros)	Análise dos condicionantes para lançamento.	Prefeitura, concessionária e órgão ambiental de recursos hídricos.
Informações sobre produção (produção per capita e de consumidores especiais)	Análise da demanda e retorno.	Prestadora de serviço
Dados da unidade de tratamento (capacidade instalada)	Análise da capacidade limite.	Prestadora de serviço
Problemas com esgotamento sanitário	Identificar os principais tipos de problemas (obstrução de rede, refluxo do esgoto para moradia, mau cheiro, entre outros). Verificar a frequência de ocorrência destes problemas. Verificar a relação entre a evolução populacional e a quantidade de ocorrência dos problemas.	Prefeitura municipal e consulta à população
Planejamento	Verificar a existência de Plano Diretor.	Prefeitura municipal e prestadora de serviço
Soluções de esgotamento adotadas (individuais ou coletivas)	Entender como o município tem resolvido o problema, verificando os pontos positivos e negativos.	Prefeitura, concessionária, inspeção a vias, residências e corpos de água
Planta altimétrica do município	Entendimento do relevo, tipo de urbanização, áreas de expansão.	Prefeitura, concessionária, órgãos estaduais e federais relativos a banco de dados.
Croqui georreferenciado dos sistemas de esgotamento existentes, com capacidade dos principais componentes	Análise da capacidade limite.	Prefeitura, concessionária, órgãos estaduais e federais relativos a banco de dados.
Dados da(s) unidade(s) de tratamento (capacidade instalada, eficiência de tratamento, custo operacional, entre outros)	Análise da capacidade limite.	Prefeitura e concessionária.
Vazão de esgoto, número e tipo de ligações	Análise da demanda e retorno.	Prefeitura e concessionária.

### 3.3 AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO

A partir da década de 1980, o conceito de avaliação, já em sua quarta geração, evoluiu de uma abordagem unidimensional, feito por um único avaliador, para uma atividade multidimensional concentrada em vários níveis institucionais – Tabela 3.7. Nessa nova abordagem, há vários avaliadores, produtos e processos sob avaliação e vários interessados no resultado final. Dessa forma, a avaliação não mais responsabiliza e culpa, como na auditoria, mas se torna uma ferramenta metodológica que auxilia o entendimento do objeto em estudo e a aprendizagem em função da experiência adquirida (BID, 1997).

Tabela 3.7 - Evolução do conceito de avaliação (Brostel, 2002; BID, 1997 modificada)

Etapa	Característica	Interesse
1ª Geração (Final do século XIX)	Medição	Identificação do nível de alcance dos objetivos específicos através de uma medida quantitativa com instrumentos unimodais.
2ª Geração (1920 a 1950)	Descrição e comparação	Identificação dos aspectos otimizadores e limitantes em relação aos objetivos estabelecidos; comparação de enfoques usando meios experimentais ou de fenômenos em grupo ou situação de ocorrência natural.
3ª Geração (1950 a 1980)	Serviços de valor	Comparação de múltiplos resultados com metas e normas estabelecidas a priori; avaliação normativa relacionada a dados de referência e indicadores.
4ª Geração (A partir de 1980)	Transparência, responsabilidade executiva e desempenho	Transparência, responsabilidade executiva e desempenho, coordenados por meio da análise dos dados disponíveis, utilizando vários métodos e formas de medições múltiplas, e incorporando o conhecimento, as perspectivas e os valores de todos os envolvidos.

De acordo com Brostel (2002), os conceitos de avaliação ampliaram-se a um processo dinâmico que ocorre ao longo de todas as etapas de um empreendimento e que tem por objetivo a obtenção de informações que possibilitem identificar ações e procedimentos que promovam a melhoria do desempenho.

Ainda, uma avaliação deve incorporar objetivos, valores e diferenças organizacionais. Cada avaliação tem suas próprias indagações. Assim, não há um modelo de avaliação pronto para uso geral e indiscriminado, a avaliação deve compreender e respeitar a identidade institucional (Igarashi *et al.*, 2008).

A avaliação de desempenho é, então, uma ferramenta metodológica que visa a analisar e determinar o progresso de determinado processo, ou sistema, adotando critérios de julgamentos que considerem opiniões e interesses dos agentes envolvidos.

Segundo Ribeiro (2000, *apud* Brostel, 2002), a avaliação de desempenho pode ser individual, grupal ou organizacional, sempre considerando que o desempenho organizacional resulta da sinergia entre os desempenhos grupais, e esses resultam da sinergia entre os desempenhos individuais. Além disso, a avaliação de desempenho deve estar inserida no planejamento estratégico da empresa e considerar os principais aspectos que retratam o sucesso de uma organização: competência, capacidade inovadora e desempenho positivo da força de trabalho.

Para Igarashi *et al.* (2008), uma avaliação válida e legítima deve buscar saber:

- O que vai ser avaliado: conhecer o objeto da avaliação, incluindo sua identidade, a cultura sob a qual essa identidade construída, as instâncias que respondem pelo objeto a ser avaliado, resultando nos objetivos a serem perseguidos;
- Como proceder à avaliação: identificar como cada objeto será avaliado e quanto cada objeto contribui para avaliação do todo, possibilitando a identificação do perfil de desempenho do objeto avaliado;
- Como conduzir ao gerenciamento interno: sugerir ações de aperfeiçoamento baseadas nas análises de fragilidades e potencialidades identificadas, promovendo a alavancagem do sistema.

São características necessárias para que os objetivos e propósitos do processo de avaliação sejam alcançados, de acordo com BID (1997):

- Imparcialidade: o processo de análise e conclusão da avaliação deve ter neutralidade, transparência e equidade, sem permitir a interferência de interesse pessoal ou conflito de interesses;
- Credibilidade: a avaliação deve apresentar normas claras, metodologia definida para avaliação dos dados e atender às necessidades e perspectivas dos envolvidos, de forma a proporcionar confiabilidade e credibilidade à avaliação;

- Utilidade: uma avaliação deve ter efeito sobre as pessoas e a organização, por intermédio de contribuições claras, concisas e oportunas às tomadas de decisões;
- Participação: o processo participativo de todos os envolvidos permite o compartilhamento das experiências e o atendimento aos seus interesses;
- Retroalimentação: gerar informações de forma sistematizada aos envolvidos promove a retroalimentação para auxiliar na tomada de decisão e no aprendizado organizacional;
- Custo eficaz: agregar valor aos interessados e a organização de forma proporcional aos investimentos realizados.

Muitas são as metodologias de avaliação e as técnicas empregada para melhoria do desempenho organizacional. Conforme Campos (2001), as metodologias de avaliação de desempenho são instrumentos que têm como principal objetivo estabelecer o grau de evolução ou estagnação dos processos e sistemas. Nessa linha, uma ferramenta muito importante são os indicadores de desempenho, definidos e devidamente alinhados às estratégias, objetivos e metas da organização. Ademais, Brostel (2002) destaca a Gestão de Qualidade Total, o *benchmarking* e a auditoria.

No Brasil, a LNSB aborda o processo de avaliação de desempenho na prestação de serviços no setor de saneamento e considera a importância da definição e utilização de indicadores como forma de acompanhamento do desenvolvimento do setor. Em seu artigo 23, estabeleceu, entre outros, o uso de sistemas de indicadores com a finalidade de efetuar um diagnóstico da situação dos serviços de saneamento e apontar causas das deficiências detectadas (BRASIL, 2007a).

Outrossim, De Paula (2013) afirma que a maioria dos modelos de avaliação de desempenho aplicados na área de saneamento tem utilizado indicadores de desempenho como base de avaliação dada à eficiência dessa ferramenta, bem como às orientações presentes nos dispositivos normativos vigentes.

Partindo da premissa que o presente trabalho tem como foco o desenvolvimento de um procedimento para avaliação de desempenho de todo o sistema de esgotamento sanitário, em nível municipal, e que inúmeros estudos, principalmente realizados pelas prestadoras de

serviços de água e esgoto, utilizam-se de indicadores para apontar as condições do sistema, dar-se-á ênfase aos aspectos relacionados a essa ferramenta.

### **3.3.1 Indicadores de Desempenho**

Etimologicamente, a palavra indicador deriva da palavra latina *indicare*, que significa destacar ou revelar algo, anunciar ou divulgar publicamente. Indicadores comunicam informação sobre o progresso de objetivos sociais, tais como desenvolvimento sustentável. É comumente aceito que um indicador é algo que fornece uma pista para uma questão de maior significância, ou torna perceptível uma tendência ou fenômeno que não é imediatamente detectável (Hammond *et al.*, 1995).

Como ferramentas de auxílio à decisão, os indicadores são modelos simplificados da realidade com a capacidade de facilitar a compreensão dos fenômenos, de aumentar a capacidade de comunicação de dados brutos e de adaptar as informações à linguagem e aos interesses locais dos decisores (Magalhães Júnior, 2007).

Apesar de os indicadores serem frequentemente apresentados em formas estatísticas ou gráficas, eles se diferenciam de estatísticas ou dados primários. A valer, indicadores, indicadores altamente agregados e os índices são o topo de uma pirâmide de informação onde a base é formada por dados primários derivados do monitoramento e análise de dados, como representado na Figura 3.5 (Hammond *et al.*, 1995).

Santos (2004) conceitua índices como a combinação de dois ou mais indicadores, com valores relativos, associados uns aos outros por meio de uma relação pré-estabelecida que dá origem a um novo e único valor. Diferenciam-se de indicadores agregados por esses serem a associação de parâmetros, ou indicadores, sem ponderação ou outras técnicas analíticas.



Figura 3.5 - Pirâmide de informação.

Magalhães Júnior (2007) argumenta que um indicador pode exigir uma ou mais unidades de medida e, muitas vezes, padrões para referenciar sua interpretação. Os padrões seriam valores que expressam os limites nos quais a ocorrência de um indicador deve ser ou não nociva ao homem ou ao seu ambiente. Além disso, podem possuir valores de referência normativa ou científica, entretanto, podem apresentar-se independentes de valores de referência.

As etapas de trabalho em relação aos indicadores compreendem sua identificação, a identificação dos parâmetros que respondem pela análise do indicador, a avaliação da qualidade do dado ou informação que responde sobre os indicadores, a seleção do método para coleta dos dados que os compõem, e a aplicação de um método para sua estruturação e classificação (Santos, 2004).

Para Hamilton (1996, *apud* Brostel, 2002), quando da seleção dos indicadores, devem ser considerados os seguintes aspectos:

- Relevância: os indicadores devem demonstrar aspectos e situações significativas, serem de fácil interpretação e permitirem a análise com padrões ou limites;
- Condições analíticas: possuem embasamento técnico e científico;
- Mensurabilidade: devem ser facilmente obtíveis a partir de dados disponíveis, ser documentados, de boa qualidade e determinados regularmente.

Além disso, os indicadores devem ser de fácil acesso, para não gerar um trabalho muito dispendioso, e representativos dos processos e atividades, levando à análise de causas e consequências e permitindo melhorias de forma prática e objetiva.

No que tange à quantidade de indicadores, Silva e Sobrinho (2008) defendem que, sem um esforço para restringir a quantidade de indicadores, seu número pode facilmente chegar a mais de uma centena, em face do impulso por parte dos tomadores de decisão de se munir com ferramentas para avaliar cada detalhe da prestação dos serviços. Na prática, a multiplicação de indicadores deve ser evitada para não gerar confusão e dispersão de esforços, e manter a objetividade e eficiência do processo de avaliação.

Para a adequada escolha e utilização de um conjunto grande de indicadores, é necessário, muitas vezes, que esses sejam organizados e classificados dentro de um modelo capaz de representar suas relações de causa e efeito. Um dos modelos mais conceituados e citados em planejamento é o PER (Pressão – Estado – Resposta), desenvolvido pela OECD (*Organisation for Economic Cooperation and Development*), e publicado em 1994.

#### 3.3.1.1 Modelo PER: Pressão – Estado – Resposta

O modelo PER (Pressão – Estado – Resposta) foi inicialmente desenvolvido pela OECD para estruturar seu trabalho em políticas e relatórios ambientais. O modelo é fundamentado nas seguintes proposições: as atividades humanas exercem pressões no meio ambiente e afetam a qualidade e a quantidade de recursos naturais (estado); a sociedade responde a essas pressões por meio de políticas ambientais, econômicas e setoriais e por meio de mudanças na consciência e no comportamento (resposta social) (OECD, 2003).

Em suma, por meio desse modelo, os indicadores são estruturados em três eixos: indicadores de pressão, que têm o papel de expressar as intervenções, resultantes das atividades humanas, sofridas pelo objeto observado; indicadores de estado, que expressam a situação atual do fator observado decorrente das pressões antrópicas; e indicadores de resposta, que expressam as ações preventivas e mitigadoras desenvolvidas para combater as pressões ou efeito das mesmas (OECD, 2003).

De acordo com Santos (2004), a base para construção desse modelo é a causalidade. Para cada fator de causalidade deve haver um conjunto específico de indicadores ambientais que responderão por suas características internas, ou de relação com os outros dois fatores vizinhos. A Figura 3.6 evidencia a construção do modelo PER e as inter-relações dos três blocos de indicadores.

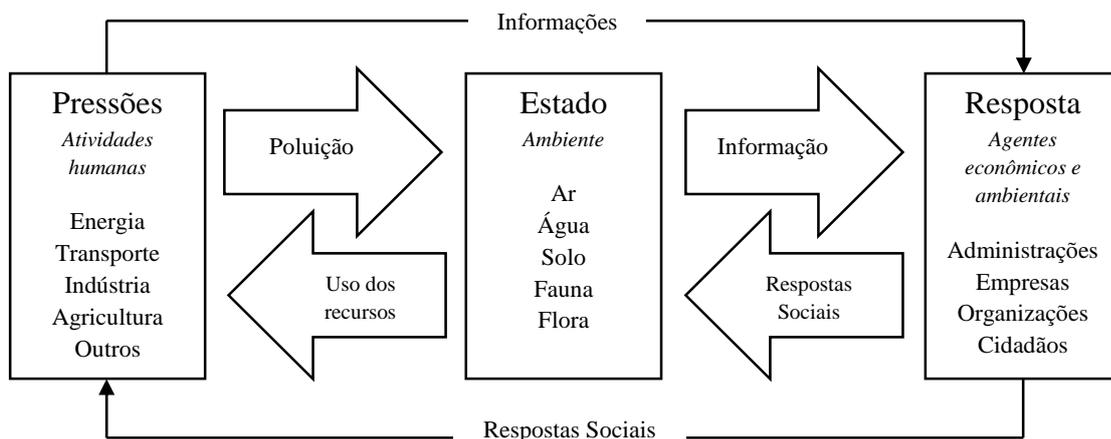


Figura 3.6 - Modelo PER (OECD, 2003 modificada)

Como principais vantagens, OECD (2003) elucida que o modelo destaca as relações de causa e efeito, e ajuda os tomadores de decisão e a sociedade a enxergar como as questões ambientais, econômicas, entre outras, estão interconectadas. Outra vantagem é que o modelo possui elementos fáceis de entendimento e uso e permite expor indicadores de forma neutra, já que não evidencia se são negativos ou positivos. Ademais, dependendo da finalidade para o qual o modelo será usado, pode-se ajustá-lo facilmente para contabilizar maiores detalhes ou características específicas.

Marinho *et al.* (2006) trazem alguns exemplos de ajustes do modelo PER que, buscando vencer falhas e limitações, vêm agregando outros fatores à concepção original. As variantes do modelo PER, assim como uma breve explicação de suas diferenças, são trazidas a seguir:

- Força Motriz – Situação – Resposta (FMSR);
- Força Motriz – Pressão – Estado – Impacto – Resposta (FPEIR);
- Pressão – Estado – Impacto – Resposta (PEIR);
- Pressão – Estado – Resposta – Efeitos (PERE).

Na estrutura FMSR, evidenciam-se as atividades humanas e os processos que causam impactos, que exercem as pressões no ambiente. Assim, o termo “pressão” foi substituído por “força motriz”, visando a explicitar as demandas e os usos sociais sobre os sistemas e recursos ambientais, e acomodar com mais precisão a adição dos indicadores sociais, econômicos e institucionais.

A variante FMPSIR, também chamada de FPEIR (força motriz – pressão – estado – impacto – resposta), considera que as atividades humanas (força motriz) geram pressões (pressão) de alterações no ambiente que vão degradar o estado do ambiente (estado), o que, por sua vez, poderá originar impacto (impacto) na saúde humana e nos ecossistemas, fazendo que a sociedade emita respostas (resposta) por meio de medidas políticas, as quais podem ser direcionadas a qualquer compartimento do sistema.

A estrutura PEIR tem como diferencial a inclusão do termo “impacto”, que se refere aos efeitos adversos à qualidade de vida, aos ecossistemas e à socioeconomia local. Esse modelo permite uma melhor compreensão dos problemas e fenômenos urbanos ambientais por meio da identificação e caracterização de indicadores ambientais e suas relações com os diferentes recursos envolvidos.

Finalmente, o modelo PERE tem a inclusão de novo componente denominado “efeitos”. Esse componente está diretamente relacionado com a utilização de indicadores para avaliar as relações existentes entre as variáveis de pressão, estado e resposta, os quais auxiliam na criação de critérios para decidir no estabelecimento de objetivos/metas de política ambiental.

Em contraposição às vantagens do método, Marinho *et al.* (2006) esclarece que, ao considerar a origem das cadeias causais, o sistema PER impõe uma lógica linear e a necessidade de simplificação de questões complexas. Para minimizar esse impasse, torna-se fundamental que o processo de análise não deixe de considerar que as interações econômico-ambientais e as relações ecossistêmicas são mais complexas do que o efetivamente demonstrado.

### 3.3.2 Sistemas de indicadores de desempenho de saneamento

A partir do levantamento bibliográfico acerca de sistemas de indicadores de desempenho aplicáveis às prestações de serviços de saneamento básico, pôde-se identificar as principais fontes de indicadores utilizadas no âmbito nacional e internacional, e que devem nortear a seleção desses componentes de avaliação no presente estudo.

As entidades e organizações relacionadas utilizam sistemas de indicadores com diferentes objetivos e, por consequência, abordam indicadores de maneira particularizada. Além disso, seus indicadores não são destinados apenas ao esgotamento sanitário, mas envolvem outros componentes do saneamento básico, em regra, o abastecimento de água. Na Tabela 3.8 são elencados os sistemas de indicadores de desempenho identificados.

Tabela 3.8 - Sistemas de indicadores aplicáveis ao saneamento básico.

Sistemas de indicadores	
Sigla	Nome
Nacionais	
ABAR	Agência Brasileira de Agências Reguladoras
NBR ISO 24500/2012	Série de normas brasileiras 24500/2012
PNQS	Pesquisa Nacional de Saneamento Básico
SNIS	Sistema Nacional de Informação sobre Saneamento
Internacionais	
ADERASA	<i>Asociación de Entes Reguladores de Agua Potable y Saneamiento de las Américas</i>
AWWA	<i>American Water Works Association</i>
IBNET	<i>The International Benchmarking Network for Water and Sanitation Utilities</i>
IRAR/ERSAR	Instituto Regulador de Águas e Resíduos de Portugal / Entidade Reguladora do Serviços de Água e Resíduos
IWA	<i>Internacional Water Association</i>
OFWAT	<i>Office of Water Services</i>
SGC	<i>Six-Cities Group</i>
WSAA	<i>Water Service Association of Australia</i>

O SNIS é o maior e mais importante banco de dados do setor de saneamento brasileiro, contando um histórico de doze anos de publicações dos serviços de água e esgoto e quatro anos sobre resíduos sólidos. O sistema contém informações de caráter institucional,

administrativo, operacional, gerencial, econômico-financeiro e de qualidade sobre a prestação desses serviços (Silva e Sobrinho, 2008).

Quanto à ABAR, trata-se de uma entidade de direito privado criada em 1999, cujos associados são agências de regulação em nível federal, estadual e municipal. No ano de 2006, a ABAR, em parceria com o Plano de Modernização do Setor Saneamento, realizou uma oficina de indicadores para regulação do saneamento, a ser utilizado por todas as agências reguladoras. Os indicadores desenvolvidos abrangem as dimensões operacionais, de qualidade e econômico-financeiros (von Sperling, 2010).

Ainda em âmbito nacional, o PNQS visa a estimular as melhores práticas do setor de saneamento no Brasil e, para tanto, desde 1997, concede prêmios às empresas que participam voluntariamente do programa segundo critérios de avaliação de desempenho baseado em indicadores. Os indicadores de avaliação são divididos nas dimensões: econômico-financeiros, sociais e ambientais, relativos a clientes e ao mercado, relativos às pessoas e relativos aos processos (ABES, 2016).

Internacionalmente, a ADERASA concentra reguladores dos serviços de saneamento situados no continente americano. Desde 2003, realiza um projeto de *benchmarking* voltado à comparação de desempenho das empresas reguladas, exercendo estímulo para diversas experiências em países na América Latina. Seus indicadores tiveram como base os da IWA, em concordância com os da IBNET (Silva e Sobrinho, 2008).

Segundo Carvalho (2013), a AWWA conduz um programa de *benchmarking* entre os prestadores de serviço de abastecimento de água e esgotamento sanitário dos Estados Unidos. As dimensões previamente identificadas nesse sistema são: desenvolvimento institucional, relações com os clientes, operações empresariais, e operações.

A rede IBNET, patrocinada pelo Banco Mundial, tem por finalidade disponibilizar uma base de dados com operadores de todo o mundo, que as enviam voluntariamente. De modo geral, o programa tem como proposta identificar as melhores práticas da indústria de saneamento, estabelecendo referência para realização de iniciativas locais para comparação de desempenho entre diferentes operadores. As dimensões utilizadas pelo IBNET são: cobertura do serviço, desempenho da rede, custos operacionais e recursos humanos,

qualidade do serviço, faturamento e cobrança, e desempenho financeiro (von Sperling, 2010).

O IRAR é a agência reguladora do setor de saneamento em Portugal. Desde 2004, o instituto publica o Relatório Anual do Sector de Águas e Resíduos em Portugal (RASARP), que faz uma caracterização geral do setor, aborda aspectos econômicos das empresas e avalia a qualidade do serviço prestado e a qualidade da água para consumo humano. Nessa publicação, o sistema de avaliação da qualidade do serviço prestado aos usuários se fundamenta no uso de indicadores de desempenho distribuídos em três dimensões: usuários, sustentabilidade da prestadora, e sustentabilidade ambiental (von Sperling, 2010).

A OFWAT é o órgão regulador econômico dos serviços de água e esgotamento sanitário da Inglaterra e do País de Gales. Desde 1991, as entidades gestoras dos referidos países reportam, obrigatoriamente, ao órgão o seu desempenho na prestação de serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário a partir de indicadores de desempenho alocados em quatro dimensões: distribuição de água, esgotamento sanitário, serviços ao consumidor, e impactos ambientais (Carvalho, 2013).

O SCG consiste em uma cooperação entre seis prestadores públicos de serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário de quatro países escandinavos. As seis cidades participantes do grupo são Copenhague (Dinamarca), Helsinki (Finlândia), Oslo (Noruega), Estocolmo, Gotemburgo e Malmo (Suécia). A rotina de *benchmarking* entre os membros do grupo, iniciada em 1995, utiliza um sistema de indicadores de desempenho dividido em sete dimensões principais, sendo cinco relacionadas ao sistema de esgotos: gestão global, esgotamento sanitário, tratamento de esgoto, construção e reabilitação de infraestruturas, e finanças (von Sperling, 2010).

A WSAA é a associação de abastecimento de água e esgotamento sanitário da Austrália. Foi criada em 1995 com a finalidade de promover um debate sobre assuntos de interesse para os envolvidos no serviço de saneamento. A associação promove um *benchmarking* anualmente entre seus membros utilizando indicadores de desempenho distribuídos em seis dimensões, a saber: de recursos hídricos, dados da empresa, usuários, ambientais, financeiros, e tarifas (Carvalho, 2013).

Finalmente, ressalta-se a *International Organization for Standardization (ISO)*, sobretudo pela Série ISO 24500, que visa à melhoria contínua do sistema de gestão do saneamento e tem como base do seu sistema de avaliação os indicadores de desempenho. As normas dessa série não foram desenvolvidas como sistemas de certificação, mas sim de gestão de qualidade, dentre as quais se encontram a ISO 24510, que estabelece diretrizes para melhoria e para a avaliação dos serviços aos usuários (água e esgoto), e a ISO 54511, que estabelece diretrizes para a gestão dos serviços de coleta e transporte de esgotos (Silva e Sobrinho, 2008).

Em seu trabalho, von Sperling (2010) desenvolveu um conjunto único de indicadores de desempenho de SESs por meio do estudo comparativo de sua utilização por diversas entidades e organizações envolvidas com o saneamento. Foram levantados inicialmente 483 indicadores de desempenho relacionados aos serviços de esgotamento sanitário. Após o processo de pré-seleção, 174 indicadores foram distribuídos em cinco dimensões: recursos humanos, infraestrutura, operacional, qualidade, e econômico-financeira.

Os indicadores de desempenho foram então submetidos à análise de 107 especialistas do setor de saneamento, no âmbito do método Delphi, que pontuaram de 1 a 5 seus níveis de importância e praticidade. Ao final, os indicadores foram divididos em sete grupos, de acordo com as pontuações obtidas na consulta a especialistas, desde “muito importantes e muito práticos” até “pouco importantes e pouco práticos”.

### **3.4 REPRESENTAÇÃO DO CONHECIMENTO**

A humanidade, desde o princípio das civilizações, quando o homem pré-histórico desenhava figuras que retratavam práticas do seu cotidiano, utiliza diversos recursos para simbolizar a realidade que o circunda. Dessa forma, a representação do conhecimento baseia-se no ato de utilizar elementos simbólicos (palavras, figuras, imagens, desenhos, mímicas, esquemas, entre outros) para substituir um objeto, uma ideia ou um fato (Lima e Alvares, 2012).

Nessa perspectiva, de acordo com Vickery (1986), a representação do conhecimento em formas simbólicas é uma questão que tem preocupado o mundo da documentação desde sua origem. Atualmente, o assunto é importante em diversas outras situações além de documentos e índices, sendo necessário decidir como o conhecimento pode ser representado.

São exemplos a estrutura de registros e arquivos em bancos de dados; estruturas de dados na programação de computadores; estrutura sintática e semântica da linguagem natural; representação do conhecimento na inteligência artificial; modelos de memória humana; entre outros.

Lima e Alvares (2012) destacam que, para representação do conhecimento, são usados diversos modelos, que podem ser descritivos, matemáticos, visuais, informatizados, dentre outros, conforme as necessidades e especificidades de cada área. Na ciência cognitiva, o conhecimento pode ser representado por meio de mapas de processos cognitivos, mapas conceituais, mapas mentais, entre outros.

Quando se trata da representação de sistemas complexos, como os de saneamento básico, diversos autores têm aderido ao uso do mapa conceitual para reproduzir, ao máximo, as interações com outros sistemas e fatores interdependentes comumente tratados de forma isolada. Visto isso, dar-se-á atenção especial a esse método de representação.

### **3.4.1 Mapas Conceituais**

Os mapas conceituais foram desenvolvidos por Joseph Novak, em 1972, dentro de um programa de pesquisa da Universidade de Cornell, com base na Teoria da Aprendizagem desenvolvida por David Ausubel. A função inicial era acompanhar e entender as mudanças na maneira como as crianças compreendem a ciência (Novak e Cañas, 2008).

A teoria da aprendizagem de Ausubel é embasada em uma visão cognitiva. Para ele, a aprendizagem acontece a partir de conteúdos que os sujeitos apresentam em sua estrutura cognitiva, isto é, dos conhecimentos que os indivíduos trazem em sua bagagem, geralmente antes do processo de aprendizagem. Logo, é fundamental que haja uma interação entre a nova informação com os conhecimentos prévios que os indivíduos apresentam (Ausubel, 1963 *apud* Moreira, 2013).

Segundo Novak e Gowin (1984), o objetivo dos mapas conceituais é representar relações significativas entre conceitos na forma de proposições. Proposições consistem em dois ou mais termos conceituais ligados por palavras de modo a formar uma semântica. A mínima

representação de um mapa conceitual é composta por dois conceitos unidos por uma palavra de ligação.

Em adição, Novak e Cañas (2008) explicitam que os mapas incluem conceitos, normalmente dentro de formas geométricas, e relações entre conceitos, que são indicadas por linhas que os interligam. Sobre as linhas de interligação, há palavras ou frases de ligação que especificam as relações entre dois conceitos. Os conceitos são definidos como uma regularidade percebida em eventos ou objetos, designada por um rótulo. Os rótulos são usualmente compostos por uma ou mais palavras, embora possam ser usados símbolos. A união de dois ou mais conceitos formam as proposições. A Figura 3.7 ilustra um mapa conceitual com as ideias e as características fundamentais que envolvem a própria construção de mapas conceituais.

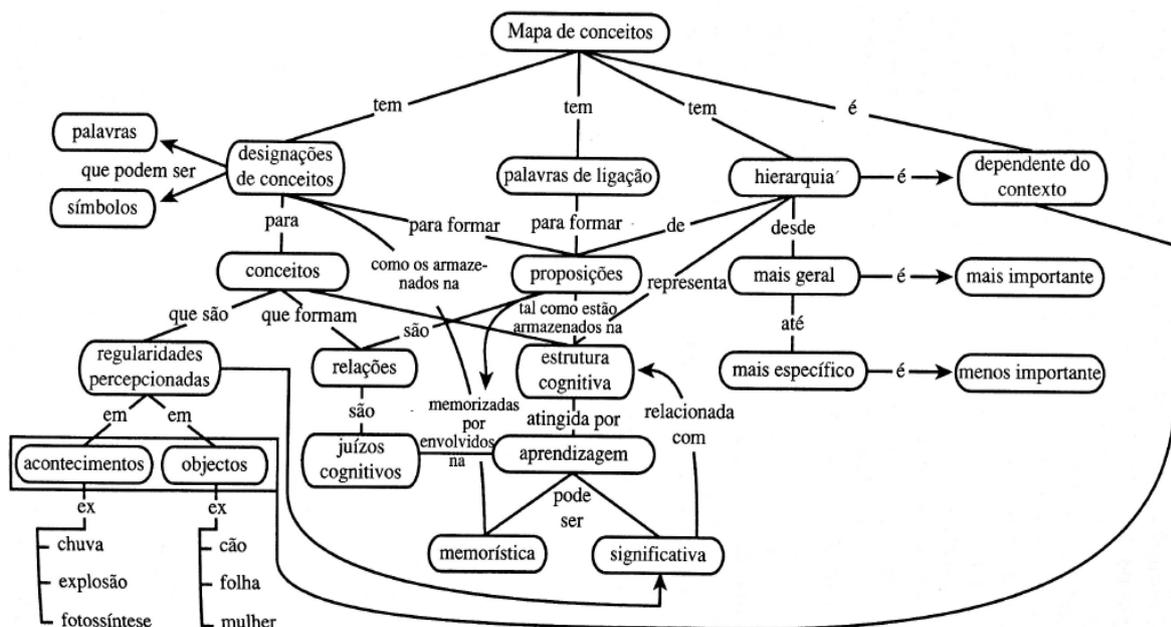


Figura 3.7 - Mapa conceitual com ideias e características chave na construção de mapas conceituais (Novak e Gowin, 1984).

Uma vez que a aprendizagem significativa se produz mais facilmente quando os novos conceitos ou significados conceituais são englobados sob outros conceitos mais amplos, os mapas conceituais devem ser hierárquicos, isto é, os conceitos mais gerais e mais inclusivos devem situar-se no topo do mapa, com os conceitos cada vez mais específicos colocados sucessivamente abaixo deles (Novak e Gowin, 1984; Moreira, 1984; Moreira, 2013).

É importante ressaltar que a personalização é uma característica inerente a mapas conceituais. Moreira (1984) descreve que existem várias maneiras de traçar um mapa conceitual, assim como vários modos de mostrar hierarquia conceitual em um diagrama. Sendo assim, mapas conceituais, mesmo que em uma mesma área, quando desenvolvidos por diferentes especialistas, provavelmente refletirão pequenas diferenças em compreensão e interpretação das relações entre os conceitos chave.

Novaes (2016) fez o uso de mapa conceitual na representação de sistemas de drenagem urbana a fim de balizar a escolha e proposição de indicadores de desempenho pertinentes ao estudo. Caldas (2012) abordou a associação de mapas conceituais e o método FMPSIR – derivado do PER. Para o autor, apesar de o método FMPSIR ajudar a sistematizar e padronizar a escolha dos conceitos a serem estudados e discutidos, percebe-se a necessidade de visualização integrada que o mapa conceitual oferece, sob a perspectiva dos diferentes atores sociais.

Nessa mesma linha de raciocínio, Oliveira (2016) utilizou-se da combinação entre mapa conceitual e método PER objetivando o levantamento e proposição de indicadores de desempenho aplicáveis a sistemas de abastecimento de água. De maneira semelhante, Teodoro (2015) conduziu a escolha de indicadores para avaliação de sistemas municipais de meio ambiente e Barreto (2016), para avaliação de sistemas municipais de gestão de resíduos sólidos por meio da associação dos métodos citados.

Visto o acima exposto, o presente trabalho utilizar-se-á do mapa conceitual com o objetivo de se ter uma abordagem integrada do desempenho de sistemas de esgotamento sanitário, sem priorizar aspectos em detrimento de outros, e nortear o levantamento de indicadores existentes da área, ou mesmo, a proposição de novos indicadores. Será, por conseguinte, a ferramenta base do processo reflexivo sobre o tema.

### **3.5 MÉTODOS DE AUXÍLIO À DECISÃO**

Consoante Gomes (2002 *apud* Perdigão *et al.*, 2012), etimologicamente, a palavra decisão é formada por “de”, que em latim significa parar, extrair, interromper; que se antepõe à palavra

“caedere”, que significa cindir, cortar. Em outras palavras, a palavra decisão significa parar de cortar, ou deixar fluir.

Uma decisão precisa ser tomada sempre que se está diante de um problema que possui mais do que uma alternativa para sua solução. Essa situação acontece a todo momento, mesmo quando é apresentada apenas uma ação a se tomar, existe a possibilidade de fazê-la ou não.

De acordo com Pereira e Fonseca (1997 *apud* Zimmermann, 2010), a decisão é um processo sistêmico, paradoxal e contextual, não podendo ser analisada separadamente das circunstâncias que a envolvem. O conhecimento das características, paradoxos, e desafios da sociedade é essencial à compreensão dos processos decisórios.

A racionalidade, conceito base de diversos modelos de tomada de decisão, ocupa-se da seleção de alternativas que mais se encaixem em algum sistema de valores e são, até certo ponto, uma aceitação do razoável. A alternativa escolhida normalmente retrata a mais adequada entre as disponíveis, não representando, portanto, a intenção de se atingirem os objetivos esperados em toda a sua plenitude (Perdigão *et al.*, 2012).

Schmidt (1995 *apud* Zimmermann, 2010) traz alguns conceitos associados aos processos de tomada de decisão:

- Decisor (ou tomador de decisão): pode integrar um indivíduo, vários indivíduos, uma entidade ou várias entidades. Os decisores têm diferentes opiniões, personalidades e objetivos, dos quais todos têm um lugar no processo de decisão;
- Analista: tem o papel de esclarecer e mobilizar o processo de avaliação e/ou negociação à tomada de decisão, facilitando a explicitação do problema;
- Critérios: são medidas, regras e padrões que guiam a decisão. É necessário um modelo de preferência entre elementos de um grupo de ações reais e fictícias, as quais incluem noções matemáticas.

A tomada de decisão é um fato do dia a dia, presente em todas as atividades desenvolvidas pelo homem. Naturalmente, as pessoas enfrentam situações que lhes exigem algum tipo de decisão, onde são apresentados vários caminhos ou alternativas de ações possíveis e dentre estas se deve optar por aquela que melhor satisfaz os objetivos em causa. Logo, o processo

de tomada de decisão pode ser percebido nas mais simples tarefas enfrentadas pelo ser humano (Helmann e Marçal, 2007).

Entretanto, como enfatizam Helmann e Marçal (2007), muitos problemas complexos são submetidos à decisão de pessoas. A complexidade é denotada quando os problemas apresentam dois ou mais parâmetros, em geral conflitantes, que afetam a decisão.

Gomes e Moreira (1998) estendem a gama de problemas complexos, enfatizando que são problemas que possuem, ao menos, uma das características a seguir:

- Os critérios de resolução do problema são, no mínimo, dois que conflitam entre si;
- Tanto os critérios como as alternativas não estão claramente definidos, e as consequências da escolha de uma determinada alternativa, com relação a pelo menos um critério, não são devidamente compreendidas;
- Os critérios e as alternativas podem estar interligados, de forma que um dado critério parece refletir parcialmente um outro critério, enquanto a eficácia em optar por uma alternativa específica depende de que uma outra seja ou não escolhida, no caso de as alternativas não serem mutuamente excludentes;
- A solução do problema depende de um conjunto de pessoas, cada uma com seu próprio ponto de vista, muitas vezes conflitante com o das demais pessoas;
- As restrições do problema não estão bem definidas, podendo existir dúvidas a respeito do que é critério e do que é restrição;
- Alguns dos critérios são quantificáveis, enquanto outros somente o são por meio de juízos de valor efetuados sobre uma escala;

Nesses casos de problemas mal estruturados, na visão de Gomes *et al.* (2011), tornam-se necessários o desenvolvimento e a aplicação de metodologias que permitam ao decisor ponderar com eficiência os diferentes critérios usados na tomada de decisão, facilitando ao fim sua tarefa – como métodos de decisão em grupo e de análise multicritério.

### **3.5.1 Decisão em Grupo**

A decisão em grupo ocorre quando há mais de um decisor com a necessidade de resolver um problema comum. A tomada de decisão, então, consiste no processo em que se busca obter soluções satisfatórias pela participação de vários atores, cada qual com percepções distintas do problema.

Na percepção de Campos (2011), o sucesso de uma decisão em grupo depende de um conjunto de fatores, tais como competências envolvidas, diferenças entre julgamentos e opiniões, composição e cooperação em grupo e método utilizado no processo. Em geral, a decisão satisfatória em grupo consiste naquela em que a solução de maior aceitabilidade para a maioria dos integrantes do grupo.

Ferreira (1995) aponta que, relativamente à tomada de decisão por indivíduos, os grupos apresentam as seguintes vantagens:

- Fornecem uma variedade de perspectivas e conhecimento para o problema, o que pode resultar em um maior número de alternativas geradas e em informação mais relevante para avaliar estas alternativas;
- A participação na resolução de problemas produz normalmente uma maior aceitação e compreensão das decisões, podendo por vezes influenciar a qualidade última das decisões;
- Quando as pessoas atuam na presença de outros em um grupo, normalmente desempenham melhor as mesmas funções;
- Com o aumento de *inputs* para a decisão, consegue-se diminuir desvios individuais, más disposições ou qualquer outra fonte de não confiabilidade.

Segundo Campos (2011), algumas técnicas de decisão em grupo podem ser utilizadas para se obter o resultado comum, como: votação, negociação, dinâmica de grupos, entre outros. Porém, quando se trata de grandes grupos, Ferreira (1995) ressalta que é conveniente utilizar-se de métodos que evitem alguns problemas inerentes a um processo com muitos participantes. Entre esses métodos, pode-se citar a Técnica do Grupo Nominal e o método Delphi.

Alguns autores, no intuito de obter contribuições de especialistas acerca da gama de indicadores de desempenho proposta, utilizaram-se de uma simplificação do método Delphi (Carvalho, 2013; De Paula, 2013; Teodoro, 2015; Barreto, 2016; Novaes, 2016; Barreto, 2016). Dessa forma, no presente trabalho escolheu-se por adotar a mesma simplificação do método, uma vez que o tempo disponível para esse estudo não possibilita a aplicação de um método Delphi por completo. A seguir, abordar-se-á, rapidamente, o método Delphi em sua essência.

#### 3.5.1.1 Método Delphi

O método Delphi foi apresentado, em 1964, pelos pesquisadores Gordon e Helmer-Hirschberg, em uma publicação intitulada *Report on a Long-range Forescating Study* e publicada pela *Rand Corporation*. Na formulação original, o Delphi é uma técnica para a busca de um consenso de opiniões de um grupo de especialistas a respeito de eventos futuros (Gordon, 1994).

Conforme Gordon (1994), os pesquisadores tinham como objetivo incentivar um debate verdadeiro, independente das personalidades. Além disso, para eliminar a força da oratória e da pedagogia, as razões dadas para opiniões extremas foram sintetizadas pelos pesquisadores para dar a elas “peso” igual e, em seguida, dar retorno ao grupo como um todo para uma análise adicional.

Para Wright e Giovinazzo (2000), as características essenciais do método Delphi são a troca de informações e opiniões entre os respondentes, o anonimato das respostas, e a possibilidade de revisão de visões individuais sobre o futuro, diante das previsões e argumentos dos demais participantes, com base em uma representação estatística da visão do grupo.

O anonimato é mantido evitando a comunicação face-a-face e usando questionários pelo correio ou qualquer outra forma, como correio eletrônico. O especialista tem oportunidade de rever a opinião, pois os questionários são enviados repetidas vezes, podendo, a cada vez, ajustar a opinião de acordo com o senso coletivo (Ferreira, 1995).

De modo sucinto, Gordon (1994) traz a sequência básica de execução de uma pesquisa Delphi, também apresentada pela Figura 3.8:

- i – Seleção dos especialistas da área;
- ii – Elaboração das questões e preparação do questionário pela coordenação;
- iii – Rodada de respostas;
- iv – Tabulação e análise das respostas da rodada anterior;
- v – Preparação do questionário, onde deve-se apresentar os resultados da rodada anterior e analisar a necessidade de incorporação de novas questões;
- vi – Volta ao passo iii até que a divergência de opiniões entre especialistas tenha se reduzido a um nível satisfatório e a resposta da última rodada seja considerada como a previsão do grupo.

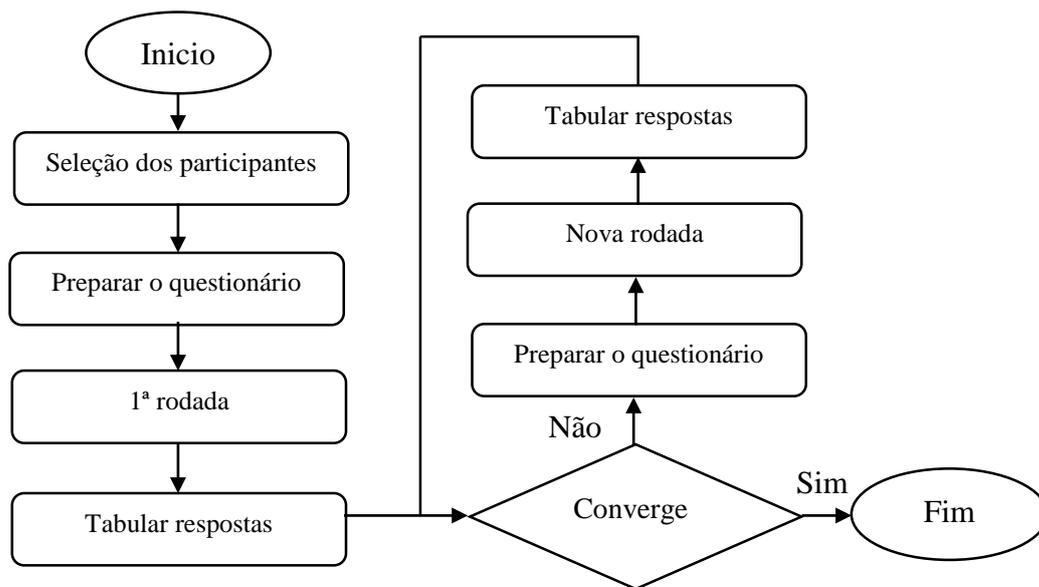


Figura 3.8 - Diagrama do método Delphi.

Todavia, como qualquer técnica, o método Delphi apresenta algumas desvantagens, como a possibilidade de se forçar o consenso indevidamente, dificuldade de se redigir um questionário sem ambiguidades e não viesado sobre tendências futuras, demora excessiva para realização do processo completo, e custo elevado de elaboração (Wright e Giovinazzo, 2000).

### 3.5.2 Análise Multicritério

De acordo com Harada e Cordeiro Netto (1999), várias tipologias entre os métodos de apoio à decisão são apresentadas na literatura. Para empreendimentos privados, que são normalmente alternativas de investimento, são considerados principalmente critérios financeiros e econômicos. Para empreendimentos governamentais ou com fins sociais, a análise torna-se um pouco mais complexa, uma vez que se deve levar em consideração novas condicionantes além da rentabilidade, como disponibilidade de recursos, encargos financeiros assumidos, entre outros. Assim, outros tipos de análise de decisão são aplicáveis ao caso de decisões de caráter mais complexo.

É importante distinguir as metodologias de análise multicritério das metodologias de análise de critério único. As metodologias de critério único são voltadas à solução de problemas de operação de sistemas e baseiam-se no princípio da agregação de diferentes efeitos analisados e a consideração dos ganhos em um único critério, ou seja, na busca de um maior valor ou de um valor mais próximo de um máximo desejado. São exemplos: análise custo-benefício, análise curto-efetividade e análise risco-benefício (Harada e Cordeiro Netto, 1999).

Como destaca Roy (1996), mesmo quando a decisão é tomada por um único decisor, é difícil que se tenha em mente um único critério. Logo, quando o processo de tomada de decisão é composto por múltiplos atores, raramente haverá *a priori* um único e bem definido critério considerado aceitável por todos os atores.

Para resolução de problemas complexos, ou mal-estruturados, começaram a surgir, na década de 1970, os primeiros métodos de Apoio ou Auxílio Multicritério à Decisão (AMD), com o intuito de enfrentar situação específicas, nas quais o decisor, atuando com racionalidade, deveria resolver um problema em que vários eram os objetivos a serem alcançados de forma simultânea (Gomes *et al.*, 2011).

Gomes *et al.* (2011) definem AMD como uma atividade do analista de decisões que, baseado em métodos claramente apresentados, mas não necessariamente formalizados, ajuda na obtenção de elementos de resposta às questões de um decisor no decorrer de um processo. Esses elementos têm como objetivo esclarecer cada decisão e, normalmente, recomendá-las ou, simplesmente, favorecê-la. Ao final, busca-se não a solução estritamente ótima, mas a solução de compromisso, ou de consenso.

Souza *et al.* (2001 *apud* De Paula, 2013) consideram a AMD bastante apropriada à tomada de decisão na área do saneamento, onde boa parte dos problemas é caracterizada por vários tipos e níveis de incerteza, diversos objetivos multidimensionais, dificuldade na identificação do decisor e uma estrutura sofisticada de alternativas, que, frequentemente, combina com várias ações elementares com vários horizontes de planejamento – curto, médio e longo prazos.

De acordo com Jannuzzi *et al.* (2009), a aplicação da AMD requer: especificar claramente a questão a resolver; identificar as alternativas válidas para solucionar ou responder ao problema; elencar os diferentes agentes decisores; definir, junto a cada decisor, os critérios ou indicadores de avaliação das alternativas, assim como a importância relativa de cada um (peso); e atribuir o valor alcançado ou buscar o indicador referido a cada critério de avaliação para cada alternativa identificada.

Consoante Roy (1985), o conjunto de critérios usados em uma situação de decisão deverá permitir modelar preferências em um nível global e satisfazer às seguintes condições:

- Exaustividade: impõe a necessidade de descrever o problema levando em conta todos os aspectos relevantes;
- Coesão: pressupõe a correta análise de quais são os critérios de maximização e quais os de minimização;
- Não redundância: submete à exclusão os critérios que estejam avaliando característica já avaliadas por outro critério.

Como vantagens da análise multicritério, pode-se citar que os métodos conseguem refletir melhor os objetivos e analisar com detalhe as particularidades introduzidas nas alternativas comparadas, além de quantificar custos implícitos e estabelecer uma lista das prioridades de projeto. Como desvantagens, há a necessidade de um grande número de informações para cada alternativa avaliada, além de o valor do resultado ser dependente dos critérios avaliados, de sua aplicabilidade à problemática em questão e dos agentes decisores, o que torna a análise mais subjetiva (Harada e Cordeiro Netto, 1999).

Há quatro tipos de problemáticas que podem ser abordadas, a depender do problema de decisão em questão (Roy, 1985; Roy e Boissou, 1993; Gomes *et al.*, 2011). Três delas estão representadas na Figura 3.9, já o conjunto completo é descrito a seguir:

- Problema tipo alfa ( $\alpha$  – escolha): procedimento de seleção que busca escolher a “melhor” alternativa ou as melhores alternativas;
- Problema tipo beta ( $\beta$  – alocação): procedimento de alocação das alternativas por meio da triagem das mesmas;
- Problema tipo gama ( $\gamma$  – classificação): as alternativas sofrem um procedimento de classificação, resultando em uma ordenação completa ou parcial;
- Problema tipo delta ( $\delta$  – descrição): realiza-se uma descrição das alternativas.

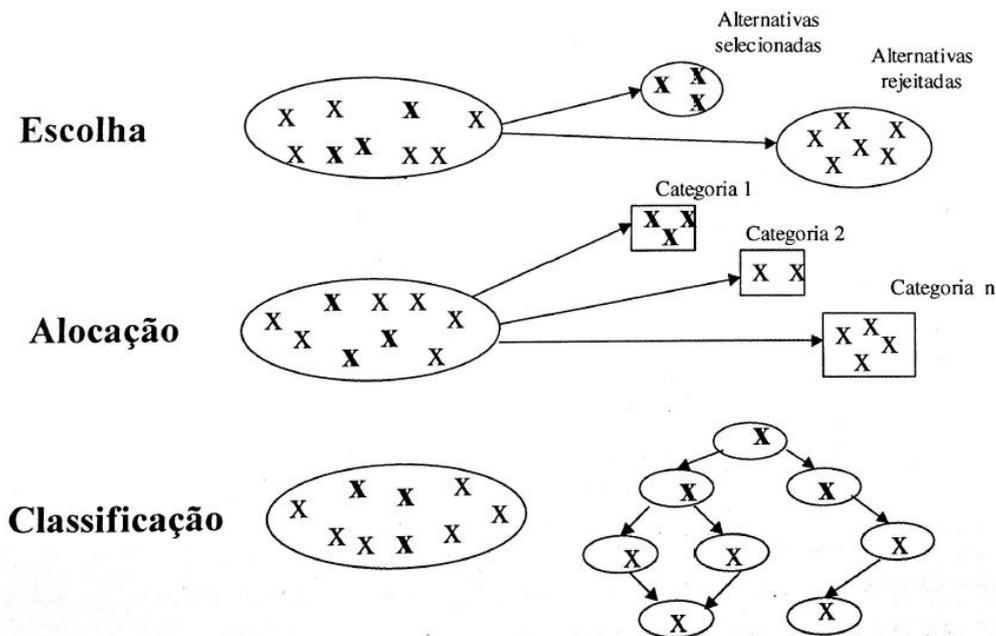


Figura 3.9 - Tipos de problemática de referência (Brostel, 2002).

Existem várias classificações de métodos multicritério, devido à quantidade de métodos e suas peculiaridades, entretanto, uma das mais simples, e de aceitação mais difundida, é a proposta por Vincke *et al.* (1989 *apud* Harada e Cordeiro Netto, 1999), adotada pela SMG – *Service de Mathématiques de la Gestion*, na França. Os autores dividiram os métodos existentes em três grandes famílias: métodos baseados na Teoria de Utilidade Multiatributo (TUM), métodos seletivos e métodos interativos.

Os métodos baseados na TUM, também chamados de aditivos e de agregação a um critério único de síntese, são empregados quando as preferências dos decisores são representadas por uma função de utilidade ou valor, avaliadas por modelos aditivos, multiplicativos, entre outros. Esses métodos adotam o princípio da transitividade e não admitem a incompatibilidade das ações potenciais.

Os métodos seletivos, também conhecidos como métodos de subordinação e de sobreclassificação, desclassificação ou superação, procura estabelecer comparações entre alternativas, duas a duas, através do estabelecimento de uma relação que acompanha as margens de preferência ditadas pelos agentes decisores, sendo chamada de relação de seleção. Essa relação binária indica se há argumentos suficientes para decidir se um dos elementos do par é tão bom quanto o outro, ou se essa asserção pode ser rejeitada. A depender do método, essa relação pode também considerar pesos, representando a importância relativa entre critérios, e incorporar o uso de conceitos como indiferença e incomparabilidade, no que se refere à preferência entre as ações.

Quanto aos métodos interativos, pode-se dizer que não realizam a definição prévia das preferências do decisor, sendo elas reveladas a partir da troca de informações entre facilitadores e decisores. A base desses métodos está na alternância entre etapas computacionais e etapas de debate, ao longo de todo processo decisório.

Um dos primeiros métodos surgidos, dedicados ao ambiente decisório multicritério, e talvez o mais extensivamente usado no mundo, foi o método AHP (*Analytic Hierarchy Process*), criado pelo professor Thomas L. Saaty, em meados da década de 1970. Nesse método, que compõe a escola americana, o problema de decisão é decomposto em níveis hierárquicos, facilitando, assim, sua compreensão e avaliação (Gomes e Moreira, 1998; Gomes *et al.*, 2011).

Em contraste com o AHP e com a TUM, uma outra série de métodos foi desenvolvida na Europa, por vezes denominados, em seu conjunto, a escola francesa da AMD. Esses permitem uma modelagem mais flexível do problema, pois não admitem necessariamente a comparabilidade entre todas as alternativas, além de não imporem ao analista uma estruturação hierárquica dos critérios existentes. Aqui se destacam os métodos seletivos ELECTRE e PROMÉTHÉE (Gomes e Moreira, 1998; Gomes *et al.*, 2011).

### 3.5.2.1 Série ELECTRE – *Elimination Et Choix Traduisant la Réalité*

Os métodos da série ELECTRE, que em português quer dizer “tradução da realidade por eliminação e escolha”, foram os primeiros métodos da Escola Francesa de Apoio Multicritério à Decisão, sendo inicialmente desenvolvidos por Roy e seus colaboradores, na década de 60 (Generino e Cordeiro Netto, 1999). Segundo a classificação proposta por Vincke *et al.* (1989 *apud* Harada e Cordeiro Netto, 1999), esses métodos são classificados como de seleção – como discutido no item 3.5.2.

Aplicam-se, principalmente, em soluções de problemas que envolvem um número discreto de alternativas. Utilizam um processo de eliminação sequencial, por meio da comparação entre as alternativas. Reduzem o tamanho do conjunto de soluções não dominadas, permanecendo apenas as alternativas que foram preferidas na maioria dos critérios de avaliação e que não apresentam índices inaceitáveis de descontentamento em relação aos demais critérios (Brostel, 2002).

Desde o surgimento primeiro método, em 1968, novas versões da Série foram criadas para atender a diferentes tipos de problemas e critérios. Diferenciam-se entre si pela problemática que tentam resolver, pelas informações inter e intracritérios utilizadas e pela quantidade de relações de superação construídas e pesquisadas. Como se observa na Tabela 3.9, as versões I e IS solucionam problemas de escolha (problemática alfa –  $\alpha$ ), II, III e IV de classificação (problemática gama –  $\gamma$ ), e TRI de alocação (problemática beta –  $\beta$ ).

Tabela 3.9 - Versões dos Métodos da série ELECTRE (Gomes *et al.*, 2011 modificada)

ELECTRE	Autor	Ano	Problemática	Tipo de critério	Utiliza pesos
I	Roy	1968	Escolha ( $\alpha$ )	Simples	Sim
II	Roy e Bertier	1973	Classificação ( $\gamma$ )		
III	Roy e Hugonnard	1978			
IV	Roy e Hugonnard	1982		Pseudo	Não
IS	Roy e Skalka	1985	Escolha ( $\alpha$ )	Pseudo	Sim
TRI	Roy e Yu Wei	1992	Alocação ( $\beta$ )		

O resultado do método ELECTRE I se dá como um conjunto parcialmente ordenado das alternativas, denominado *Kernel*. A ordenação completa das alternativas é obtida por meio de procedimentos previstos no ELECTRE II. O método ELECTRE III é indicado nas situações de incerteza e imprecisão na avaliação de alternativas, onde há diferenças consideráveis de pontos de vista. Utiliza as relações já estabelecidas nos métodos anteriores, associando aos conceitos de preferência fraca, estrita e de veto, para estabelecer índices de credibilidade, que servem de base para o ordenamento das alternativas. O método ELECTRE IV não usa as relações de concordância e discordância, nem de pesos para os critérios, calculados nos métodos anteriores, mas baseia-se no uso de pseudocritérios, que são critérios associados a limiares de preferência estrita e de indiferença. Finalmente, o método ELECTRE TRI faz um procedimento de triagem para a alocação das alternativas em categorias preestabelecidas, por meio de comparações com uma referência estável, padrões (Generino, 1999; Gomes *et al.*, 2011).

Considerando que este trabalho se aplica à avaliação de sistemas de esgotamento sanitário, a qual envolve definição e posterior comparação de determinados aspectos com padrões de referência estabelecidos, em normas ou literaturas, sem a necessidade de efetuar comparações entre um sistema e outro, o método ELECTRE TRI se apresenta adequado. Sendo assim, o referido método será melhor detalhado, mas antes, serão abordados alguns conceitos que o envolvem.

### *Sistema de Preferências*

A Teoria da Decisão Clássica fornece, basicamente, duas situações de referência entre duas alternativas, designadas por preferência estrita (P) e por indiferença (I), que resultam no axioma de comparabilidade completa e transitividade entre as alternativas. Entretanto, é comum esse modelo de preferência não considerar completamente a posição do agente de decisão em relação a duas alternativas, além disso, quando um agente de decisão expressa sua preferência, é fácil notar que não se pode garantir, necessariamente, que as informações do agente sobre essas alternativas sejam precisas, completas e exaustivas (Harada e cordeiro Netto, 1999; Gomes *et al.*, 2011).

Na busca de superar essa barreira, uma das principais características introduzidas pelos métodos da família ELECTRE corresponde a um novo conceito do modelo de preferências, que resultou em uma representação mais realista que o utilizado na Teoria da Decisão. O axioma clássico da comparabilidade completa e transitividade cedeu lugar ao da comparabilidade parcial. Esse novo modelo é chamado de Sistema Fundamental de Relações de Preferências (SFRP), apresentado na Tabela 3.10.

Tabela 3.10 - Sistema Fundamental de Relações de Preferências (Roy e Boyssou, 1993; Gomes *et al.*, 2011 modificada).

Situação	Definição	Relação Binária
Indiferença	Existem razões claras e positivas que justificam a equivalência entre duas alternativas.	I: Simétrica (Reflexiva)
Preferência Estrita	Há razões claras e positivas que justificam uma preferência significativa a favor de uma (bem definida) das duas alternativas.	P: Assimétrica (Irreflexiva)
Preferência Fraca	Existem razões claras e positivas que não implicam uma preferência estrita em favor de uma (bem definida) das duas ações, mas são insuficientes para que seja assumida uma preferência estrita em favor da outra ou uma indiferença entre as alternativas.	Q: Assimétrica (Irreflexiva)
Incomparabilidade	Não há razões claras e positivas que justifiquem uma das três situações acima.	R: Simétrica (Irreflexiva)

Em algumas situações, pode ser útil a combinação de duas ou três das situações fundamentais. O fato de pelo menos duas dessas situações serem consideradas na comparação de duas alternativas significa que o agente decisor não pode, não está em posição de, não quer definir uma posição entre duas alternativas, ou considera prematuro ou impossível definir a melhor relação entre elas.

A família ELECTRE faz parte dos denominados Métodos de Superação, os quais utilizam a combinação de superação. A superação tenta capturar aquelas relações de preferência que estão bem definidas nas relações apresentadas pelo agente de decisão e significa a combinação de três relações do SFRP: indiferença, preferência fraca e preferência estrita (Gomes *et al.*, 2011).

As situações de superação ocorrem quando há razões claras e positivas que justificam seja uma preferência, seja uma presunção de preferência a favor de uma das alternativas, mas sem que haja nenhuma separação significativa entre elas.

Os métodos de preferência podem facilitar ainda mais a comparação entre as alternativas mediante a inclusão de pesos aos critérios de decisão. As comparações são feitas par a par, para cada critério de decisão, estabelecendo o grau de dominância ou preferência de uma opção sobre a outra e resultando em uma classificação das alternativas (Teodoro, 2015).

Conforme Gomes *et al.* (2011), os pesos são considerados uma medida da importância que cada critério tem para o decisor, e não uma taxa marginal de substituição, visto que as avaliações de cada alternativa nos diferentes critérios não se reúnem em uma avaliação global. Esses métodos empregam a informação dos pesos com a finalidade de construir índices, ou coeficientes, de concordância e de discordância.

### *Pseudocritérios*

Os pseudocritérios constituem as relações de subordinação e as preferências em cada critério, permitindo a análise da natureza imprecisa das avaliações adicionando limites de preferência e indiferença. Dessa forma, pseudocritério é o critério que não permite o ordenamento completo de alternativas, ou a completa transitividade, podendo ocorrer relação de indiferença, fraca preferência e não comparabilidade entre alternativas (Gomes e Moreira, 1998; Mousseau e Slowinski, 1998; Generino e Cordeiro Netto, 1999).

Na prática, os pseudocritérios traduzem a imprecisão e a incerteza presentes na função de avaliação  $g(\cdot)$  de um dado critério  $i$ . Seria muito arriscado aceitar que uma diferença positiva entre as avaliações das alternativas  $a$  e  $b$ ,  $g(a) - g(b)$ , fosse automaticamente traduzida como uma preferência da primeira sobre a segunda. Os limiares de indiferença ( $q$ ) e de preferência

(p) constituem a informação de preferência intracritério e recebem as seguintes definições (Mousseau e Slowinski, 1998; Generino e Cordeiro Netto, 1999; Gomes *et al.*, 2011):

- Limiar de indiferença (q): é o valor abaixo do qual o decisor é indiferente entre as duas alternativas, ou seja,  $qj(b)$  é a maior diferença entre  $gj(a)$  e  $gj(b)$  que garante a indiferença entre a e b em relação a um critério;
- Limiar de preferência (p): é o valor acima do qual o decisor demonstra uma clara preferência de uma alternativa sobre a outra, ou seja,  $pj(b)$  é a menor diferença entre  $gj(a) - gj(b)$  compatível com a preferência pela ação  $a$ , em relação a um critério;

Além disso, são utilizados dois tipos de parâmetros intercritério (Mousseau e Slowinski, 1998; Gomes *et al.*, 2011):

- Limiar de veto (v): é o valor acima do qual o decisor irá negar qualquer possibilidade de relação de preferência indicada por outro critério. O limiar de veto é utilizado no teste de discordância e representa a menor diferença entre  $gj(b) - gj(a)$  incompatível com a preferência de  $a$  em relação a  $b$ ;
- Coeficiente de importância ou peso (w): é utilizado no teste de concordância quando se calcula a importância relativa da coalizão de critério em favor da assertiva “ $a$  supera  $b$ ”.

Para Novaes (2016), o limiar de veto, definido para cada critério, indica o nível a partir do qual uma ação  $a$  é tão melhor que  $b$  sob determinado critério que, mesmo considerando todos os outros critérios, nunca poderá ser considerada globalmente melhor que  $a$ .

### *Concordância e Discordância*

Dado um conjunto de possíveis alternativas, aplicando-se a relação de superação é possível definir que uma alternativa  $a$  supera a alternativa  $b$  ( $aSb$ ) se  $a$  for, pelo menos, tão boa quanto  $b$ . Essa relação de superação aparece como uma possível generalização do conceito de dominância. A questão é se existe ou não uma relação de dominância entre duas alternativas, isto é, se o risco de considerar verdadeira a afirmação “ $a$  é pelo menos tão boa quanto  $b$ ” é aceitável (Gomes *et al.*, 2011).

Os dois conceitos que expressam a aceitação da relação  $aSb$  são os seguintes (Mousseau e Slowinski, 1998; Gomes *et al.*, 2011):

- Concordância: ocorre quando um subconjunto significativo dos critérios considera a alternativa  $a$  preferível a  $b$ ;
- Discordância: acontece quando não há critérios em que a intensidade da preferência  $b$  em relação à  $a$  ultrapasse um limite aceitável.

#### *Apresentação do método ELECTRE TRI*

O método ELECTRE TRI, como já mencionado, considera a problemática de alocação, isto é, aloca as diversas alternativas para a solução de um problema por meio da comparação de cada alternativa potencial com uma referência estável – padrões/alternativas de referência, experiências. Não é feita, portanto, a comparação de ações em estudo entre si (Roy, 1985).

As alternativas de referência são, na verdade, fictícias e definidas para limitar as diversas categorias, acima e abaixo. Assim, cada uma das alternativas de referência serve de limite, superior e inferior, a duas categorias (Roy, 1985; Yu e Roy, 1992 *apud* Gomes *et al.*, 2011).

Conhecidas as alternativas de referência,  $b_0, b_1, b_2, \dots, b_n$ , e os critérios,  $i_1, i_2, \dots, i_n$ , definem-se as categorias  $E^1, E^2, \dots, E^m$ . Para um dado critério  $i$ , a alternativa  $a$  será localizada em uma determinada categoria, em função de sua avaliação  $g_i(a)$ . Por meio da Figura 3.10, pode-se observar que a alternativa  $a$ , sob o critério  $i_2$ , por exemplo, está localizada na categoria  $E^2$ , em função de sua avaliação  $g_2(a)$ .

Segundo Yu e Roy (1992 *apud* Brostel, 2002), o procedimento de comparação adotado no método é denominado Procedimento de Agregação Multicritério (PAM), e é composto por duas etapas. A primeira compara duas ações, critério a critério, visando a obter um julgamento de preferência parcial para cada ação, e a segunda utiliza um mecanismo de agregação para se obter o julgamento de preferência global entre as ações. A partir disso, pode-se dizer que uma desclassificação parcial de uma ação  $a$  perante uma ação  $b$ , ou seja, uma relação de superação parcial entre elas, não implica na desclassificação global da ação.

Em outros critérios,  $b$  pode ser preferível a  $a$ , e esse conflito é resolvido por meio do julgamento de preferência global.

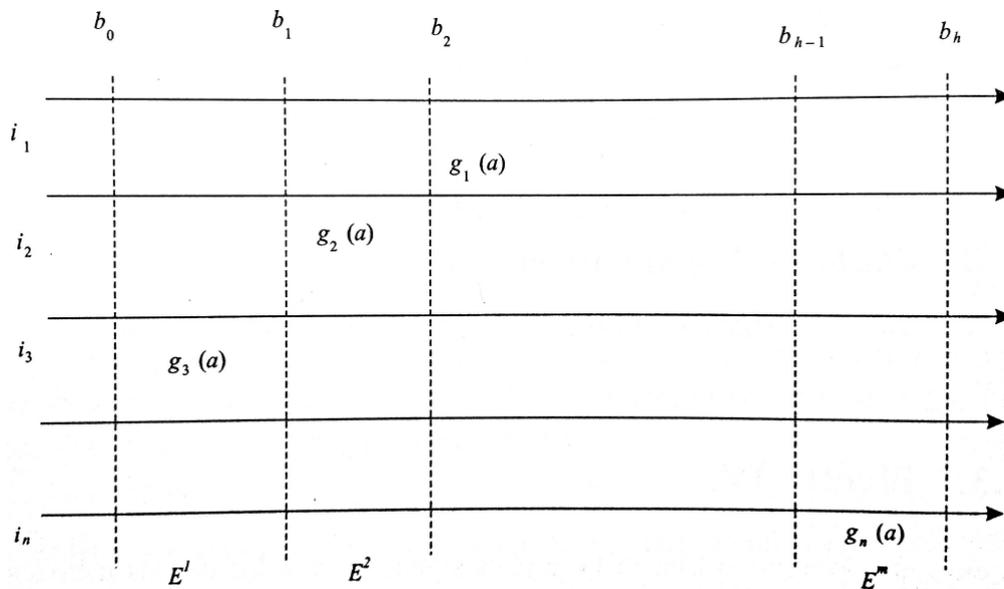


Figura 3.10 - Alternativas de referência ( $b$ ), critérios ( $i$ ) e categorias ( $E$ ) no ELECTRE TRI (Gomes *et al.*, 2011).

O PAM permite que os múltiplos critérios considerados no ELECTRE TRI estabeleçam uma relação de superação de uma alternativa  $a$ , a ser localizada em cada uma das alternativas de referência. As condições prévias a serem observadas para estabelecer essas relações são (Yu e Roy, 1992 *apud* Gomes *et al.*, 2011):

- A família de critérios é uma família de pseudocritérios;
- A tabela de desempenho das alternativas está construída;
- Para cada alternativa de referência  $b_i$ , são conhecidos os limites de indiferença  $q_i(b_i)$ , de preferência  $p_i(b_i)$  e de veto  $v_i(b_i)$ , para cada critério  $i$ ;
- Os pesos dos critérios são definidos, para cada alternativa de referência, como sendo  $w = (w_1, w_2, \dots, w_n)$ , com valores positivos para todos os critérios;
- Para o procedimento de agregação, deve-se fixar um valor real, situado no intervalo entre 0,5 e 1, denominado nível de corte ( $\lambda$ ).

O nível de corte é o menor valor assumido pelo decisor para o grau de credibilidade,  $\sigma_s(a, b)$ , o qual valida a assertiva “ $a$  é, no mínimo, tão boa quanto  $b$ ”. Ou seja,  $aSb$  é verdade quando  $\sigma_s(a, b) \geq \lambda$  (Mousseau e Slowinski, 1998; Gomes *et al.*, 2011).

#### *Sequência de cálculo do método ELECTRE TRI*

Existem três formas de abordagem operacional em métodos multicritérios: a que utiliza o critério único de síntese, a de desclassificação de síntese e a interativa. No primeiro tipo de abordagem, os critérios devem ser muito homogêneos, de forma aceitar uma compensação total entre as performances dos critérios e obter uma função única. Na abordagem interativa, é estabelecida uma sequência de questões e respostas até se obter um resultado, que é aceito pelo decisor. A série ELECTRE adota a abordagem de desclassificação de síntese, que considera a existência de uma família coerente de critérios (Brostel, 2002).

De acordo com Generino e Cordeiro Netto (1999), para que o método possa estabelecer uma relação de desclassificação entre uma ação  $a$  e uma ação de referência  $b$ , deve-se calcular os denominados índices de concordância por critério  $c_i(a, b)$  e  $c_i(b, a)$ , de concordância global  $C(a, b)$  e  $C(b, a)$ , de discordância por critério  $d_i(a, b)$  e  $d_i(b, a)$ , bem como os índices de credibilidade  $\sigma_s(a, b)$  e  $\sigma_s(b, a)$ .

Para o cálculo dos índices de concordância  $c_i(a, b)$ ,  $c_i(b, a)$ ,  $C(a, b)$  e  $C(b, a)$ , deve-se considerar que:

- $c_i(a, b)$  = índice de concordância sob o critério  $i$  da proposição “ $a$  é pelo menos tão boa quanto  $b$ ”;
- $c_i(b, a)$  = índice de concordância sob o critério  $i$  da proposição “ $b$  é pelo menos tão boa quanto  $a$ ”;
- $C(a, b)$  = índice global de concordância da proposição “ $a$  é pelo menos tão boa quanto  $b$ ”;
- $C(b, a)$  = índice global de concordância da proposição “ $b$  é pelo menos tão boa quanto  $a$ ”;
- $p_i$  = limite de preferência definido para o critério  $i$ ;
- $q_i$  = limite de indiferença definido para o critério  $i$ ;

- $g_i$  = função de avaliação do critério  $i$ .

Em outras palavras, os índices de concordância retratam a porcentagem ponderada dos critérios para os quais uma alternativa é preferida ou equivalente a outra, a disposição do decisor em escolher uma em detrimento de outra.

O cálculo de  $c_i(a, b)$  é realizado da seguinte forma:

- Se  $g_i(a) \leq g_i(b) - p_i$ , então  $c_i(a, b) = 0$ ;
- Se  $g_i(a) > g_i(b) - q_i$ , então  $c_i(a, b) = 1$ ;
- Se  $g_i(b) - p_i < g_i(a) \leq g_i(b) - q_i$ , então  $0 < c_i(a, b) \leq 1$ , em que  $c_i(a, b)$  é obtido por meio de interpolação linear, segundo a Equação 3.8:

$$c_i(a, b) = \frac{p_i - [g_i(a) - g_i(b)]}{p_i - q_i} \quad (3.8)$$

O mesmo deve ser feito para calcular  $c_i(b, a)$ . É importante observar que a soma de  $c_i(b, a)$  e de  $c_i(a, b)$  não é necessariamente igual a um. Após isso, é necessário calcular os índices globais de concordância, utilizando a Equação 3.9, em que  $w_i$  é o peso de cada critério  $i$ .

$$C(a, b) = \frac{\sum_{i=1}^n w_i c_i(a, b)}{\sum_{i=1}^n w_i} \quad (3.9)$$

Para o cálculo do índice de discordância  $d_i(a, b)$ , deve-se considerar que:

- $d_i(a, b)$  = índice de discordância sob o critério  $i$  da proposição “ $a$  é tão boa quanto  $b$ ”;
- $d_i(b, a)$  = índice de discordância sob o critério  $i$  da proposição “ $b$  é tão boa quanto  $a$ ”;
- $v_i$  = limite de veto definido para o critério  $i$ .

Assim, têm-se que:

- Se  $g_i(a) > g_i(b) - p_i$ , então  $d_i(a, b) = 0$ ;
- Se  $g_i(a) < g_i(b) - v_i$ , então  $d_i(a, b) = 1$ ;
- Se  $g_i(b) - v_i < g_i(a) \leq g_i(b) - p_i$ , então  $0 < d_i(a, b) \leq 1$ , em que se obtém  $d_i(a, b)$  por interpolação linear, de acordo com a Equação 3.10:

$$d_i(a, b) = \frac{[g_i(b) - g_i(a)] - p_i}{v_i - p_i} \quad (3.10)$$

Determina-se o índice de credibilidade para mostrar como a alternativa  $a$  supera a alternativa de referência  $b$ , considerando os índices de concordância e discordância por critério, o que constitui o PAM. Os índices de credibilidade podem ser assim conceituados (Generino, 1999):

- $\sigma_s(a, b)$ : índice de credibilidade de desclassificação que indica que medida a ação  $a$  desclassifica a ação de referência  $b$ ;
- $\sigma_s(b, a)$ : índice de credibilidade de desclassificação que indica que medida a ação de referência  $b$  desclassifica a ação  $a$ .

Quando não existem critérios discordantes ou quando se consideram insuficientes todos os índices de discordância em relação ao valor do índice de concordância, o índice de credibilidade, o índice de credibilidade coincidirá com o valor do índice global de concordância. Sob um critério discordante  $i$ , em que se rejeita totalmente a proposição “ $a$  supera  $b$ ” ( $d_i(a, b) = 1$ ), o índice de credibilidade  $\sigma_s(a, b)$  passa a ser nulo, ou seja, a proposição “ $a$  supera,  $b$ ” passa a não ser globalmente aceitável.

Quando, sob um critério  $i$ , o valor de  $d_i(a, b)$  situa-se entre o valor de  $C(a, b)$  e um, o índice de credibilidade de “ $a$  supera  $b$ ” deve ser diminuído, incorporando, pois, um “veto parcial” estabelecido pelo critério  $i$ .

Considerando que  $F(a, b)$  representa o conjunto de critérios para os quais o valor calculado de  $d_i(a, b)$  é superior ao valor do índice de concordância global  $C(a, b)$ , então o valor de  $\sigma_s(a, b)$  é definido, analiticamente, pelas Equações 3.11 e 3.12 (Gomes *et al.*, 2011):

- Se  $F(a,b) = 0$ , então:

$$\sigma_s(a,b) = C(a,b) \quad (3.11)$$

- Se  $F(a,b) \neq 0$ , então:

$$\sigma_s(a,b) = C(a,b) \prod_{i \in F(a,b)} \left( \frac{1 - d_i(a,b)}{1 - C(a,b)} \right) \quad (3.12)$$

O índice de credibilidade  $\sigma_s(b,a)$  é calculado de forma análoga.

Os procedimentos definem, por fim, quatro possibilidades de relações de desclassificação/superação possíveis entre a alternativa  $a$  e a alternativa de referência  $b$ , a partir dos índices de credibilidade,  $\sigma_s(a,b)$  e  $\sigma_s(b,a)$ , e do nível de corte ( $\lambda$ ) considerado. Essas possibilidades, representadas na Figura 3.11, utiliza os seguintes operadores:

- R: incomparabilidade;
- >: preferência;
- I: indiferença.

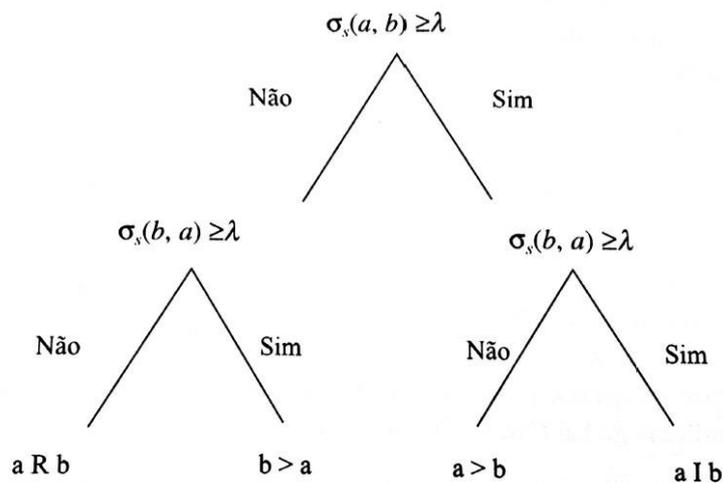


Figura 3.11 - Possíveis relações entre  $a$  e  $b$  (Gomes *et al.*, 2011 modificada).

O procedimento de cálculo de  $\sigma_s(a,b)$  e  $\sigma_s(b,a)$  repete-se para cada alternativa de referência. O número de relações de preferência para uma alternativa  $a$  corresponde, assim, ao número de alternativas de referências. Deve-se, então, alocar a alternativa  $a$  em uma das categorias  $E^i$  predefinidas, de acordo com dois procedimentos do Método: otimista e

pessimista (Mousseau e Slowinsk, 1998; Generino e Cordeiro Netto, 1999; Gomes *et al.*, 2011).

#### *Alocação Otimista e Pessimista do Método ELECTRE TRI*

O método ELECTRE TRI trabalha com os procedimentos de alocação otimista e pessimista das ações nas categorias predefinidas, que utilizam a mesma técnica: a de comparar, de forma sistemática, cada alternativa que será localizada com todas as alternativas de referência. A diferença entre os dois procedimentos reside na sequência dessa comparação e no critério de identificação da categoria de localização (Gomes *et al.*, 2011).

No procedimento otimista, a comparação da alternativa  $a$  começa com a pior ação de referência, seguida da alternativa imediatamente superior, até identificar-se a primeira alternativa de referência  $b_i$  que supera  $a$ . A ação  $a$  é, por conseguinte, alocada na categoria limitada superiormente pela ação de referência que a desclassifica. Portanto no modelo otimista, as ações são alocadas nas categorias mais altas possíveis (Mousseau e Slowinsk, 1998; Generino, 1999).

Quanto ao processo pessimista, a comparação de  $a$  inicia-se com a melhor alternativa de referência e prossegue para a alternativa imediatamente inferior. Esse procedimento continua até ser identificada a primeira ação de referência que é superada por  $a$ . Nesse caso, a alternativa  $a$  é alocada na categoria limitada inferiormente pela ação de referência desclassificada (Mousseau e Slowinsk, 1998; Generino, 1999).

Na prática, o caso pessimista pode ser aplicado quando os recursos disponíveis são limitados, visto que esse procedimento, na dúvida entre categorias, localiza as alternativas analisadas nas categorias mais baixas possíveis. Em contraposição, a alocação otimista é indicada quando se deseja favorecer as ações que possuem atrativos particulares ou qualidades excepcionais (Brostel, 2002; Gomes *et al.*, 2011).

## **4. ÁREA DE ESTUDO**

Neste capítulo, apresentar-se-á a área de trabalho do presente estudo. A princípio, será feito um apanhado geral acerca da criação das Regiões Integradas de Desenvolvimento (RIDES) no Brasil, e, na ordem, a RIDE DF e Entorno, e a situação do esgotamento sanitário nessa região serão alvos de discussão.

### **4.1 RIDES – REGIÕES INTEGRADAS DE DESENVOLVIMENTO**

Segundo Freitas (2009), o processo de urbanização teve início paralelamente à constituição da sociedade humana e seu estabelecimento em determinados espaços físicos. Esse processo tem continuidade até hoje, com a recente emergência de um estilo de vida urbano, onde predomina uma população economicamente ativa, empregada em atividades dos setores secundário e terciário – indústrias, comércio e serviços.

Relativamente recente na história da urbanização, o processo de metropolização ocorre a partir da polarização de uma região em torno de uma grande cidade em dimensões físicas e, sobretudo, populacional, caracterizando-se pela alta densidade demográfica. Esse processo iniciou-se no século XIX, com a Revolução Industrial da Inglaterra (Freitas, 2009).

No Brasil, a metropolização teve início na primeira metade do século XX e intensificou-se a partir da década de 1950, com a mudança da economia de agrário-exportadora para uma economia urbano-industrial. Especialmente, originou-se na ocupação do litoral, com forte centralidade das regiões Sudeste e Sul, principalmente pelas metrópoles de São Paulo e Rio de Janeiro. A partir da fundação de Brasília, em 1960, e o avanço progressivo da fronteira agrícola, a metropolização tem apresentado os efeitos resultantes do processo de interiorização do desenvolvimento do País (CODEPLAN, 2013).

O primeiro marco legal da formação de regiões metropolitanas no Brasil deu-se com a Constituição Federal de 1967 e o Plano de Metas de 1970, no governo militar. A partir daí, nos anos 1970, o Governo Federal criou nove regiões metropolitanas. Com a Constituição Federal de 1988, por meio do artigo 25, aos Estados foi delegada a atribuição de instituir

área metropolitana, aglomerações urbanas e microrregiões, e gerir problemas intermunicipais (Freitas, 2009; Azevedo e Alves; 2010).

O artigo 21 da Constituição Federal de 1988, em seu inciso IX, incumbiu à União a competência de elaborar e executar planos nacionais e regionais de ordenação do território e de desenvolvimento econômico e social. O artigo 43, visando ao desenvolvimento e à redução das desigualdades, abriu a possibilidade de se instituir, por meio de lei complementar, regiões de desenvolvimento entre municípios de diferentes estados, mas integrantes do mesmo complexo social e geoeconômico (BRASIL, 1988).

Assim, foram criadas as Regiões Integradas de Desenvolvimento (RIDEs), como mais uma forma de construção de redes de cooperação. Por envolver municípios de mais de uma Unidade da Federação, a RIDE é uma forma de ação mais ampla que a prevista nas regiões metropolitanas (BRASIL, 2011d).

A RIDE tem como objetivo articular e harmonizar as ações administrativas da União, dos Estados e dos municípios para a promoção de projetos que visem à dinamização econômica de territórios de baixo desenvolvimento e, assim, conseguir prioridade no recebimento de recursos públicos destinados à promoção de iniciativas e investimentos que reduzam as desigualdades sociais e estejam de acordo com o interesse local pactuado entre os entes participantes. A negociação entre os Estados envolve questões como os limites e municípios que compõem a RIDE, instrumentos necessários, objetivos e a adequação às necessidades específicas de gestão (BRASIL, 2011d).

Atualmente, no Brasil, existem três RIDEs, a saber: Região Integrada de Desenvolvimento do Distrito Federal e Entorno (RIDE DF e Entorno), criada em 1998; Região Integrada de Desenvolvimento do Polo Petrolina e Juazeiro (RIDE Polo Petrolina e Juazeiro), criada em 2002; e Região Integrada de Desenvolvimento de Grande Teresina (RIDE Grande Teresina), também criada em 2002. No subitem subsequente, será dada atenção especial à RIDE DF e Entorno, uma vez que se trata da área de estudo do presente trabalho.

#### 4.1.1 RIDE DF e Entorno

A União, por meio da Lei Complementar nº 94, de 19 de fevereiro de 1998, regulamentada pelo Decreto nº 7.469, de 04 de maio de 2011, criou a RIDE DF e Entorno. Sua criação teve como objetivo principal realizar o planejamento conjunto de serviços públicos comuns aos Entes Federados que a compõem, em especial em infraestrutura e geração de empregos. A Lei autoriza, ainda, a criação de um Programa Especial de Desenvolvimento do Entorno do Distrito Federal para tratar normas e critérios para unificação de procedimentos relativos aos serviços públicos (BRASIL, 1998b; BRASIL, 2011c).

Essa RIDE possui uma área de 56.434 km<sup>2</sup> e constitui-se em uma região administrativa composta por 22 Municípios, além do Distrito Federal, dos quais 19 são pertencentes ao Estado de Goiás – Abadiânia, Água Fria de Goiás, Águas Lindas, Alexânia, Cabeceiras, Cidade Ocidental, Cocalzinho de Goiás, Corumbá de Goiás, Cristalina, Formosa, Luziânia, Mimoso de Goiás, Novo Gama, Padre Bernardo, Pirenópolis, Planaltina, Santo Antônio do Descoberto, Valparaíso de Goiás e Vila Boa – e 3, ao Estado de Minas Gerais – Buritis, Cabeceira Grande e Unai (CODEPLAN, 2013). A localização RIDE DE e Entorno está representada na Figura 4.1.

No cenário da RIDE DF e Entorno, Brasília se apresenta como o centro polarizador. A expansão da área metropolitana de Brasília ocorreu de forma polinucleada e disseminada no território do Distrito Federal, ultrapassando os limites político-administrativos e abrangendo um espaço de influência direta em municípios do Estado de Goiás, principalmente. A pressão exercida pela população do Entorno no Distrito Federal está no mercado de trabalho, saúde, estudo, equipamentos públicos e relações comerciais. Conforme o grau de dependência em relação ao Distrito Federal, a RIDE DF e Entorno pode ser dividida em três regiões (CODEPLAN, 2003):

- Região I – Alta polarização: Águas Lindas, Cidade Ocidental, Luziânia, Novo Gama, Santo Antônio do Descoberto e Valparaíso de Goiás;
- Região II – Média polarização: Abadiânia, Alexânia, Cocalzinho de Goiás, Cristalina, Formosa e Planaltina de Goiás;
- Região III – Baixa polarização: Água Fria de Goiás, Buritis, Cabeceira Grande, Cabeceiras, Mimoso de Goiás, Padre Bernardo, Pirenópolis, Unai e Vila Boa.

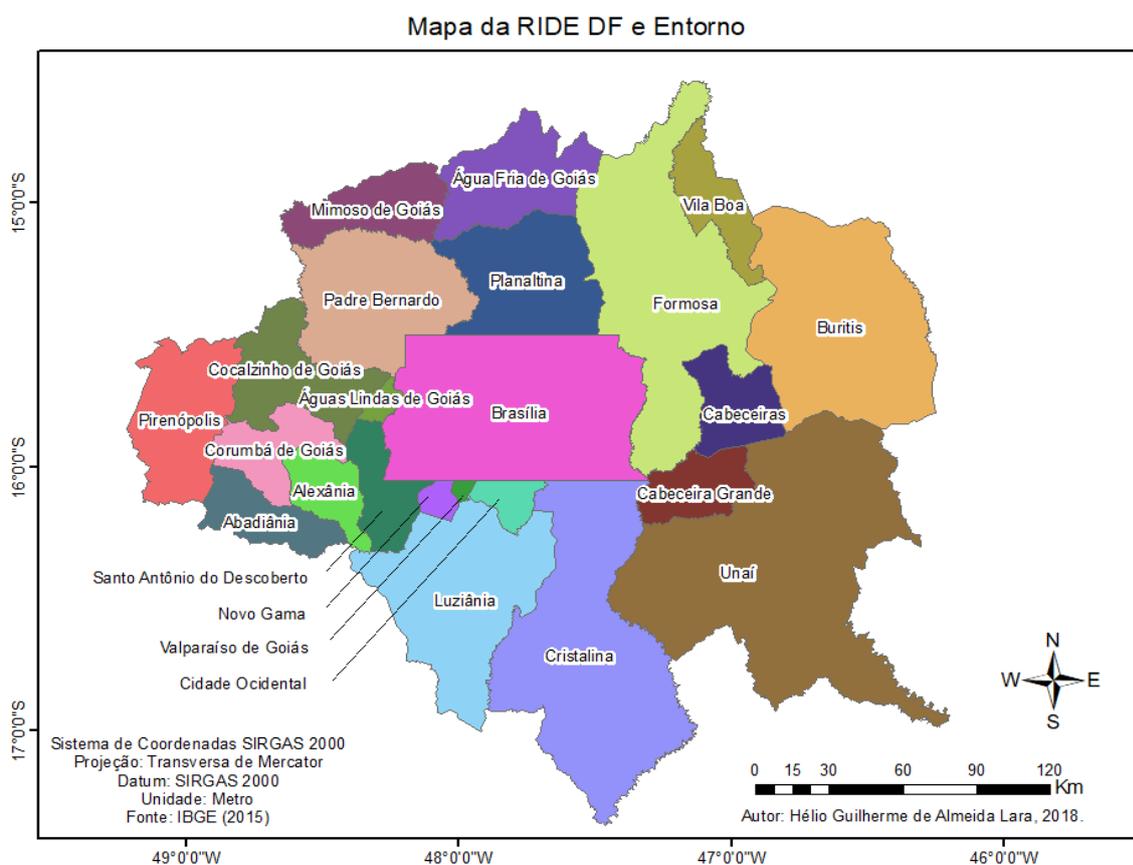


Figura 4.1 - Localização da RIDE DF e Entorno (RIDESAB, 2016).

Consoante o Censo Demográfico de 2010, realizado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), a RIDE em estudo possui 3,7 milhões de habitantes. Desse contingente populacional, o DF participa com 69% e os municípios mais populosos pertencem, em regra, ao grupo de maior grau de dependência do Distrito Federal. A população total, urbana e rural da RIDE DF e Entorno, assim como a dos seus Entes componentes, está apresentada na Tabela 4.1 (IBGE, 2010).

Na visão de Azevedo e Alves (2010), a RIDE DF e Entorno, se comparada às regiões metropolitanas brasileiras, é a que apresenta maior desigualdade socioeconômica entre o município-polo e a periferia. Como prova disso, o produto interno bruto (PIB) do DF corresponde a cerca de 94% do PIB da RIDE0. Comparativamente, a periferia de São Paulo responde por, aproximadamente, 44% do PIB da área metropolitana, a de Salvador, 71% e a de Porto Alegre, 72,3%.

Tabela 4.1 - População total, urbana e rural da RIDE DF e Entorno (IBGE, 2010).

RIDE e Municípios	UF	População Total	População Urbana	População Rural
RIDE DF e Entorno	-	3.724.181	3.504.433	219.748
Distrito Federal	DF	2.570.160	2.481.272	88.888
Buritis	MG	22.737	16.100	6.637
Cabeceira Grande		6.453	5.297	1.156
Unai		77.565	62.329	15.236
Abadiânia	GO	15.757	10.778	4.979
Água Fria de Goiás		5.090	2.137	2.953
Águas Lindas		159.378	159.138	240
Alexânia		23.814	19.676	4.138
Cabeceiras		7.354	5.505	1.849
Cidade Ocidental		55.915	43.654	12.261
Cocalzinho de Goiás		17.407	6.444	10.963
Corumbá de Goiás		10.361	6.416	3.945
Cristalina		46.580	38.421	8.159
Formosa		100.085	92.023	8.062
Luziânia		174.531	162.807	11.724
Mimoso de Goiás		2.685	1.242	1.443
Novo Gama		95.018	93.971	1.047
Padre Bernardo		27.671	10.786	16.885
Pirenópolis		23.006	15.563	7.443
Planaltina		81.649	77.582	4.067
Santo Antônio do Descoberto		63.248	56.808	6.440
Valparaíso de Goiás		132.982	132.982	-
Vila Boa		4.735	3.502	1.233

Com a criação da região, o papel de articulador, que visa a tratar de interesses e serviços comuns aos municípios da Região, reduzir as desigualdades e preservar Brasília, é exercido pelo Conselho Administrativo da RIDE – COARIDE. Esse consiste em um órgão colegiado, formado pelas três esferas do poder, em um total de treze membros: nove do Governo Federal, três dos governos estaduais/distrital e uma representação municipal. São competências da COARIDE (BRASIL, 2011c):

- Coordenar as ações dos entes federados que compõem a RIDE, visando ao desenvolvimento e à redução das desigualdades sociais;
- Aprovar e supervisionar planos, programas e projetos para desenvolvimento integrado da RIDE;

- Programar a integração e a unificação dos serviços públicos que lhes são comuns;
- Indicar providências para compatibilizar as ações desenvolvidas na RIDE com as demais ações e instituições de desenvolvimento regional;
- Harmonizar os programas e projetos de interesse da RIDE com os planos regionais de desenvolvimento;
- Coordenar a execução de programas e projetos de interesse da RIDE; e
- Aprovar seu regimento interno.

O artigo 4º da lei de criação da RIDE DF e Entorno autoriza, ainda, a instituição do Programa Especial de Desenvolvimento do Entorno e do Distrito Federal, que, ouvidos os órgãos competentes, estabelecerá, mediante convênio, normas e critérios para unificação de procedimentos relativos aos serviços públicos de responsabilidade Distrital, Estadual e Municipal de entes que integram a região (BRASIL, 1998b).

São considerados de interesse da região os serviços públicos comuns ao DF, GO e MG e aos municípios que a integram, relacionados, dentre outras, às áreas de: infraestrutura; saneamento básico, em especial o abastecimento de água, a coleta e o tratamento de esgotos e o serviço de limpeza pública; proteção ao meio ambiente e controle da poluição ambiental; aproveitamento de recursos hídricos e minerais; uso, parcelamento e ocupação do solo; geração de emprego e capacitação profissional; transportes, sistema viário e habitação popular (BRASIL, 2011c).

Uma vez que esse trabalho se destina à avaliação de desempenho de sistemas de esgotamento sanitário dos municípios componentes da RIDE DF e Entorno, abordar-se-á, a seguir, uma descrição da atual situação desses sistemas na região.

#### 4.1.1.1 Situação do Esgotamento Sanitário na RIDE DF e Entorno

Com a meta de avaliar a situação do saneamento básico nos municípios componentes das RIDEs, o Projeto RIDESAB concretizou, em 2016, o Diagnóstico Analítico. O estudo aborda aspectos técnicos, sociais, econômicos e institucionais, e teve como base a literatura e novas pesquisas realizadas para esse fim. Dessa forma, pode-se levantar brevemente a situação do esgotamento sanitário na RIDE DF e Entorno (RIDESAB, 2016).

No que diz respeito à sua prestação, o serviço de esgotamento sanitário acontece em conjunto com o abastecimento de água e é dividido em duas categorias: autarquias municipais e empresas regionais. As autarquias municipais estão presentes nos municípios goianos de Abadiânia e Corumbá de Goiás, e nos municípios mineiros de Cabeceira Grande e Unaí. Quanto às empresas regionais, suas abrangências são as seguintes:

- SANEAGO (Saneamento de Goiás S.A.): municípios goianos de Água Fria de Goiás, Águas Lindas, Alexânia, Cabeceiras, Cidade Ocidental, Cocalzinho de Goiás, Cristalina, Formosa, Luziânia, Mimoso de Goiás, Novo Gama, Padre Bernardo, Pirenópolis, Planaltina, Santo Antônio do Descoberto, Valparaíso e Vila Boa;
- CAESB (Companhia de Saneamento Ambiental do Distrito Federal): Distrito Federal;
- COPASA (Companhia de Saneamento de Minas Gerais): município mineiro de Buritis.

Na RIDE DF e Entorno, o nível de atendimento ao esgotamento sanitário é, em regra, bastante inferior se comparado ao abastecimento de água, seguindo a tendência nacional, destacando-se o DF e os municípios de Mimoso de Goiás, Unaí, Abadiânia e Padre Bernardo, com mais de 50% de cobertura da rede de esgoto.

Em relação às configurações das ETEs, excetuando-se o DF, que possui estações distintas, desde lagoas de estabilização a lodos ativados, as demais estações de depuração existentes nos municípios goianos e mineiros caracterizam-se somente por lagoas. Fato peculiar ocorre nos municípios de Águas Lindas e Valparaíso, onde ETEs independentes foram implantadas por empreendimentos particulares e, posteriormente, doadas para a empresa de prestação de serviços água e esgoto (RIDESAB, 2016).

Atenção especial merecem as localidades onde o lençol freático é pouco profundo e não há SES convencionais, o que não favorece soluções individuais e resulta em risco potencial de contaminação das águas subterrâneas, a saber: Cocalzinho de Goiás, Corumbá de Goiás, Pirenópolis e Vila Boa. Ademais, nos municípios de Cristalina, Formosa e Novo Gama deve-se ampliar suas redes coletoras para contemplar toda a malha urbana, uma vez que também possuem localidades com essa característica hidrogeológica.

Quanto aos aspectos operacionais, as informações foram levantadas a partir do SNIS, referentes ao ano de 2013, e por meio dos relatórios operacionais dos sistemas da SANEAGO, datados de maio de 2015. Os dados compilados de população urbana atendida, ligações ativas, economias ativas, índice de coleta do esgoto e índice de tratamento do esgoto coletado estão presentes na Tabela 4.2.

Tabela 4.2 - Dados compilados do SNIS/2013 e da SANEAGO/2015 sobre os SESs da RIDE DF e Entorno (RIDESAB, 2016).

Municípios	UF	População Urbana Atendida (hab)		Ligações ativas (unid)		Economias ativas (unid)		Índice coleta (%)	Índice tratado (%)
		(1)	(2)	(1)	(2)	(1)	(2)	(1)	(1)
Distrito Federal	DF	2.228.991	-	493.762	-	819.161	-	84,01	100
Buritis	MG	6.114	-	1.899	-	2.090	-	24,05	0
Cabeceira Grande		-	-	-	-	-	-	-	-
Unaí		57.834	-	17.896	-	21.056	-	87,03	68
Abadiânia	GO	-	-	-	-	-	-	-	-
Água Fria de Goiás		-	-	-	-	-	-	-	-
Águas Lindas		-	-	-	-	-	-	-	-
Alexânia		-	-	-	-	-	-	-	-
Cabeceiras		-	-	-	-	-	-	-	-
Cidade Ocidental		28.432	30.848	8.411	9.075	8.903	9.696	41,87	100
Cocalzinho de Goiás		-	-	-	-	-	-	-	-
Corumbá de Goiás		-	-	-	-	-	-	-	-
Cristalina		11.572	11.851	3.550	3.560	3.982	4.072	34,24	100
Formosa		47.968	57.215	14.851	17.772	16.672	19.735	48,18	100
Luziânia		29.162	32.032	8.340	9.079	9.861	10.776	22,49	100
Mimoso de Goiás		1.263	1.260	493	506	505	517	87,76	100
Novo Gama		21.750	22.526	5.465	5.556	6.702	6.941	22,80	100
Padre Bernardo		9.809	12.106	3.122	4.114	3.328	4.375	63,81	100
Pirenópolis		-	-	-	-	-	-	-	-
Planaltina		24.041	25.436	6.590	7.034	7.659	8.067	24,84	100

Tabela 4.2 - Dados compilados do SNIS/2013 e da SANEAGO/2015 sobre os SESs da RIDE DF e Entorno (RIDESAB, 2016) (continuação).

Municípios	UF	População Urbana Atendida (hab)		Ligações ativas (unid)		Economias ativas (unid)		Índice coleta (%)	Índice tratado (%)
		(1)	(2)	(1)	(2)	(1)		(1)	
Santo Antônio do Descoberto		25.202	35.744	6.556	9.550	7.994	11.162	45,20	100
Valparaíso de Goiás		44.087	60.040	11.794	15.498	14.431	19.437	35,60	100
Vila Boa		-	-	-	-	-	-	-	-
Total/Média		2.536.225	289.058	582.729	81.744	922.344	94.778	46,46	89,84

\* (1) – SNIS; (2) – SANEAGO.

\*\*Os municípios de Abadiânia e Corumbá são operados por entidades municipais. Demais municípios operados pela SANEAGO sem dados.

Os dados operacionais informados pela SANEAGO indicaram uma população atendida superior ao contingente informado pelo SNIS para os mesmos municípios, assim como para a quantidade de ligações e economias ativas. Possivelmente, essa diferença se dá pelo aumento do atendimento ao esgoto no período de 2013 a 2015.

A média aritmética do índice de coleta de esgotos foi de 46,46%, destacando-se os municípios de Mimoso e Unaí, com patamar de 87% de atendimento. Por outro lado, Luziânia apresentou o menor índice, 22,5%. Já a média aritmética do índice de tratamento do esgoto coletado foi bastante elevada, com 89,84%. A maioria dos municípios que realiza a coleta faz o tratamento do esgoto em sua totalidade.

## **5. METODOLOGIA**

Este capítulo tem como meta a apresentação da metodologia da pesquisa, formulada a fim de se atingir o objetivo geral, desenvolver um procedimento de avaliação de desempenho de Sistemas de Esgotamento Sanitário e sua respectiva aplicação a municípios da RIDE DF e Entorno, bem como os objetivos específicos. Na Figura 5.1 é apresentado o diagrama que sintetiza os passos a serem adotados para realização deste estudo.

Para melhor explicitar os procedimentos, decidiu-se por dividi-los em três fases, dentro das quais se distribuem treze etapas. A Fase 1 apresenta a concepção do PAD (Procedimento de Avaliação de Desempenho) propriamente dito. A Fase 2 aborda a aplicação do PAD aos municípios selecionados. Por último, a Fase 3 contempla a verificação final dos resultados do PAD juntos às realidades de campo. Adiante, elucidar-se-ão as fases.

### **5.1 FASE 1 – CONCEPÇÃO DO PROCEDIMENTO DE AVALIAÇÃO**

A fase inicial envolveu cinco etapas. A primeira etapa constituiu-se de um levantamento bibliográfico acerca dos temas importantes para formulação do PAD. Dessa forma, levantaram-se elementos referentes a saneamento básico, esgotamento sanitário, avaliação de desempenho, representação do conhecimento, métodos de auxílio à decisão e RIDEs. Os resultados dessa etapa foram apresentados nos capítulos 3, Fundamentação Teórica e Revisão Bibliográfica, e 4, Área de Estudo.

A segunda etapa dessa fase disse respeito à elaboração do mapa conceitual de SESs associado ao método FPEIR. Esse tipo de representação do conhecimento tem como objetivo identificar e estruturar conceitos e inter-relações existentes que devem ser consideradas na formulação do PAD, relacionando o conhecimento já existente com as novas informações incorporadas.

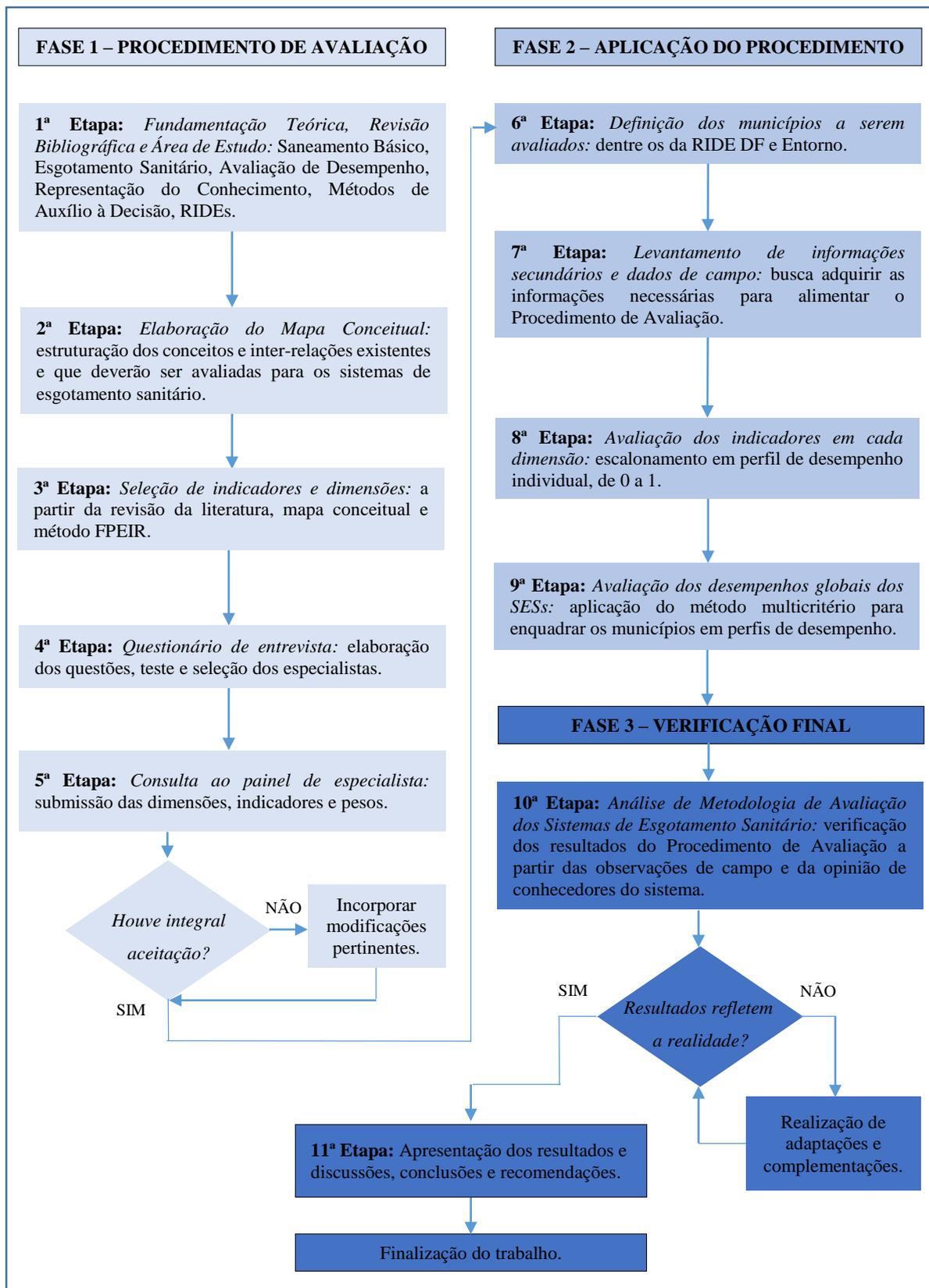


Figura 5.1 - Diagrama do Procedimento de Avaliação de Desempenho.

A terceira etapa considerou a pré-seleção de indicadores e dimensões. Por meio das pesquisas bibliográficas, foram selecionados as dimensões e os indicadores de desempenho destinados a SESs considerados mais importantes e de mais fácil mensuração. O conjunto preliminar de indicadores foi contraposto às proposições do mapa conceitual, buscando-se identificar relações não abordadas pela lista de indicadores inicialmente levantada, sendo necessária, então, a proposição de novos indicadores até que todas ramificações relevantes do mapa conceitual fossem contempladas.

Na quarta etapa, consta o questionário de entrevista. Aqui, foram desenvolvidas questões abertas e fechadas acerca das dimensões dos indicadores, indicadores e níveis de importância. Sempre que possível adicionou-se às questões a opção “não gostaria de responder/ não possuo opinião”, deixando o participante mais confortável em responder somente o que tinha segurança. Após, o questionário foi testado, ao mesmo tempo que os especialistas em SESs, pesquisadores e gestores, foram selecionados.

Na quinta e última etapa dessa fase, aconteceu a consulta a especialistas escolhidos na etapa anterior, baseada em uma simplificação do método Delphi. O método Delphi original envolve uma contínua retroalimentação do questionário, até que o entendimento entre os participantes seja alcançado. Neste trabalho, porém, o questionário só foi aplicado uma única vez, permanecendo algumas características do método como anonimato dos respondentes, tabulação e análise das respostas, e *feedback* aos participantes. A plataforma escolhida para o questionário online foi a Online Pesquisa.

## **5.2 FASE 2 – APLICAÇÃO DO PROCEDIMENTO DE AVALIAÇÃO**

A Fase 2 está dividida em 4 etapas, da sexta à nona. Na sexta etapa foram selecionados os municípios que terão seus SESs avaliados. A seleção se deu porque o procedimento de avaliação de desempenho é dispendioso e não permitiu a contemplação de todos os municípios da RIDE DF e Entorno.

A sétima etapa envolveu o levantamento de informações para os indicadores a partir de fontes públicas, como planos diretores, planos de saneamento básico, diagnósticos dos sistemas realizados pelo MCidades e, principalmente, por meio de séries de dados do SNIS. Aos indicadores que permaneceram sem dados, contatou-se a operadora de serviço

diretamente por meio de e-mails e telefonemas. Essas informações passaram, na oitava etapa, por um processo de escalonamento, no qual a variação de seus valores foi normalizada para a escala de 0 a 1, em que “0” corresponderá ao pior desempenho e “1” ao melhor, permitindo a definição dos desempenhos individuais. Esse escalonamento foi necessário para a aplicação do método multicritério ELECTRE TRI.

Na determinação do desempenho global dos SESs, aplicou-se, na nona etapa, o método multicritério de alocação a categorias pré-definidas de desempenho ELECTRE TRI. Na aplicação, os pesos das dimensões e dos indicadores, cujo somatório tem de ser 1, devem considerar os resultados obtidos na consulta a especialistas. Os sistemas avaliados tiveram suas performances enquadradas dentro de quatro perfis de desempenho: Muito Insatisfatório, Insatisfatório, Satisfatório e Muito Satisfatório.

### **5.3 FASE 3 – VERIFICAÇÃO FINAL**

A última fase, Fase 3, visou à verificação final do PAD e foi dividida em duas etapas, décima e décima primeira. Uma vez que os municípios foram alocados em perfis de desempenho predeterminados, deve-se verificar se essa alocação retrata a realidade. Para tanto, na décima etapa, os resultados foram comparados às observações de campo. Posteriormente, os resultados consistentes puderam ser apresentados e discutidos, assim como as conclusões e recomendações puderam ser feitas, finalizando o estudo na décima primeira etapa.

## **6. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Este Capítulo tem a finalidade de apresentar os resultados obtidos a partir do procedimento metodológico apresentado anteriormente, além das discussões deles advindas. O conteúdo é fruto da revisão bibliográfica, da contribuição de atores e especialistas da área, do uso de programa de avaliação multicritério, e do conhecimento do autor.

A princípio, apresentar-se-á o mapa conceitual desenvolvido para sistemas de esgotamento sanitário. Na sequência, será explanada a dinâmica de seleção dos indicadores de desempenho, partindo da pré-seleção, passando pelas contribuições feitas pelo mapa conceitual e consulta a especialistas, até o conjunto final de indicadores e seu escalonamento. Por fim, abordar-se-á a aplicação do procedimento avaliativo aos sistemas de esgotamento sanitário dos municípios selecionados como estudos de caso: Formosa-GO e Luziânia-GO.

### **6.1 MAPA CONCEITUAL DE SISTEMAS DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO**

As informações obtidas por meio do capítulo de Fundamentação Teórica e Revisão Bibliográfica (Capítulo 3) possibilitaram a elaboração de um mapa conceitual de SESs, que teve como propósito o levantamento das interfaces que envolvem o tema, elencando as inter-relações entre os conceitos e abordando questões que, em regra, são trabalhadas separadamente. O mapa é fruto de um processo continuado de aprimoramento, o qual resultou em algumas versões preliminares e, por último, na versão final, apresentada pela Figura 6.1. Na sua produção foi utilizado o software livre *CmapTools*, versão 6.01.01.

Procuraram-se englobar no mapa conceitual os principais elementos que influenciam no desempenho de SESs, partindo-se dos mais abrangentes e estabelecendo-se ligações com elementos mais específicos, na medida que as proposições eram formadas. O resultado é uma rede de proposições (conceito inicial/ frase de ligação/ conceito final) que permitiu uma visão detalhada da gestão de SESs no Brasil.

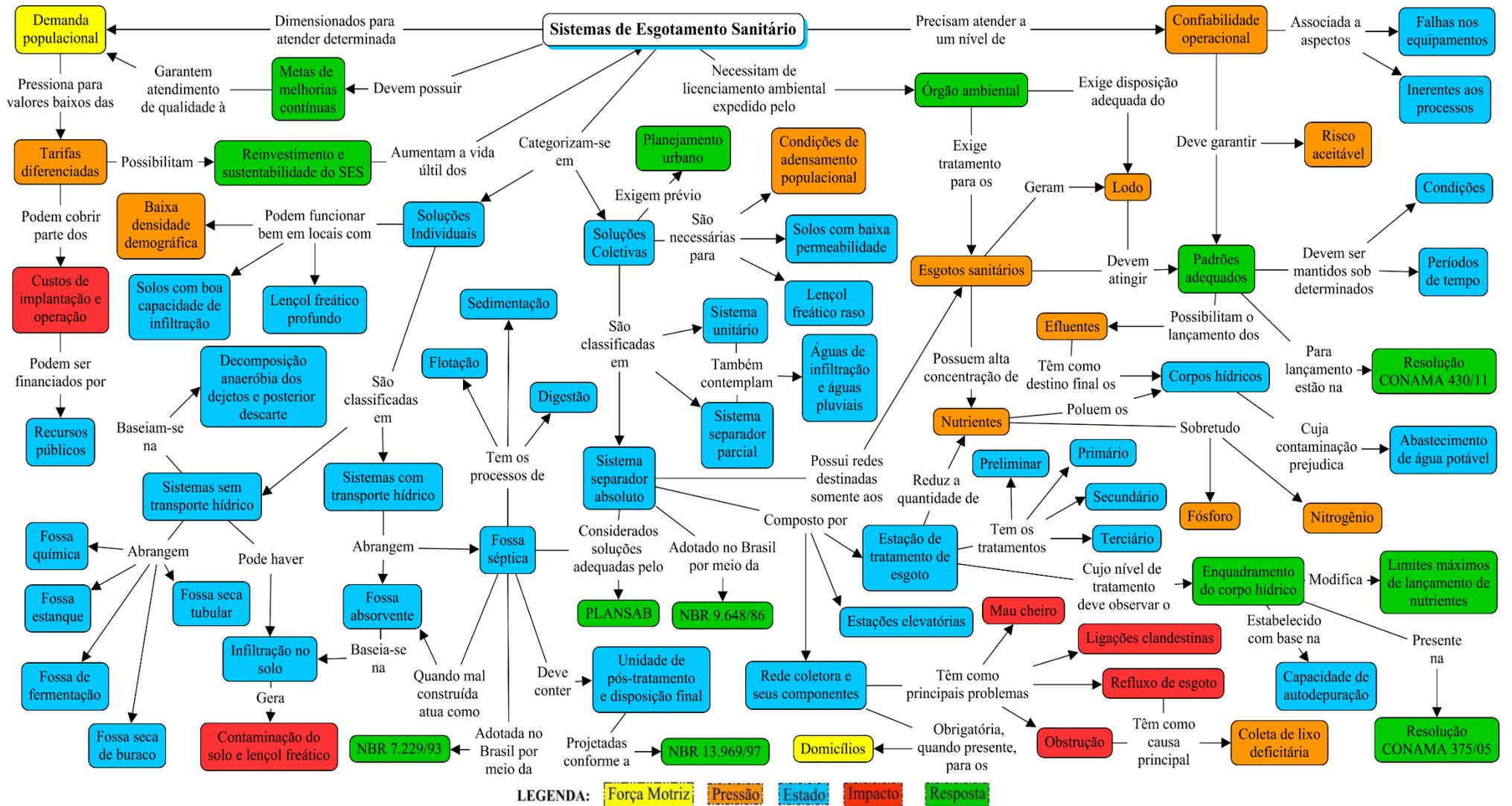


Figura 6.1 - Mapa Conceitual de Sistemas de Esgotamento Sanitário.

Como explicitado no item 3.4.1, além de apresentar inter-relações detalhadas, o mapa conceitual também pode ser útil no processo de seleção de indicadores de desempenho, sendo assim utilizado em diversos estudos supracitados. Dessa forma, para auxiliar na identificação das relações de causa e efeito dos indicadores, combinou-se com o mapa uma variação do método PER: a FPEIR (Força Motriz – Pressão – Estado – Impacto – Resposta).

A combinação entre o mapa conceitual e o método FPEIR deu-se pela coloração dos conceitos de acordo com sua classificação no método. Por exemplo, o conceito “demanda populacional” caracteriza uma atividade humana, uma causa, ou ainda uma força da qual se originam pressões sobre o ambiente, e, portanto, foi avaliada como Força Motriz. Essa associação é representada no mapa pela cor amarela do conceito.

Da mesma forma, conceitos envolvendo pressões produzidas por atividades humanas foram tingidos da cor laranja – Pressão; envolvendo descrições de situações e conceitos afetados pelas pressões, cor azul – Estado; relacionando mudanças nos estados como, cor vermelha – Impacto; e indicando ações, regulações, restrições, alternativas, entre outros, para mitigar, compensar ou prevenir impactos, cor verde – Resposta.

Por outro lado, o mapa conceitual desenvolvido, além de nortear a escolha e proposta de indicadores, também foi influenciado por eles, no sentido de que os indicadores que não se encaixaram em nenhuma proposição, mas foram considerados importantes, possibilitaram a criação de novas proposições no mapa, configurando uma relação de retroalimentação entre o mapa conceitual e o conjunto de indicadores. A contraposição entre o mapa conceitual e os indicadores de desempenho será melhor abordada no subitem 6.2.2.

Cabe enfatizar novamente a questão da personalização inerente aos mapas conceituais. Há várias maneiras de traçar um mapa conceitual, vários elementos que podem ser elencados e dispostos de diferentes modos em uma hierarquização de conceitos. Sendo assim, não há somente uma forma correta de criar mapas conceituais de SESs, no entanto eles também podem ser submetidos ao crivo de especialistas para sua correção e melhoria.

## 6.2 SELEÇÃO DOS INDICADORES DE DESEMPENHO DE SISTEMAS DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO

O processo de seleção de indicadores de desempenho pode ser feito de diferentes formas, e se faz necessário pelo fato de os sistemas de indicadores existentes buscarem, em regra, ser abrangentes, contando com indicadores que podem ser aplicados a diferentes tipos de situações e outros que são para cenários mais específicos. A sequência aqui adotada partiu da pré-seleção dos indicadores de desempenho, utilizando a literatura e a contraposição com o mapa conceitual. Então, o conjunto inicial de indicadores passou pela análise de especialistas, utilizando-se formulário online. Por fim, após a tabulação dos resultados e reavaliação dos indicadores iniciais, pôde-se chegar ao conjunto final de indicadores de desempenho de SESs. Essa dinâmica está sintetizada na Figura 6.2 e será melhor apresentada nos subitens seguintes.

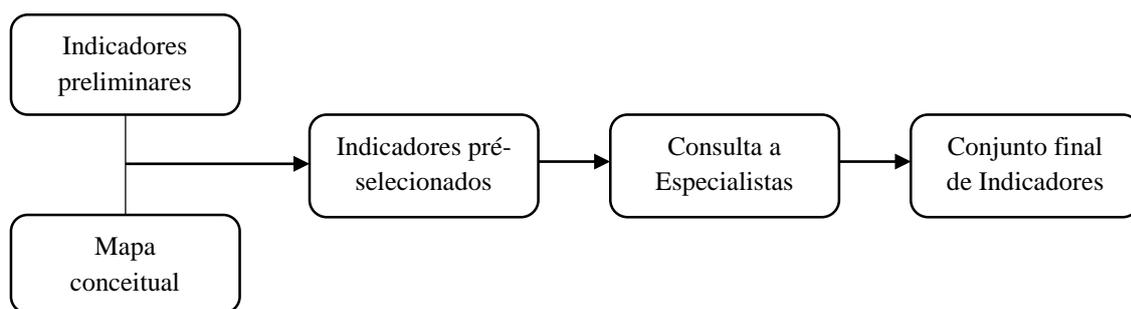


Figura 6.2 - Dinâmica de seleção dos indicadores de desempenho.

### 6.2.1 Seleção Preliminar dos Indicadores de Desempenho

A fase inicial da escolha dos indicadores de desempenho deu-se pela seleção preliminar. Essa seleção visou em ter uma base primária de indicadores a serem contrapostos com as proposições do mapa conceitual. Mas, para tanto, foi necessário primeiro definir quais seriam as tipologias de municípios a serem usadas, caso fossem necessárias, assim como quais dimensões de indicadores seriam adotadas.

Por meio da análise do objeto de estudo nos diversos municípios da RIDE DF e Entorno foi possível observar que, em regra, há uma hibridação de soluções para o esgotamento sanitário nas áreas urbanas. Ou seja, comumente os municípios possuem mais de um tipo de solução, começando por soluções coletivas nas regiões próximas aos centros, mais densamente

povoadas e desenvolvidas, até as soluções individualizadas nas regiões periféricas, bairros mais pobres, com ocupação desordenada e/ou com densidades populacionais menores – entre outros fatores que podem interferir no tipo de solução usada, discutidos no item 3.2.1. Essa constatação fundamentou a decisão de não utilizar tipologia de municípios.

No que se refere às dimensões, tendo em vista as diferentes configurações de dimensões utilizadas pelos sistemas de indicadores de saneamento nacionais e internacionais, já mencionadas no subitem 3.3.2, optou-se, preliminarmente, por utilizar as dimensões do IWA, uma vez que é o sistema que melhor aborda as interfaces de um SES, com o maior número de indicadores, e por ser uma referência mundial na área. Assim sendo, as dimensões preliminares formaram um conjunto com seis elementos: Ambiental, Recursos Humanos, Infraestrutura, Operacional, Qualidade do Serviço, e Econômico-financeira. Abaixo, seguem suas características:

- Ambiental: avalia o desempenho da prestadora de serviço quanto aos impactos ambientais;
- Recursos Humanos: mede a eficiência e eficácia dos funcionários da prestadora de serviço, considerando as funções, atividades e qualificação;
- Infraestrutura: tem a finalidade de avaliar se o sistema de esgotamento possui capacidade de operar corretamente e dentro dos parâmetros locais permitidos;
- Operacional: destina-se a avaliar o desempenho da prestadora de serviço no que diz respeito ao funcionamento e à manutenção do SES;
- Qualidade do Serviço: mede o nível de serviço oferecido aos usuários do sistema de esgotamento;
- Econômico-financeira: relaciona-se à eficiência e eficácia do uso dos recursos financeiros, além de fornecer meios de interpretar a situação financeira da prestadora de serviços.

Prosseguindo com a seleção preliminar dos indicadores de desempenho, os sistemas de indicadores de saneamento e a literatura estudada permitiram a escolha de 65 indicadores, entre aqueles considerados mais importantes e de fácil mensuração. A distribuição dos indicadores dentro de cada dimensão é mostrada na Figura 6.3, enquanto que na Tabela 6.1 é apresentado o conjunto preliminar de indicadores de desempenho.

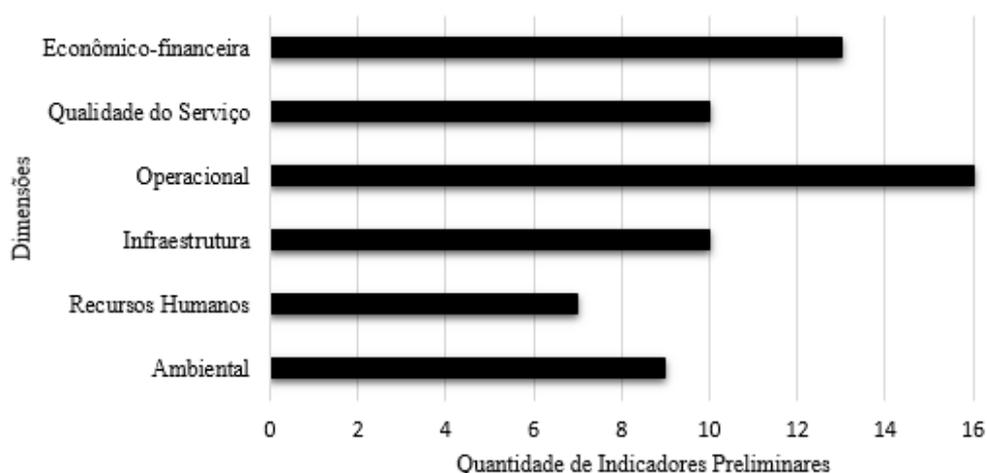


Figura 6.3 - Dimensões vs. Indicadores, na seleção preliminar.

Tabela 6.1 - Indicadores da seleção preliminar.

Código	Indicador	Unidade
<b>Dimensão Ambiental</b>		
Ap1	Teste de Qualidade dos Esgotos Realizado dentro do Padrão Exigido pela Norma	%
Ap2	Atendimento da ETE ao Padrão de Lançamento	%
Ap3	Reuso do Efluente	%
Ap4	Reutilização do Lodo	%
Ap5	Emissão de Gases de Efeito Estufa (GEE)	Kg. CO2 eq.
Ap6	Ocorrência de Incidentes de Poluição	n°/10000 km rede/ano
Ap7	Produção de Lodo na ETE	kg/p.e./ano
Ap8	Disposição do Lodo de Acordo com a Norma	%
Ap9	↯ Outros Destinos do Lodo	%
<b>Dimensão Recursos Humanos</b>		
Rhp1	Funcionários Trabalhando na ETE por População Equivalente	n°/1000 p.e.
Rhp2	Funcionários Trabalhando no Sistema de Esgoto por Rede	n°/100 km rede
Rhp3	Índice de Produtividade de Pessoal Total	lig./emp.
Rhp4	Índice de Funcionários de Operação e Manutenção	%
Rhp5	Treinamento dos Funcionários	h/func.
Rhp6	Acidentes de Trabalho	n°/100 func.
Rhp7	Acidentes Fatais ou Permanentes no Trabalho	n°/100 func.
<b>Dimensão Infraestrutura</b>		
Iep1	Utilização de Estações de Tratamento	%
Iep2	↯ Utilização do Tratamento Preliminar	%
Iep3	↯ Utilização do Tratamento Primário	%
Iep4	↯ Utilização do Tratamento Secundário	%
Iep5	↯ Utilização do Tratamento Terciário	%
Iep6	Índice de Bombeamento no Sistema	%

Tabela 6.1 - Indicadores da seleção preliminar (continuação).

Iep7	Índice de Bombeamento na ETE	%
Iep8	Índice de Estações Elevatórias Críticas	%
Iep9	Índice de Automação do Sistema	%
Iep10	Extensão de Rede Por Ligação	m/lig.
<b>Dimensão Operacional</b>		
Op1	Consumo de Energia nas ETEs	kWh/p.e./ano
Op2	Aproveitamento Energético nas ETEs	%
Op3	Consumo de Energia Padrão	kWh/m <sup>3</sup>
Op4	Entupimento de Rede	n <sup>o</sup> /100km/ano
Op5	Ruptura de Rede	n <sup>o</sup> /100km/ano
Op6	Falha de Bombas	h/bombas/ano
Op7	Falha Energética	h/EE/ano
Op8	Testes de Qualidade de Esgoto Realizados	/ano
Op9	↯ Teste de DBO	/ano
Op10	↯ Teste de DQO	/ano
Op11	↯ Teste de SST	/ano
Op12	↯ Teste de P Total	/ano
Op13	↯ Teste de Nitrogênio	/ano
Op14	↯ Teste de E. coli	/ano
Op15	↯ Outros Testes	/ano
Op16	Teste de Lodo	/ano
<b>Dimensão Qualidade do Serviço</b>		
Qp1	População Residente Conectada à Rede Coletora	%
Qp2	População Residente Servida por ETE	%
Qp3	População Residente Servida por Sistema Individual	%
Qp4	População Residente Não Atendida	%
Qp5	Esgoto Tratado na ETE	%
Qp6	Índice de Esgoto Tratado por Tratamento Secundário	%
Qp7	Tempo de Resposta Médio de Limpeza de Fossas	d/pedidos
Qp8	Total de Reclamações	n <sup>o</sup> /100 hab./ano
Qp9	Reclamações por Motivo de Entupimentos	n <sup>o</sup> /100 hab./ano
Qp10	Respostas às Reclamações	%
<b>Dimensão Econômico-financeira</b>		
Efp1	Tarifa Média de Esgoto	\$/m <sup>3</sup>
Efp2	Receita Unitária	\$/p.e./ano
Efp3	Receita de Serviços	%
Efp4	Receitas Industriais	%
Efp5	Despesa Total Unitária por p.e.	\$/p.e./ano
Efp6	Despesas com Energia	%
Efp7	Despesas com Materiais, Produtos Químicos e Outros Insumos	%
Efp8	Despesa Média Anual por Emprego	\$/emp.
Efp9	Despesas com Tratamento de Esgoto	%
Efp10	Despesa de Exploração por m <sup>3</sup> Faturado	\$/m <sup>3</sup>
Efp11	Despesa de Exploração por Economia	\$/ano/econ.
Efp12	Índice de Evasão de Receitas	%
Efp13	Margem da Despesa de Exploração	%

Na seleção preliminar houve grande variabilidade no número de indicadores em cada dimensão, indo de sete, na dimensão de Recursos Humanos, a dezesseis, na dimensão Operacional. É interessante que haja maior equilíbrio na distribuição dos indicadores nas dimensões para favorecer a distribuição de pesos e a consequente aplicação do método multicritério. Buscou-se essa uniformidade nas etapas subsequentes.

## **6.2.2 Conjunto Preliminar de Indicadores de Desempenho vs. Mapa Conceitual**

Diante dos vários aspectos a serem considerados na formulação de um conjunto de indicadores de desempenho de SESs, que podem ser de difícil identificação, optou-se por utilizar o mapa conceitual de SESs como ferramenta de auxílio na orientação da seleção e proposta de indicadores. O confronto entre o conjunto preliminar de indicadores e o mapa conceitual configura o segundo estágio da seleção dos indicadores.

O software utilizado na formulação do mapa conceitual, *CmapTools*, possibilitou a exportação de suas proposições, em um total de 86. Como mencionado, uma proposição é formada pelo conjunto de um conceito inicial, uma frase de ligação e um conceito final. Logo, conceitos e ligações com mais de uma relação formaram diferentes proposições.

As proposições foram organizadas em uma tabela e os indicadores preliminares que melhor abordavam cada uma foram alocados logo abaixo. Foi possível a disposição de um indicador sob mais de uma proposição, de acordo com a pertinência. Entretanto esse prosseguimento tornou evidente as interfaces da gestão de SESs para as quais não havia indicadores preliminares que traduzissem suas informações.

Desse modo, procedeu-se com a formulação de indicadores referentes às proposições não atendidas. Levaram-se em consideração aspectos como importância e aplicabilidade aos SESs da RIDE DF e Entorno, diagnosticados no Capítulo 4, o que revelou que algumas das proposições não atendidas eram irrelevantes ao trabalho e, portanto, não demandavam indicadores. Via de regra, dispensou-se a proposta de novos indicadores às sentenças que tratavam de situações que normalmente não são identificadas em áreas urbanas.

Terminado o processo de alocação dos indicadores preliminares, 31 proposições não foram atendidas. Desse total, 11 foram contempladas com propostas de indicadores que, excluindo-se as repetições, chegaram ao total de 8. As proposições contempladas, assim como os indicadores propostos, são apresentadas na Tabela 6.2.

Tabela 6.2 - Proposições não atendidas e contempladas com novos indicadores.

<b>Proposições não Atendidas e Contempladas</b>			
<b>Nº</b>	<b>Conceito inicial</b>	<b>Ligação</b>	<b>Conceito final</b>
7	Sistemas de Esgotamento Sanitário	Devem possuir	Metas de melhorias contínuas
Existe Plano de Saneamento Básico Municipal			
Existem Metas de Melhorias Contínuas			
10	Soluções Coletivas	Exigem prévio	Planejamento urbano
Existe Plano Diretor Municipal			
Plano Diretor Municipal está Articulado com o Planejamento de Saneamento Básico			
11	Soluções Coletivas	São necessárias para	Condições de adensamento populacional
Densidade Demográfica Urbana			
12	Soluções Coletivas	São necessárias para	Solos com baixa permeabilidade
As Condições de Profundidade e Permeabilidade do Solo são Propícias às Soluções Individuais			
13	Soluções Coletivas	São necessárias para	Lençol freático raso
As Condições de Profundidade e Permeabilidade do Solo são Propícias às Soluções Individuais			
14	Soluções Coletivas	São classificadas em	Sistema unitário
ETE Recebe Águas Pluviais			
15	Soluções Coletivas	São classificadas em	Sistema separador parcial
ETE Recebe Águas Pluviais			
52	Sistemas de Esgotamento Sanitário	Necessitam de licenciamento ambiental expedido pelo	Órgão ambiental
ETE Dispõe de Licença de Operação			
63	Soluções Individuais	Podem funcionar bem em locais com	Lençol freático profundo
As Condições de Profundidade e Permeabilidade do Solo são Propícias às Soluções Individuais			
64	Soluções Individuais	Podem funcionar bem em locais com	Baixa densidade demográfica
Densidade Demográfica Urbana			
65	Soluções Individuais	Podem funcionar bem em locais com	Solos com boa capacidade de infiltração
As Condições de Profundidade e Permeabilidade do Solo são Propícias às Soluções Individuais			

Além disso, a análise do mapa conceitual conjuntamente aos indicadores preliminares também levantou a necessidade de propor-se novos indicadores a duas sentenças que já haviam sido satisfeitas, visando à maior cobertura das interfaces de SESs. Os indicadores são referentes à existência de outorga de lançamento de esgoto e à especificação da solução individual utilizada pela população. As proposições, os indicadores alocados e os propostos encontram-se na Tabela 6.3. A tabela completa, com todas as relações entre o mapa conceitual e os indicadores preliminares, encontra-se no Apêndice A.

Tabela 6.3 - Proposições atendidas e contempladas com novos indicadores.

<b>Proposições Atendidas e Contempladas</b>			
<b>Nº</b>	<b>Conceito inicial</b>	<b>Ligação</b>	<b>Conceito final</b>
35	Efluentes	Têm como destino final os	Corpos hídricos
Ap2	Atendimento da ETE ao Padrão de Lançamento		
Prop.	ETE Dispõe de Outorga de Lançamento		
74	Fossa séptica	Considerados soluções adequadas pelo	PLANSAB
Qpp3	População Residente Servida por Sistema Individual		
Qpp8	Tempo de Resposta Médio de Limpeza de Fossas		
Prop.	População Residente Servida por Sistema Individual com Uso de Fossa Séptica		

Por outro lado, a formulação de novos indicadores trouxe a necessidade da proposta de uma nova dimensão, uma vez que não se inseriam completamente em nenhuma das abordadas anteriormente. Grande parte dos indicadores criados estava mais associada aos processos de estruturação e apropriação do espaço urbano pelos SESs. Criou-se, então, a dimensão Planejamento, que teve como alvo a avaliação da capacidade do município em comportar demandas futuras no SES e sua aptidão a soluções coletivas e individuais.

Ao final, a contraposição do mapa conceitual com o conjunto preliminar de indicadores teve como resultado o montante de dez indicadores e uma dimensão propostos. Do total de indicadores, seis compuseram a dimensão Planejamento, três entraram na dimensão Operacional, e um, na dimensão Qualidade. Somando aos números anteriores, a fase de pré-seleção resultou em um conjunto de 75 indicadores, distribuídos em 7 dimensões. A tabela completa com os indicadores da fase de pré-seleção, suas unidades e definições, encontra-se no Apêndice B.

### 6.2.3 Consulta a especialistas

Após a fase de pré-seleção dos indicadores, com a seleção preliminar e a contraposição com o mapa conceitual, procedeu-se com a consulta a especialistas. Essa fase teve como finalidade submeter os indicadores à crítica de entendedores da área, pessoas com conhecimento e experiências relacionadas a SESs, e chegar ao conjunto final de indicadores.

A plataforma escolhida para o questionário online foi a Online Pesquisa, posto que oferece conta gratuita para estudantes, com armazenamento de dados em planilhas, acesso a diversas modalidades de perguntas, número ilimitado de perguntas, respostas e participantes, além da possibilidade de adicionar logotipos, edição de cores e do *link* de consulta com o nome de identificação do questionário – que aumentam a credibilidade da pesquisa.

Elaborou-se um questionário dividido em três partes, nomeadas “A”, “B” e “C”, e composto por perguntas fechadas e abertas. A primeira tratou da identificação confidencial do respondente; a segunda foi referente às dimensões dos indicadores de desempenho; e a terceira, e mais extensa, foi sobre os indicadores escolhidos na fase de pré-seleção. Nas duas últimas partes, os participantes puderam dar sugestões de inclusão, exclusão ou modificação, e julgar as importâncias relativas das dimensões e dos indicadores. O formulário completo encaminhado aos especialistas está disponível no Apêndice C.

O *link* do formulário foi enviado por meio de correio eletrônico a 145 profissionais da área de saneamento, e ficou em aberto durante 45 dias, até que um número razoável de contribuições fosse alcançado. Do total, 43 especialistas responderam, ao menos parcialmente, o questionário, atingindo-se cerca de 30% de taxa de retorno. Somados todos os tipos de perguntas, foram contabilizadas 2.655 respostas.

Dentre os respondentes, 40 afirmaram que trabalham ou já trabalharam com saneamento básico em aspectos relacionados ao esgotamento sanitário, atuando como professores, pesquisadores, consultores, projetistas e operadores, entre outros. Acerca da formação base, mais de 80% dos respondentes eram engenheiros, entretanto houve colaborações de profissionais de diversas áreas de conhecimento, como pode ser observado na Tabela 6.4 – cuja soma das porcentagens ultrapassou 100% porque alguns participantes possuíam mais de uma formação acadêmica.

Tabela 6.4 - Formação base dos especialistas participantes da consulta

Formação Base	Quantidade de Participantes	
Administração	1	2,3 %
Arquitetura	1	2,3 %
Biologia	3	7,0 %
Ciências Econômicas	1	2,3 %
Ciências Sociais	1	2,3 %
Engenharia Ambiental e/ou Sanitária	8	18,6 %
Engenharia Civil	19	44,2 %
Engenharia de Alimentos	1	2,3 %
Engenharia Industrial	1	2,3 %
Engenharia Mecânica	2	4,7 %
Engenharia Química	5	11,6 %
Química	1	2,3 %
Tecnólogo em Gestão Ambiental	1	2,3 %
Tecnólogo em Saneamento Ambiental	2	4,7 %

Houve participação de especialistas das cinco regiões do Brasil: Sul, Sudeste, Centro-Oeste, Norte e Nordeste. Quanto ao local de atuação, a grande maioria dos especialistas trabalhava ou trabalhou em prestadoras de serviço e no meio acadêmico, chegando a 39,5% e 46,5%, respectivamente. Porém empresas projetistas e agências reguladoras também ganharam destaque. A distribuição dos participantes por local de atuação é trazida na Figura 6.4, cuja soma das porcentagens ultrapassou 100% porque era possível selecionar mais de uma opção, enquanto que na Tabela 6.5 são apresentadas suas organizações de origem.

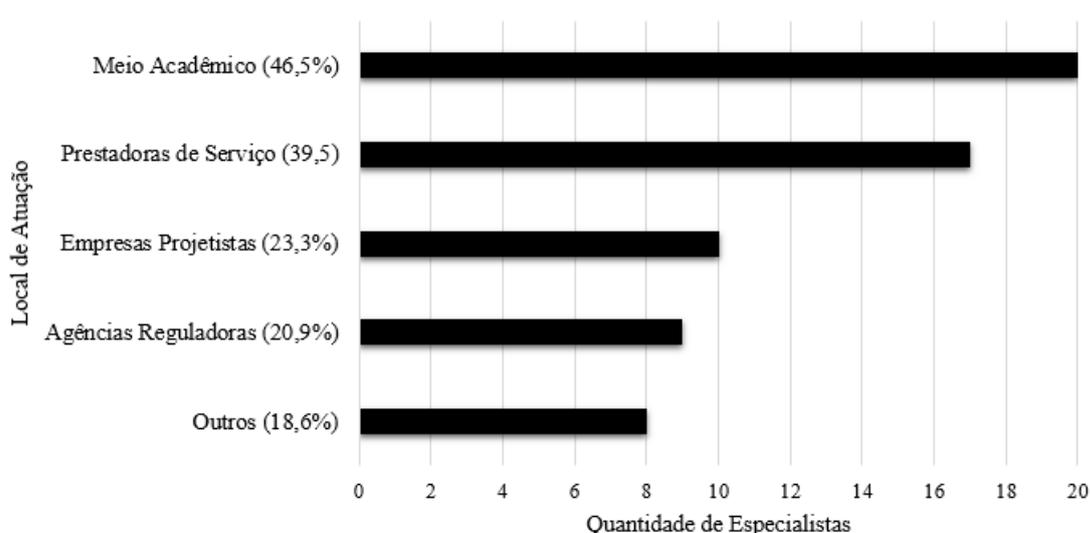


Figura 6.4 - Local de atuação dos especialistas participantes da consulta.

Tabela 6.5 - Organizações dos participantes da consulta.

<b>Organização</b>	<b>Sigla</b>	<b>UF</b>	<b>Quantidade</b>	
Agencia de Regulação de Pernambuco	ARPE	PE	1	2,33%
Agência de Regulação de Serviços Públicos de Santa Catarina	ARESC	SC	1	2,33%
Agência de Regulação de Serviços Públicos do Espírito Santo	ARSP	ES	1	2,33%
Agência de Regulação e Controle de Serviços Públicos do Estado do Pará	ARCON	PA	1	2,33%
Agência Estadual de Regulação de Serviços Públicos	AGEPAN	MS	1	2,33%
Agência Reguladora de Saneamento Básico do Estado da Bahia	AGERSA	BA	1	2,33%
Agência Reguladora de Saneamento e Energia do Estado de São Paulo	ARSESP	SP	1	2,33%
Agência Reguladora de Serviços Públicos Delegados do Estado do Ceará	ARCE	CE	1	2,33%
Agência Reguladora de Serviços Públicos do Estado de Alagoas	ARSAL	AL	1	2,33%
Companhia de Água e Esgoto do Ceará	CAGECE	CE	1	2,33%
Companhia de Saneamento Ambiental do Distrito Federal	CAESB	DF	6	13,95%
Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo	SABESP	SP	1	2,33%
Companhia de Saneamento de Sergipe	DESO	SE	1	2,33%
Empresa Baiana de Águas e Saneamento	EMBASA	BA	2	4,65%
ESSE Engenharia e Consultoria Ltda.	-	MG	1	2,33%
Ministério das Cidades	MCidades	DF	1	2,33%
Secretaria de Estado do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos	SEMARH	RN	1	2,33%
Serviço Autônomo de Água e Esgoto de Itabirito	SAAE	MG	1	2,33%
Serviço Autônomo de Água e Esgoto de Marechal Cândido Rondon	SAAE	PR	1	2,33%
Universidade de Brasília	UnB	DF	5	11,63%
Universidade de São Paulo	USP	SP	2	4,65%
Universidade Estadual de Campinas	UNICAMP	SP	2	4,65%
Universidade Federal de Goiás	UFG	GO	4	9,30%
Universidade Federal de Minas Gerais	UFMG	MG	3	6,98%
Universidade Federal do Rio de Janeiro	UFRJ	RJ	1	2,33%
Universidade Federal do Rio Grande do Norte	UFRN	RN	1	2,33%
<b>TOTAL</b>			<b>43</b>	<b>100%</b>

Sempre que possível adicionou-se às questões a opção “não gostaria de responder/ não possuo opinião”, deixando o participante mais confortável em responder somente o que tinha segurança acerca. Dessa forma, buscou-se evitar que abandonassem a pesquisa diante de questões fora do seu domínio e que fossem encaminhadas respostas sem embasamento técnico. Além disso, as questões abertas não foram obrigatórias.

Em um apanhado geral, os resultados da consulta a especialista demonstraram grande aceitabilidade dos respondentes, tanto quanto às dimensões como quanto aos indicadores pré-selecionados. Na definição dos pesos dos indicadores dentro de cada dimensão, com o objetivo de fixar a transitoriedade entre os níveis de importância, utilizou-se a Equação 6.1:

$$a \cdot x + b(0,6x) + c(0,4x) = 1 \quad (6.1)$$

Em que “a” corresponde à quantidade de indicadores de alta importância; “b” à quantidade de indicadores de média importância; “c” à quantidade de indicadores de baixa importância; e “x” ao peso individual dos indicadores de alta importância.

As contribuições encaminhadas foram analisadas e incorporadas ou não ao trabalho, de forma facultativa, considerando sempre os critérios de relevância e aplicabilidade ao tema. No Apêndice D apresenta-se o resumo das respostas ao questionário. Nos subitens a seguir serão abordados os resultados e as modificações adotadas.

#### 6.2.3.1 Quanto às dimensões

No que diz respeito às dimensões, constatou-se que cerca de 95% dos participantes concordaram ou totalmente ou parcialmente que as escolhidas são adequadas para uma avaliação de desempenho de SESs – Figura 6.5. Além disso, 90% afirmaram haver pesos diferenciados entre as dimensões, ou seja, individualmente algumas possuem mais importâncias que outras – Figura 6.6.

Algumas das contribuições escritas, encaminhadas pelos respondentes, levantavam a possibilidade de se criar a dimensão Social para medir o envolvimento da prestadora de serviço com a comunidade, a participação social na gestão dos SESs e relacionar a situação socioeconômica da população com o acesso ao serviço. Entretanto foi certificado de que as informações solicitadas para tal dimensão, quando não de difícil obtenção, já compunham as dimensões escolhidas. Dessa forma, a dimensão não foi admitida.

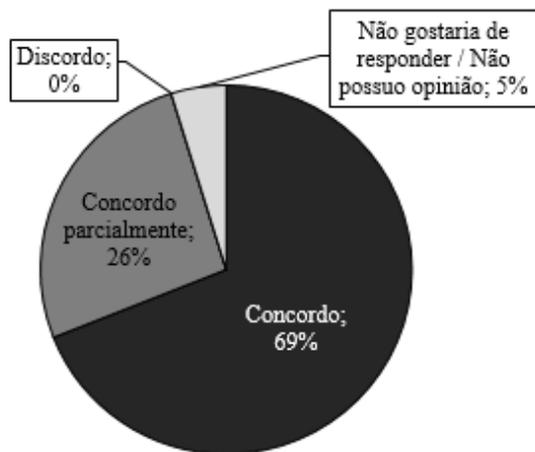


Figura 6.5 - Respostas para a pergunta: "B1. Você considera que as dimensões propostas são adequadas para uma avaliação de desempenho de SESs?"

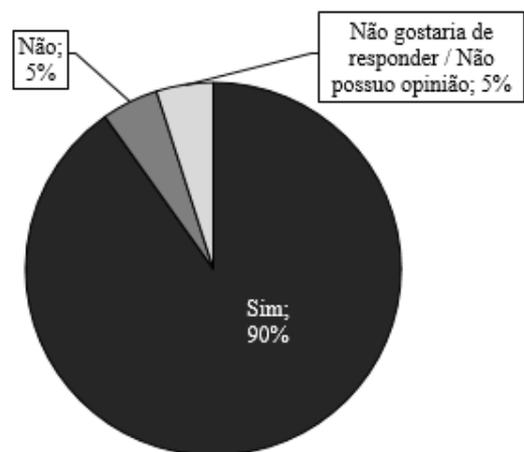


Figura 6.6 - Respostas para a pergunta: "B2. Você considera que existe peso diferenciado entre as dimensões de indicadores?"

Na definição dos pesos das dimensões, solicitou-se que os especialistas associassem a elas os valores de 1 a 7, em uma escala crescente de importância. No entanto da maneira que a questão foi organizada, foi permitida apenas a classificação completa das dimensões, ou seja, não foi possível associar pesos iguais a dimensões diferentes, o que foi criticado por alguns especialistas. Na Tabela 6.6 apresentam-se a média aritmética, a mediana e a moda dos pesos vinculados a cada dimensão.

Tabela 6.6 - Média aritmética, mediana e moda dos pesos vinculados às dimensões.

Dimensão	Média Aritmética	Mediana	Moda
Ambiental	3,08	3	1
Recursos Humanos	4,58	5	4
Infraestrutura	3,75	3	3
Operacional	3,75	4	2
Qualidade	3,61	4	2
Econômico-financeira	4,86	5	7
Planejamento	4,36	6	6

De acordo com Duquia e Bastos (2006), nos casos em que a distribuição dos dados for assimétrica, deve-se utilizar como medida de tendência central preferencialmente a mediana, pois seu valor não será influenciado por valores extremos. Por outro lado, era necessário que fossem considerados os comentários da questão, nos quais os respondentes puderam argumentar como seriam suas classificações caso o empate de importâncias fosse possível.

Para solucionar o impasse, optou-se por dividir as dimensões em três grupos de importância: Baixa, Média e Alta. Na importância Baixa entraram as dimensões Ambiental e Infraestrutura; na importância Média, Recursos Humanos, Operacional e Qualidade do Serviço; na importância Alta, Econômico-financeira e Planejamento. O peso individual associado a cada dimensão, na escala de 1 a 7, e o peso individual transformado para a escala de 0 a 1 são mostrados na Tabela 6.7.

Tabela 6.7 - Pesos das dimensões de indicadores de desempenho.

Dimensão	Importância	Peso Individual Associado	Peso Individual Ponderado
Econômico-Financeira	Alta	6	0,2
Planejamento			
Recursos Humanos	Média	4	0,133
Operacional			
Qualidade do Serviço			
Ambiental	Baixa	3	0,1
Infraestrutura			

### 6.2.3.2 Quanto aos indicadores de planejamento

Com relação aos indicadores de planejamento, verificou-se uma tendência de aprovação total dos indicadores pré-selecionados. Dos participantes, cerca de 51% concordaram totalmente com as escolhas, enquanto que aproximadamente 43% concordaram parcialmente e puderam dar suas contribuições escritas para melhorar o conjunto – Figura 6.7.

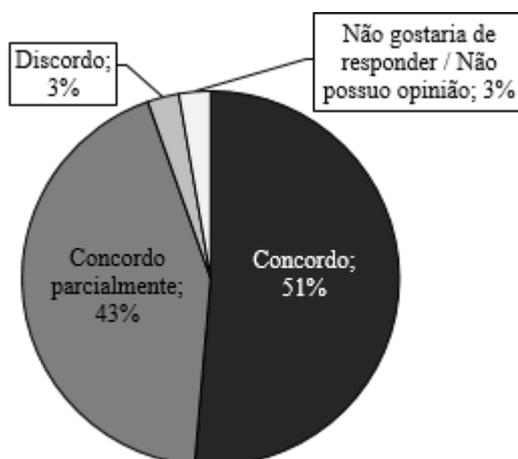


Figura 6.7 - Respostas para a pergunta: "C1. Na dimensão Planejamento, considera os indicadores apresentados suficientes para a aferição do desempenho de ETEs?".

Com a ajuda dos especialistas, pôde-se observar que dois dos indicadores de planejamento, Pp1 e Pp6, não eram passíveis de receberem uma escala, ou seja, não há medidas numéricas ou avaliações nominais que permitissem definir os níveis muito satisfatório, satisfatório, insatisfatório e muito insatisfatório. Esses indicadores seriam usados como base para a aferição de desempenho de outros indicadores, encaixando-se melhor como indicadores de caracterização. Logo, foram excluídos da dimensão. São eles:

- Densidade demográfica urbana (hab./km<sup>2</sup>);
- Condições de profundidade e permeabilidade do solo são propícias às soluções individuais (-).

Em contrapartida, os participantes levantaram a necessidade de inclusão de indicadores que ainda não haviam sido considerados. Duas das solicitações foram adotadas, e são referentes aos comitês de bacias hidrográficas e aos levantamentos da topografia urbana. Abaixo, apresentam-se os novos indicadores da dimensão Planejamento:

- Existência de comitê de bacia hidrográfica organizado e atuante no município (-);
- Há levantamentos da topografia urbana utilizados nas soluções gerais do saneamento básico (-).

Na definição dos pesos dos indicadores dentro da dimensão, pediu-se para que, em um primeiro instante, os respondentes selecionassem até três indicadores que consideravam mais importantes ao tema. Em um segundo instante, pediu-se a seleção de até dois indicadores menos importantes. Essa dinâmica permitiu que o grupo fosse dividido em três categorias de importância: alta, média e baixa.

Os dois indicadores incluídos na dimensão foram alocados na importância média, admitindo-se uma avaliação conservadora, uma vez que suas importâncias não foram determinadas pelos especialistas. Na Tabela 6.8 são apresentados os indicadores, seus respectivos níveis de importância e pesos resultantes da consulta a especialistas.

Tabela 6.8 - Indicadores de planejamento e seus pesos.

Indicador	Categoria de Importância	Peso Individual Ponderado
Existe plano de saneamento básico	Alta	0,25
Plano diretor está articulado com o planejamento do saneamento básico		
Existência de comitê de bacia hidrográfica organizado e atuante no município	Média	0,15
Estudos da topografia e geografia do local		
Existem metas de melhorias contínuas	Baixa	0,1
Existe plano diretor municipal		

### 6.2.3.3 Quanto aos indicadores ambientais

Relativo aos indicadores da categoria Ambiental, observou-se, novamente, uma tendência de aprovação total do conjunto. Nesse quesito, por volta de 51% dos respondentes concordaram totalmente com as escolhas, e 46%, parcialmente, como pode ser visto na Figura 6.8.

Em meio às contribuições discursivas, os especialistas argumentaram que, do jeito que estava posto, o indicador Ap5, “Emissão de gases de efeito estufa (kg CO<sub>2</sub> eq.)”, seria de difícil obtenção por parte da prestadora de serviço ou da prefeitura. Decidiu-se, então, por reformular o indicador de modo que sua escala fosse qualitativa. Em vista disso, o indicador Ap5 passou a ser “Existe solução para os gases de efeito estufa (-)”.

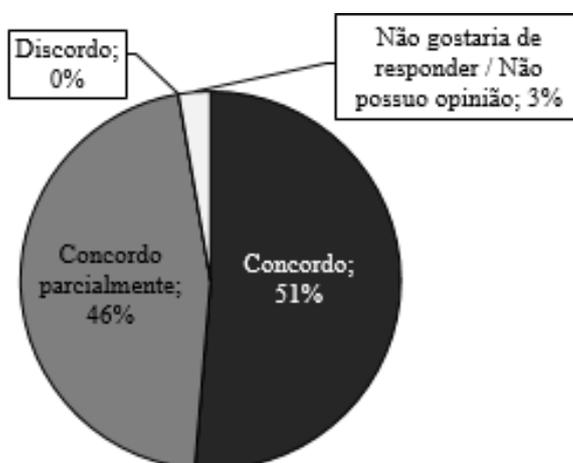


Figura 6.8 - Respostas para a pergunta: "C4. Na dimensão Ambiental, considera os indicadores apresentados suficientes para a aferição do desempenho de ETEs?".

Ademais, optou-se por desconsiderar o indicador Ap7, “Produção de lodo na ETE (kg/p.e./ano)”, sob o argumento de que a produção de lodo varia, principalmente, de acordo com a tecnologia de tratamento utilizada na ETE, o que gera limitação na comparação entre sistemas. O mesmo fim teve o indicador Ap9, “Outros destinos do lodo (%/ano)”, excluído por falta de relevância, pois sua informação estava subentendida no indicador Ap8, “Disposição do lodo de acordo com a norma (%/ano).

Por outro lado, foram adotadas três sugestões de novos indicadores. O primeiro diz respeito à existência de fiscalização sobre os caminhões limpa-fossas; o segundo, à ocorrência de incidentes de poluição na ETE – o que inclui o uso de by-pass nos tempos de chuva –; e o terceiro trata dos programas e projetos de educação ambiental praticados pela prestadora. Abaixo, os novos indicadores da dimensão Ambiental são apresentados:

- Existe fiscalização sobre os caminhões limpa-fossas (-);
- Ocorrência de incidentes de poluição no tratamento (incid./ano);
- Prestadora de serviço possui programas e projetos de educação ambiental (-).

A definição dos pesos dos indicadores seguiu a lógica abordada no subitem passado, diferenciando-se que dessa vez os respondentes escolheram até quatro indicadores mais importantes e até três indicadores menos importantes. O produto da definição dos pesos está apresentado na Tabela 6.9.

Tabela 6.9 - Indicadores ambientais e seus pesos.

<b>Indicador</b>	<b>Categoria de Importância</b>	<b>Peso Individual Ponderado</b>
Teste de qualidade dos esgotos realizado dentro do padrão exigido pela norma	Alta	0,152
Atendimento da ETE ao padrão de lançamento		
Ocorrência de incidentes de poluição na rede		
Disposição do lodo de acordo com a norma	Média	0,091
Existe fiscalização sobre os caminhões limpa-fossas		
Ocorrência de incidentes de poluição na ETE		

Tabela 6.9 - Indicadores ambientais e seus pesos (continuação).

Prestadora de serviço possui programas e projeto de educação ambiental		
Reutilização do lodo	Baixa	0,061
Reuso do efluente		
Existe solução para os gases de efeito estufa		

#### 6.2.3.4 Quanto aos indicadores de recursos humanos

Os indicadores da dimensão Recursos Humanos tiveram alta aceitabilidade por parte dos especialistas, com aproximadamente 71% de aprovação total e 24% de aprovação parcial – Figura 6.9. Não houve inclusões ou exclusões de indicadores nessa dimensão, e sim reformulações em três dos indicadores, admitidas a partir das contribuições feitas.

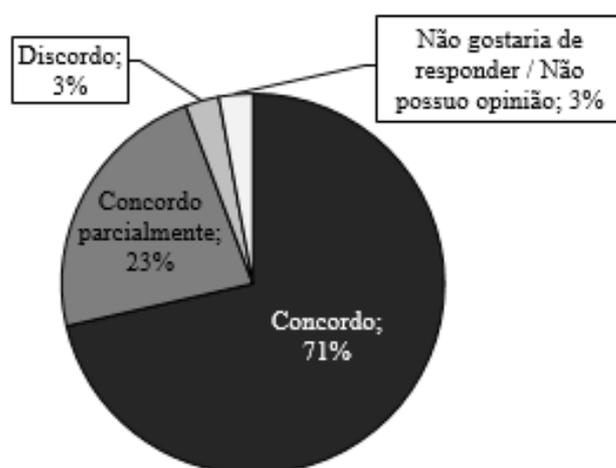


Figura 6.9 - Respostas para a pergunta: "C7. Na dimensão Recursos Humanos, considera os indicadores apresentados suficientes para a aferição do desempenho de ETEs?".

As contribuições escritas apontaram para uma maior particularização dos indicadores Rh3 e Rh5 em relação aos sistemas de distribuição de água, no sentido de voltarem-se apenas aos sistemas de esgotos. Então, o indicador Rhp3, “Índice de produtividade de pessoal total (lig./emp.)”, passou a ser “Índice de produtividade de pessoal do sistema de esgoto (lig./emp.)”; e a definição do indicador Rhp5, “Treinamento dos funcionários (h/func./ano)”, foi alterada para contemplar apenas treinamentos relacionados à área de atuação dos funcionários.

Além disso, considerou-se a argumentação de que o indicador Rhp2, “Funcionários trabalhando na ETE por população equivalente (nº/1000p.e.)”, por si só poderia gerar conclusões errôneas, uma vez que a quantidade de funcionários depende do grau de automação da ETE, isto é, uma maior automação demanda menos funcionários, e vice-versa. Visto isso, o indicador Rhp1 foi alterado para “Funcionários trabalhando na ETE por automação da ETE (-)”.

Na definição dos pesos dos indicadores, os respondentes foram instigados a selecionarem até três indicadores mais importantes e até dois menos importantes, de acordo com o próprio julgamento. Houve bastante dissenso em relação ao indicador Rhp1, sendo julgado como de alta e baixa importância ao mesmo tempo, entretanto como foi alterado, o que presume um aumento de sua relevância, optou-se por aloca-lo como de alta importância. Na Tabela 6.10 são apresentados os indicadores de acordo com o nível de importância dentro da dimensão Recursos Humanos.

Tabela 6.10 - Indicadores de recursos humanos e seus pesos.

<b>Indicador</b>	<b>Categoria de Importância</b>	<b>Peso Individual Ponderado</b>
Funcionários trabalhando na ETE por automação da ETE	Alta	0,2
Índice de produtividade de pessoal do sistema de esgoto		
Treinamento dos funcionários		
Acidentes de trabalho	Média	0,12
Acidentes fatais ou permanentes no trabalho		
Funcionários trabalhando no sistema de esgoto por rede	Baixa	0,08
Índice de funcionários de operação e manutenção		

#### 6.2.3.5 Quanto aos indicadores de infraestrutura

No tocante aos indicadores da dimensão Infraestrutura, 60% dos respondentes concordaram totalmente com a pré-seleção e cerca de 29%, parcialmente – Figura 6.10. Aqui, houve sete alterações a partir das contribuições encaminhadas, sendo duas inclusões de novos indicadores e cinco exclusões de indicadores pré-selecionados.

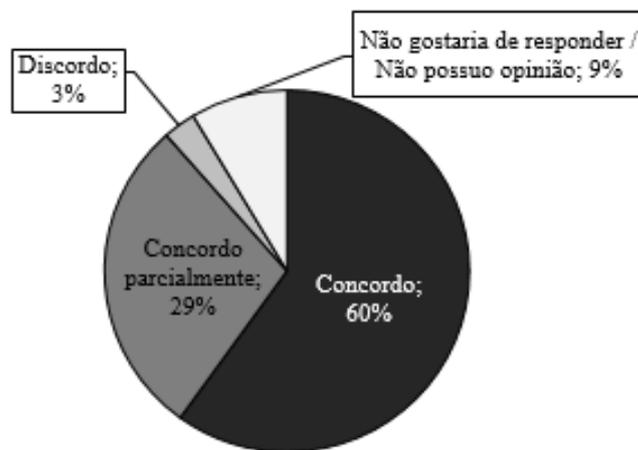


Figura 6.10 - Respostas para a pergunta: "C10. Na dimensão Infraestrutura, considera os indicadores apresentados suficientes para a aferição do desempenho de ETEs?".

Os indicadores Iep2 a Iep5 foram eliminados sob o argumento de já estarem implícitos no indicador Iep1, "Utilização de estações de tratamento (%/ano)". Da mesma forma, eliminou-se o indicador Iep6 por o índice de bombeamento ser dependente de características topológicas do local, o que dificulta a avaliação e a comparação entre municípios. Abaixo são apresentados os cinco indicadores excluídos nessa fase:

- Utilização do tratamento preliminar (%/ano);
- Utilização do tratamento primário (%/ano);
- Utilização do tratamento secundário (%/ano);
- Utilização do tratamento terciário (%/ano);
- Índice de bombeamento do sistema (%/ano).

Quanto às inclusões, os especialistas registraram a importância de ter indicadores que tratam acerca da condição das estruturas, tanto de coleta e transporte como das ETEs. Para tanto, foram inclusos dois indicadores: "Estado de conservação das estruturas de coleta e transporte (-)" e "Estado de conservação das estruturas da ETE (-)".

Para definir os pesos dos indicadores dentro da dimensão, solicitou-se que os respondentes selecionassem até quatro indicadores mais importantes e até três indicadores menos importantes. Os novos indicadores foram definidos como de média importância. Feitas as alterações necessárias, o resultado é mostrado na Tabela 6.11.

Tabela 6.11 - Indicadores de infraestrutura e seus pesos.

Indicador	Categoria de Importância	Peso Individual Ponderado
Utilização de estações de tratamento	Alta	0,2
Índice de automação do sistema		
Extensão de rede por ligação		
Estado de conservação das estruturas da ETE	Média	0,12
Estado de conservação das estruturas de coleta e transporte		
Índice de estações elevatórias críticas	Baixa	0,08
Índice de bombeamento na ETE		

#### 6.2.3.6 Quanto aos indicadores operacionais

Os indicadores da dimensão Operacional obtiveram cerca de 69% de aprovação total e 29% de aprovação parcial, conforme a Figura 6.11. Essa foi a dimensão que teve mais modificações adotadas a partir das colaborações dos respondentes. Ao todo, houve três novos indicadores, nove indicadores excluídos, um modificado e dois realocados para a dimensão Qualidade.

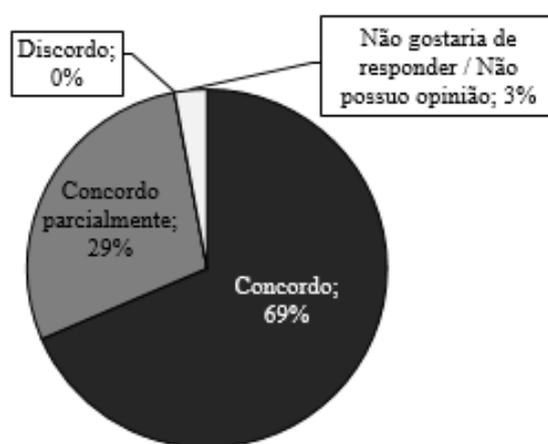


Figura 6.11 - Respostas para a pergunta: "C13. Na dimensão Operacional, considera os indicadores apresentados suficientes para a aferição do desempenho de ETEs?".

Julgou-se pertinente o argumento de que a energia utilizada no sistema pode ser influenciada diretamente pela quantidade de estações elevatórias, que depende da topografia do local, e,

portanto, não é um fator de fácil comparação entre sistemas, sendo excluído o indicador Opp3. Do mesmo modo, os indicadores Opp10 a Opp17 foram eliminados por já estarem agregados ao indicador Opp9, “Testes de qualidade de esgoto realizados”. Seguem os indicadores excluídos nessa dimensão:

- Consumo de energia padrão (KWh/m<sup>3</sup>);
- Teste de DBO (n<sup>o</sup>/ano);
- Teste de DQO (n<sup>o</sup>/ano);
- Teste de SST (n<sup>o</sup>/ano);
- Teste de P total (n<sup>o</sup>/ano);
- Teste de nitrogênio (n<sup>o</sup>/ano);
- Teste de E. Coli (n<sup>o</sup>/ano);
- Testes de lodo (n<sup>o</sup>/ano);
- Outros testes (n<sup>o</sup>/ano).

Foi levantada a questão de haver um indicador que tratasse da manutenção preventiva, importante para reduzir ou evitar falhas no desempenho de equipamentos e estruturas, aumentar sua confiabilidade e leva-los a operar nas condições ideais, ou próximos a elas. Com isso, incluiu-se o indicador “Existem programas de manutenção preventiva (-)”. Outra questão levantada foi a presença de águas pluviais no sistema separador absoluto, tida como um dos principais problemas operacionais, podendo influenciar na qualidade dos esgotos tratados e no custo operacional das unidades de tratamento. Para tanto, foi criado o indicador “ETE recebe águas pluviais (-)”.

Também, admitiu-se a adição do indicador “Duração média dos reparos de extravasamentos de esgotos (h/extrav.)”, adotou-se a mudança de unidade do indicador Opp1, “Consumo de energia nas ETEs (KWh/p.e./ano)”, para quilowatts hora por metro cúbico de esgoto tratado (KWh/m<sup>3</sup>). E os indicadores Opp18, “ETE dispõe de licença de operação (-)”, e Opp19, “ETE dispõe de outorga de lançamento”, criados na etapa de pré-seleção dos indicadores, foram realocados para a dimensão Qualidade, conforme orientação dos especialistas acerca da adequabilidade.

Na definição dos pesos dentro da dimensão, os respondentes selecionaram até cinco indicadores mais importantes e até quatro menos importantes. Como a quantidade de indicadores foi reduzida a 10, decidiu-se por considerar os três mais votados nas duas categorias de importância. Os indicadores incluídos foram definidos como de média importância. Na Tabela 6.12 está o resultado.

Tabela 6.12 - Indicadores operacionais e seus pesos.

<b>Indicador</b>	<b>Categoria de Importância</b>	<b>Peso Individual Ponderado</b>
Consumo de energia nas ETEs	Alta	0,142
Entupimento de rede		
Testes de qualidade de esgoto realizados		
Falha de bombas	Média	0,091
ETE recebe águas pluviais		
Existem programas de manutenção preventiva		
Duração média dos reparos de extravasamentos de esgotos	Baixa	0,061
Aproveitamento energético nas ETEs		
Ruptura de rede		
Falha energética		

#### 6.2.3.7 Quanto aos indicadores de qualidade

Os indicadores da dimensão Qualidade foram os que tiveram a maior taxa de aceitabilidade por parte dos especialistas, com aproximadamente 74% de aprovação total e 21% de aprovação parcial – Figura 6.12. Mesmo assim, as modificações adotadas abrangeram quatro exclusões e uma inclusão, fora os dois indicadores outrora pertencentes à dimensão Operacional.

Acerca das exclusões, os indicadores Qp3 e Qp5 foram eliminados por já estarem agregados aos indicadores Qp4, “População residente servida por sistema individual com uso de fossa séptica (%)”, e Qp1, “População residente conectada à rede coletora (%)”, respectivamente. Além disso, modificou-se o indicador Qp4 para “Condições das fossas utilizadas nos sistemas individuais”, já que subentende-se que essa seja a solução usada pela população

não atendida por redes de esgoto em áreas urbanas, sendo mais adequado qualificar sua condição de operação.

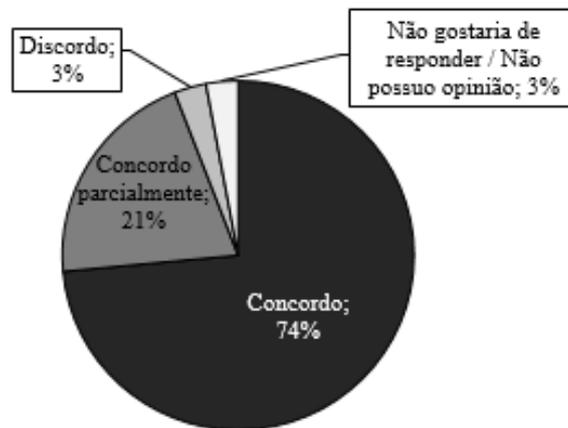


Figura 6.12 - Respostas para a pergunta: "C16. Na dimensão Qualidade, considera os indicadores apresentados suficientes para a aferição do desempenho de ETEs?".

O indicador Qp7 foi excluído sob o argumento de o tratamento secundário ser dependente do efluente, o que gera conclusões imprecisas na comparação entre sistemas. Finalmente, decidiu-se por eliminar o indicador Qp8 por falta de padrão das fossas e da responsabilidade da limpeza, se particular ou pública. Os indicadores excluídos estão a seguir:

- População residente servida por sistema individual (%);
- População residente não atendida (%);
- Índice de esgoto tratado por tratamento secundário (%);
- Tempo de respostas médio de limpeza de fossas (d/pedidos/ano).

Apesar de não ter sido acrescentado na fase de pré-seleção, algumas das contribuições escritas pelos especialistas solicitaram a presença de um indicador para a questão dos maus odores que podem ser provenientes das estações de tratamento. Logo, incluiu-se o indicador "Reclamações por motivo de maus odores (nº/1000 hab./ano)" para suprir essa solicitação.

Para definir os pesos dos indicadores dentro da dimensão Qualidade, os respondentes foram instigados a julgar até quatro mais importantes e até três menos importantes. Os indicadores advindos da dimensão Operacional e o novo indicador foram classificados como de baixa importância. O resultado dessa dinâmica é trazido pela Tabela 6.13.

Tabela 6.13 - Indicadores de qualidade e seus pesos.

Indicador	Categoria de Importância	Peso Individual Ponderado
População residente conectada à rede coletora	Alta	0,143
População residente servida por ETE		
Esgoto tratado na ETE		
Total de reclamações		
Condições das fossas utilizadas nos sistemas individuais	Média	0,086
Respostas às reclamações		
Reclamações por motivo de entupimentos		
ETE dispõe de licença de operação	Baixa	0,057
ETE dispõe de outorga de lançamento		
Reclamações por motivo de maus odores		

#### 6.2.3.8 Quanto aos indicadores econômico-financeiros

Os indicadores da última dimensão avaliada, Econômico-financeira, alcançaram um alto índice de aceitação a partir do julgamento dos especialistas, com cerca de 71% de aprovação total e 24%, parcial – Figura 6.13. Houve sete modificações admitidas, quatro exclusões e três inclusões.

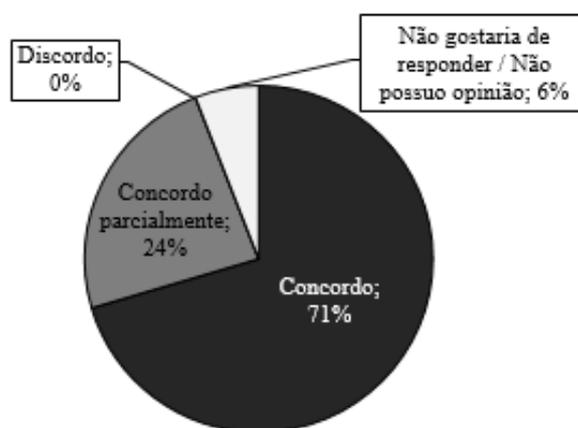


Figura 6.13 - Respostas para a pergunta: "C19. Na dimensão Econômico-financeira, considera os indicadores apresentados suficientes para a aferição do desempenho de ETEs?".

Os indicadores Fip3 e Fip4 foram analisados como sendo mais representativos para grandes cidades, o que não caracteriza os municípios que compõem a RIDE DF e Entorno. A receita operacional direta é resultante exclusivamente da aplicação de tarifas e taxas dos serviços, informação já presente no indicador Fip1, “Tarifa de esgoto”, então, sua relação com a população equivalente foi julgada irrelevante e o indicador Fip2 foi excluído. Ademais, o indicador Fip12 retorna valor nulo para a grande maioria dos sistemas de esgoto, sendo dispensável sua comparação na avaliação. Na ordem, os seguintes indicadores da dimensão foram excluídos:

- Receita de serviços (%);
- Receitas industriais (%);
- Receita unitária (\$/p.e./ano);
- Índice de evasão de receitas (%).

Argumentou-se que indicadores que retornam porcentagens de despesas e receitas não se configuram como a melhor forma de comparação de desempenho entre diferentes sistemas analisados, sendo mais conveniente vincula-los a variáveis comuns aos sistemas comparados, como volume de esgoto faturado. Por esse motivo, os indicadores Fip6, “Despesas com energia (%)”, Fip7, “Despesas com materiais, produtos químicos e outros insumos (%)”, e Fip9, “Despesas com tratamento de esgotos (%)”, foram modificados para “Despesas com energia por volume de esgoto faturado (R\$/1000m<sup>3</sup>)”, “Despesas com materiais, produtos químicos e outros insumos por volume de esgoto faturado (R\$/1000m<sup>3</sup>)”, e “Despesas com tratamento de esgotos por volume de esgoto faturado (R\$/1000m<sup>3</sup>)”, respectivamente. Em adição, o indicador Fip8, “Despesa média anual por empregado (R\$/empreg.)”, foi alterado para “Despesas com pessoal total por volume de esgoto faturado (R\$/1000m<sup>3</sup>)”.

Por outro lado, foram solicitados indicadores que considerassem uma reserva a ser utilizada para melhoria e ampliação do sistema, a relação entre receitas e despesas, e o investimento para melhoria e ampliação do sistema. Para esses requerimentos foram criados os indicadores:

- Existência de fundo de investimento para melhoria e ampliação do sistema (-);

- Balanço Receita Operacional Direta Total vs. Despesas Totais com os Serviços (%);
- Investimento em Esgotamento Sanitário por Déficit de Atendimento Urbano (R\$/pop.urb<sup>2</sup>/pop.atend.).

Os pesos dos indicadores dentro da dimensão foram definidos solicitando-se que os especialistas selecionassem até cinco indicadores mais importantes e até quatro menos importantes. Os novos indicadores foram considerados como de média importância. O resultado é apresentado pela Tabela 6.14.

Tabela 6.14 - Indicadores econômico-financeiros e seus pesos.

<b>Indicador</b>	<b>Categoria de Importância</b>	<b>Peso Individual Ponderado</b>
Tarifa média de esgoto	Alta	0,125
Despesa total unitária por população equivalente		
Despesas com energia por volume de esgoto faturado		
Despesas com tratamento de esgotos por volume de esgoto faturado		
Existência de fundo de investimento em melhoria e ampliação do sistema	Média	0,075
Balanço receita operacional direta total vs. despesas totais com os serviços		
Investimento em esgotamento sanitário por déficit de atendimento urbano		
Despesa de exploração por metro cúbico faturado		
Despesas com materiais, produtos químicos e outros insumos por volume de esgoto faturado	Baixa	0,05
Despesas com pessoal total por volume de esgoto faturado		
Despesa média de exploração por economia		
Margem da despesa de exploração		

#### **6.2.4 Conjunto Final e Escalonamento dos Indicadores de Desempenho**

A consulta a especialistas resultou em uma diminuição de cerca de 17% do número de indicadores de desempenho que entraram na avaliação multicritério, passando de 75 para 62.

Outro resultado da pesquisa foi a maior homogeneidade no número de indicadores por dimensão, o que favoreceu a aplicação do método multicritério, sobretudo na associação de pesos. As quantidades de indicadores por dimensão, antes e após a consulta a especialistas, são indicadas na Figura 6.14. A tabela com o conjunto final de indicadores de desempenho, suas unidades e definições, está apresentada no Apêndice E.

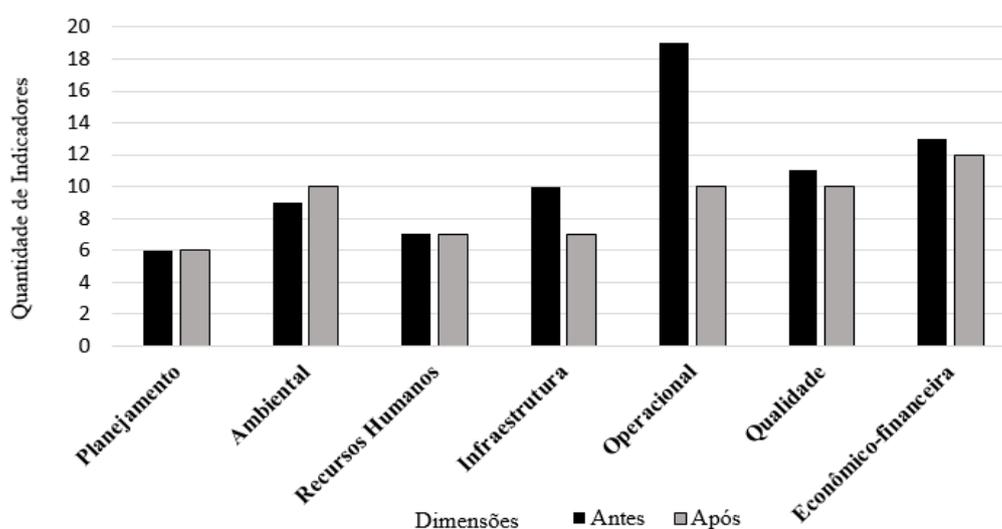


Figura 6.14 - Quantidade de indicadores antes e após a consulta a especialistas.

O passo posterior deu-se pela definição dos desempenhos individuais dos indicadores. Para propiciar a aplicação do método de análise multicritério, aos indicadores foram associadas escalas indo de 0 a 1, onde “0” correspondeu ao pior desempenho e “1” ao melhor. Dessa forma, utilizando-se os pesos definidos no subitem anterior para os indicadores de baixa, média e alta importância dentro das dimensões, o valor de 1 retornou exatamente o peso associado, enquanto que os desempenhos piores foram diminuindo o valor máximo do indicador.

Para melhor explicitar o processo de definição dos desempenhos individuais, pôde-se dividir os indicadores de desempenho em três tipos, de acordo com a escala utilizada para definir seu desempenho: de escala contínua, discretos booleanos e discretos textuais. Os indicadores de escala contínua são aqueles que assumiram valores na reta real, podendo variar de zero ao infinito. Os indicadores discretos booleanos possuíram como resposta apenas “sim” ou “não”. Já os indicadores discretos textuais assumiram até quatro respostas, de acordo com o julgamento de seus desempenhos.

Apesar do grande número de sistemas de indicadores de saneamento e, conseqüentemente, de indicadores de desempenho nacionais e internacionais, não há muitos valores referenciais na literatura que indiquem suas performances. Logo, houve a necessidade da criação de escalas para grande parte dos indicadores selecionados. Foram determinadas faixas de valores e as situações para as quais os indicadores de escala contínua e discretos pudessem ser avaliados dentro dos estados de desempenho muito insatisfatório (0; 0,250), insatisfatório (0,250; 0,500), satisfatório (0,500; 0,750) ou muito satisfatório (0,750; 1).

Para os indicadores em que a literatura apresentou valores referenciais, as escalas foram construídas tomando-os como base. Nos casos em que não foram identificados valores padrões mas havia registro histórico no SNIS, a estratégia adotada foi utilizar os dados do ano de referência para fundamentar a composição das escalas. Dos 23 entes federados que compõem a RIDE DF e Entorno, 13 apresentaram informações sobre esgoto no ano de 2015 – Apêndice F.

Na condição de não terem havido dados referenciais ou registros históricos que pudessem balizar a composição das escalas de performances, construíram-se as escalas de forma genérica por meio do conhecimento adquirido, de conversas com especialistas da área e da comparação com indicadores similares.

Os valores adotados para os desempenhos dos indicadores booleanos foram os intermediários da respectiva faixa de cada estado, ou seja: muito insatisfatório – 0,125, insatisfatório – 0,375, satisfatório – 0,625, e muito satisfatório – 0,875. No caso dos indicadores de escala contínua, foi necessário fazer uma transformação de escala para que o valor de desempenho retornado seja proporcional ao dado bruto. Essa transformação foi possível por meio da Equação 6.2:

$$\frac{0,250}{IR_f - IR_i} \cdot (DB - IR_i) + E_i = ET \quad (6.2)$$

Em que ET corresponde ao valor da escala transformada;  $IR_i$  ao valor inicial do intervalo de resposta;  $IR_f$  ao valor final do intervalo de resposta; DB dado bruto; e  $E_i$  ao valor inicial da categoria de desempenho.

Cabe ressaltar que as estratégias acima citadas, implementadas na definição das escalas dos indicadores, não são taxativas. Diferentes ações podem ser tomadas com vista ao preenchimento das lacunas, o que pode resultar em escalas diferentes das utilizadas neste trabalho. Estudos mais específicos poderão indicar valores de referência com maior precisão para a métrica dos indicadores.

Na Tabela 6.15, a seguir, apresenta-se o escalonamento adotado para o conjunto final de indicadores de desempenho. Por meio de suas informações, é possível identificar em quais situações ou faixas de valores os indicadores apresentam melhores e piores desempenhos. Em contrapartida, 15 indicadores ficaram sem escalas pelas razões acumuladas de não haver valores referenciais na literatura, séries históricas e, principalmente, resposta da operadora de saneamento acerca dos dados brutos. Além disso, a fim de diminuir a lacuna dos indicadores sem dados e escala, dois indicadores foram substituídos por semelhantes do SNIS, o que será melhor abordado no próximo item. Na coluna “Observações” são anotadas informações relevantes acerca da origem das escalas e os motivos pelos quais não foi possível construí-las, nos casos de indicadores que não tiveram escalas determinadas.

Tabela 6.15 - Escalonamento dos indicadores de desempenho.

Cód.	INDICADOR	MUITO INSATISFAT. [0,00; 0,25]	INSATISFAT. [0,26; 0,50]	SATISFAT. [0,51; 0,75]	MUITO SATISFAT. [0,76; 1,00]	OBSERVAÇÕES
<b>Dimensão Planejamento</b>						
P1	Existe Plano de Saneamento Básico Municipal	Não			Sim	
P2	Existem Metas de Melhorias Contínuas	0	1	2	> 2	Incluem programas de mitigação e/ou minimização dos impactos; redução do consumo de energia; atendimento integral da legislação ambiental; treinamento e capacitação de funcionários. Podendo outros serem citados.
P3	Existe Plano Diretor Municipal	Não	Atualizado > 10 anos	Atualizado > 5 a 10 anos	Atualizado < 5 anos	Conforme reza o § 3º do artigo 40 do Estatuto da Cidade, a lei que institui o plano diretor municipal deve ser revista, pelo menos, a cada dez anos (BRASIL, 2001).
P4	Plano Diretor Municipal Está Articulado com o planejamento do saneamento básico		Não	Parcialmente	Sim	
P5	Existência de Comitê de Bacia Hidrográfica Organizado e Atuante no Município		Não	Existente	Sim, em atuação	
P6	Estudos da Topografia e Geografia Local	Não	Sim, porém a maioria em escalas ruins.	Sim, com maioria em escalas boas.	Sim, com boas escalas.	
<b>Dimensão Ambiental</b>						
A1	Teste de Qualidade dos Esgotos Realizado dentro do Padrão Exigido pela Norma	0 a 80	> 80 a 90	> 90 a 98	> 98 a 100	

A2	Atendimento da ETE ao Padrão de Lançamento	0 a 80	> 80 a 90	> 90 a 98	> 98 a 100	
A3	Reuso do Efluente		Não		Sim	
A4	Reutilização do Lodo		Não		Sim	Indicador ativo apenas se houve remoção de lodo no ano de referência.
A5	Existe Solução para os Gases de Efeito Estufa	Não	Sim, porém ineficaz.	Sim, parcialmente eficaz.	Sim, totalmente eficaz.	
A6	Ocorrência de Incidentes de Poluição na Rede	17,4 a 10	< 10 a 5	< 5 a 0,6	< 0,6 a 0	Em 2015, variou de 0,05 a 15,82, e com média de 5,75 (SNIS, 2017). Valores abaixo de 0,5 são considerados ideais e acima de 5, insatisfatórios (ARIS, 2015).
A7	Ocorrência de Incidentes de Poluição no Tratamento	10 a 4	3 a 2	2 a 1	0	Consideraram-se a proximidade do corpo receptor e os potenciais impactos causado por incidentes na ETE.
A8	Disposição do Lodo de Acordo com a Norma	0 a 80	> 80 a 95	> 95 a 98	> 98 a 100	Indicador ativo apenas se houve remoção de lodo no ano de referência.
A9	Prestadora de Serviços Possui Programas e/ou Projetos de Educação Ambiental	0	1	2	> 2	Considerou-se apenas os programas em que o município está inserido.
A10	Existe Fiscalização Sobre os Caminhões Limpa-fossas	Não	Sim, porém ineficaz.	Sim, parcialmente eficaz.	Sim, totalmente eficaz.	
<b>Dimensão Recursos Humanos</b>						
Rh1	Funcionários Trabalhando na ETE por Automação da ETE					Escala não construída por falta de valores de referência e do dado bruto.
Rh2	Pessoal Total por Extensão de Rede	0 a 10	>10 a 15	> 15 a 20	>20 a 30	Em 2015, variou entre 9,51 e 27,20, e com média de 16,27 (SNIS, 2017).

Rh3	Índice de Produtividade de Pessoal Total	0 a 200	> 200 a 500	> 500 a 599	> 599 a 1000	Em 2015, variou entre 251,56 e 955,79, e com média de 596,55 (SNIS, 2017). Valores iguais ou acima de 600 são considerados ideais e abaixo de 200, insatisfatórios (ARIS, 2015).
Rh4	Índice de Funcionários de Operação e Manutenção	0 a 20	> 20 a 30	> 30 a 40	> 40 a 100	
Rh5	Treinamento dos Funcionários					Escala não construída por falta de valores de referência e do dado bruto.
Rh6	Acidentes de Trabalho					Escala não construída por falta de valores de referência e do dado bruto.
Rh7	Acidentes Fatais ou Permanentes no Trabalho					Escala não construída por falta de valores de referência e do dado bruto.

**Dimensão Infraestrutura**

Ie1	Utilização de Estações de Tratamento	0 a 40 < 100 a 95	> 40 a 50 < 95 a 90	> 50 a 70 > 85 a 90	> 70 a 85	A ETE não deve ficar subutilizada, deve suportar as oscilações de vazão e ainda a demanda da população de projeto. Em caso de valor acima de 100, adota-se 100.
Ie2	Índice de Bombeamento na ETE					Informação não registrada pela SANEAGO.
Ie3	Índice de Estações Elevatórias Críticas	100 a 70	< 70 a 30	< 30 a 10	< 10 a 0	Informação não registrada pela SANEAGO.
Ie4	Sistema de esgoto possui unidade de controle automáticas	Não	Sim, porém ineficaz.	Sim, parcialmente eficaz.	Sim, operando corretamente.	O processo automático garante uma maior eficiência e precisão nos processos de coleta e tratamento.
Ie5	Extensão de Rede Por Ligação	< 40 a 16	< 16 a 12	< 12 a 8	< 8 a 4	Baixo adensamento horizontal exige maiores investimentos para disponibilizar redes de água e esgoto à população. Em 2015, variou de 5,78 a 34,84, e com média de 12,05 (SNIS, 2017);

Ie6	Estado de Conservação das Estruturas da ETE	Ruim a péssimo	Regular	Bom	Muito bom	
Ie7	Estado de Conservação das Estruturas de Coleta e Transporte de Esgoto	Ruim a péssimo	Regular	Bom	Muito bom	
<b>Dimensão Operacional</b>						
Op1	Consumo de Energia Padrão (kWh/m <sup>3</sup> )	1 a 0,60	< 0,60 a 0,40	< 0,40 a 0,20	< 0,20 a 0	Em 2015, variou de 0,01 a 0,6, e com média de 0,22 (SNIS, 2017).
Op2	Aproveitamento Energético na ETE	0 a 5	> 5 a 10	> 10 a 20	> 20 a 50	De acordo com Koga <i>et al.</i> (2015), para um sistema composto por gradeamento, reatores anaeróbios de fluxo ascendente, lagoas aeradas e de decantação e sistemas de desaguamento e higienização de lodos, a produção de energia pode chegar a suprir 50% da demanda mensal de energia elétrica.
Op3	Entupimento de Rede	32 a 19	< 19 a 10	< 10 a 3	< 3 a 0	Em 2015, houve extravasamentos de esgoto em cerca de 76 e 44% das obstruções ocorridas em Formosa e Luziânia, respectivamente. Adotou-se uma taxa de 60% de extravasamentos para construção da escala.
Op4	Ruptura de Rede	3 a 5	2	1	0	Consideraram-se os potenciais impactos causados por rupturas de rede.
Op5	Falha de Bombas					Escala não construída por falta de valores de referência e do dado bruto.
Op6	Falha Energética					Escala não construída por falta de valores de referência e do dado bruto.
Op7	ETE Recebe Águas Pluviais	Sim, prejudicando o tratamento de esgotos a partir	Sim, prejudicando o tratamento de esgotos a partir	Sim, prejudicando o tratamento de esgotos	Sim, mas não prejudica o tratamento. / Não.	

		de baixas precipitações.	de precipitações moderadas.	somente em precipitações fortes.		
Op8	Testes de Qualidade de Esgoto Realizados	0 a 80	> 80 a 95	> 95 a 98	> 98 a 100	
Op9	Duração média dos extravasamentos de esgotos registrados (h/extrav.)	100 a 50	< 50 a 20	< 20 a 10	< 10 a 0	Em 2015, variou entre 6,12 e 92,67, e com média de 22,22 (SNIS, 2017).
Op10	Existem Programas de Manutenção Preventiva		Não		Sim	

#### Dimensão Qualidade

Q1	População Residente Conectada à Rede Coletora	0 a 55	> 55 a 80	> 80 a 95	> 95 a 100	A média da região Centro-Oeste gira em torno de 55% (SNIS, 2017).
Q2	População Residente Servida por ETE	0 a 55	> 55 a 80	> 80 a 95	> 95 a 100	Almeja-se que a população atendida pela rede coletora também seja atendida pelo tratamento dos esgotos.
Q3	Condições das Fossas Utilizadas	Somente fossas rudimentares	Fossas rudimentares na maioria dos domicílios	Fossas sépticas na maioria dos municípios	Somente fossas sépticas	
Q4	Esgoto Tratado na ETE	0 a 74	> 74 a 90	> 90 a 98	> 98 a 100	A média da região Centro-Oeste gira em torno de 74% (SNIS, 2017). Tratamento acima de 98% do esgoto coletado indica universalização do tratamento (Instituto Trata Brasil, 2017).
Q5	Total de Reclamações	550 a 250	< 250 a 150	< 150 a 80	< 80 a 0	Escala construída com base nas reclamações totais. Em 2015, as reclamações totais por habitantes (água e esgoto) variaram de 88,38 a 548,43, e com média de 168,4 (SNIS, 2017).
Q6	Reclamações por Motivo de Entupimentos	100 a 90	< 90 a 70	< 70 a 50	< 50 a 0	Os entupimentos estão relacionados, principalmente, a maus hábitos da população e coleta de lixo deficitária.

Q7	Reclamações por Motivo de Maus Odores					Informação não registrada pela SANEAGO.
Q8	Respostas às Reclamações	0 a 60	> 60 a 80	> 80 a 90	> 90 a 100	Com base nas informações do SNIS (2017), as porcentagens de respostas às reclamações totais (água e esgoto) variaram 63 a 100%.
Q9	ETE Dispõe de Licença de Operação (LO)	Não / Licença de operação irregular.	Licença de operação regular, porém condicionantes não atendidas.	Licença de operação regular e cumprimento parcial das condicionantes.	Licença de operação regular e cumprimento total das condicionantes.	
Q10	ETE Dispõe de Outorga de Lançamento	Não / Outorga irregular.	Outorga regular, porém condicionantes não atendidas.	Outorga regular e cumprimento parcial das condicionantes.	Outorga regular e cumprimento total das condicionantes.	

**Dimensão Econômico-financeira**

Fi1	Tarifa Média de Esgoto	6 a 4	< 4 a 3,5	< 3,5 a 2,5	< 2,5 a 1,5	Em 2015, variou de 1,8 a 4,3, e com média de 3,2 (SNIS, 2017). Além disso, a média das 10 melhores operadoras do Brasil em 2017 ficou por volta de 2,74 (Instituto Trata Brasil, 2017).
Fi2	Despesa Total Unitária por População Equivalente					Escala não construída por falta de valores de referência e do dado bruto.
Fi3	Despesas com Energia por Volume de Esgoto Faturado (R\$/1000m³)	350 a 200	< 200 a 125	< 125 a 50	< 50 a 0	Em 2015, variou de 3,29 a 303,82, e com média de 123,18 (SNIS, 2017).
Fi4	Despesas com Materiais, Produtos Químicos e Outros Insumos por Volume de Esgoto Faturado					Escala não construída por falta de valores de referência e do dado bruto.
Fi5	Despesas com Pessoal Total por m³ Faturado	4,5 a 3	< 3 a 2,2	< 2,2 a 1,5	< 1,5 a 0,5	Em 2015, ficou entre 0,98 e 3,62, e com média de 2,15 (SNIS, 2017).

Fi6	Despesas com Tratamento de Esgotos por Volume de Esgoto Faturado					
Fi7	Despesa de Exploração por m <sup>3</sup> Faturado	6 a 4,5	< 4,5 a 3	< 3 a 2,6	< 2,6 a 1,5	Em 2015, variou entre 1,62 e 5,48, e com média de 3,45 (SNIS, 2017). Valores iguais ou abaixo de 2,50 são considerados ideais e acima de 3, insatisfatórios (ARIS, 2015).
Fi8	Despesa de Exploração por Economia	700 a 500	< 500 a 400	< 400 a 300	< 300 a 200	Em 2015, variou entre 262,5 e 691,52, e com média de 420,73 (SNIS, 2017).
Fi9	Balanço Receita Operacional Direta Total vs. Despesas Totais com os Serviços	40 a 70	> 70 a 90	> 90 a 100	> 100 a 150	Em 2015, variou entre 45,35 e 130,53, e com média de 95,25 (SNIS, 2017).
Fi10	Margem da Despesa de Exploração	150 a 120	< 120 a 100	< 100 a 70	< 69,9 a 50	Em 2015, variou entre 69,2 e 134,34, e com média de 88,67 (SNIS, 2017). Valores iguais ou abaixo de 70 são considerados ideais e acima de 100, insatisfatórios (ARIS, 2015).
Fi11	Existe Fundo de Investimento para Melhoria e Ampliação do Sistema		NÃO		SIM	
Fi12	Investimento em Esgotamento Sanitário por Déficit de Atendimento Urbano	0 a 20	> 20 a 50	> 50 a 80	> 80 a 110	Em 2015, variou entre 0 e 100,71, com média de 26,5 (SNIS, 2017).

## **6.3 APLICAÇÃO DO PROCEDIMENTO DE AVALIAÇÃO**

Este item objetiva apresentar a aplicação do procedimento avaliativo e os seus resultados. Uma vez definidos os indicadores e feito o escalonamento, os municípios de estudos de caso puderam, por conseguintes, ter seus SESs avaliados. Aqui, a exemplo da aferição de desempenho individual dos indicadores, os SESs serão avaliados perante quatro perfis de desempenho: Muito Insatisfatório, Insatisfatório, Satisfatório ou Muito Satisfatório.

A sequência do processo contempla a aquisição dos dados de entrada dos indicadores de desempenho, sua classificação perante os perfis de desempenho, transformação dos desempenhos para a escala do método de análise multicritério ELECTRE TRI, aplicação do método aos municípios de Formosa e Luziânia, e análise dos resultados.

### **6.3.1 Obtenção dos Dados Brutos**

A alimentação dos indicadores deu-se por meio de fontes públicas, como planos diretores, planos de saneamento básico, diagnósticos dos sistemas realizados pelo MCidades e, principalmente, por meio de séries de dados do SNIS. Para os indicadores que permaneceram sem preenchimento, procedeu-se com a solicitação dos dados frente à companhia de saneamento atuante nos municípios, utilizando-se e-mails, telefonemas e questionário online para as respostas.

Como a aplicação do procedimento foi feita nos SESs dos municípios goianos de Formosa e Luziânia, à Saneamento de Goiás foram solicitados os dados faltantes. A requisição durou cerca de seis meses, gerando o Processo nº 10.089/2018, que circulou por diferentes áreas de empresa percebendo contribuições das sete dimensões de estudo. Periodicamente a empresa era contatada acerca do andamento do processo, contudo 19 indicadores permaneceram sem dados ao final do prazo limite, ou por falta de resposta ou porque o dado não era registrado pela prestadora.

Para diminuir a lacuna deixada pela ausência de dados, três dos indicadores pendentes foram trocados por indicadores semelhantes do SNIS. O indicador Rh3, “Índice de produtividade de pessoal do sistema de esgoto (lig./empreg.)” foi substituído por “Índice de produtividade

de pessoal total (lig./empreg.)”, que inclui água e esgoto. O indicador Op1, “Consumo de energia na ETE (kWh/m<sup>3</sup>)”, foi substituído por “Consumo de energia padrão (kWh/m<sup>3</sup>)”, que havia sido excluído na consulta a especialistas sob o argumento de que é bastante dependente da topografia do local. Considerou-se que as diferenças entre as topografias dos municípios analisados são mínimas, uma vez que se situam em regiões próximas e com características geomorfológicas parecidas, possibilitando, portanto, o uso do indicador outrora dispensado.

O terceiro indicador substituído foi o Rh2, “Funcionários trabalhando no sistema de esgoto por rede (empreg./100km rede)”, por “Pessoal total por extensão de rede (empreg./100km rede)”, que inclui os sistemas de água e esgoto. Logo, 16 indicadores de desempenho ficaram ociosos, o que representou 25,8% do conjunto final de indicadores. A dimensão de Recursos Humanos foi a mais atingida pelas lacunas, dos sete indicadores apenas dois foram contemplados. Na Tabela 6.16 são apresentados os indicadores de desempenho que não obtiveram dados de entrada.

Tabela 6.16 - Indicadores sem dados brutos.

<b>Cód.</b>	<b>Indicador</b>
P6	Estudos da topografia e geografia do local
Rh1	Funcionários trabalhando na ETE por automação da ETE
Rh4	Índice de funcionários de operação e manutenção
Rh5	Treinamento dos funcionários
Rh6	Acidentes de trabalho
Rh7	Acidentes fatais ou permanentes no trabalho
Ie2	Índice de bombeamento na ETE
Op5	Falhas de bombas
Op6	Falhas energéticas
Op8	Testes de qualidade de esgotos realizados
Q7	Reclamações por motivo de maus odores
Q10	ETE dispõe de outorga de lançamento
Fi2	Despesa total unitária por população equivalente
Fi4	Despesas com materiais, produtos químicos e outros
Fi11	Existe fundo de investimento para melhoria e ampliação do

Além disso, dois indicadores da dimensão ambiental relacionados à reutilização e disposição do lodo, A4 e A8, foram desativados da avaliação, já que não houve remoção de lodo no ano de referência nos municípios de estudos de caso, e seus pesos foram redistribuídos para os

demais indicadores da dimensão conforme as importâncias atribuídas pelos especialistas no subitem 6.2.3. A tabela com os dados brutos dos indicadores, classificação dentro dos estados de desempenho, transformação para a escala do ELECTRE TRI, e valor final, após a aplicação dos pesos, é apresentada no Apêndice G.

### **6.3.2 Método Multicritério**

Para a aplicação do método multicritério, é interessante apresentar seu panorama geral. Cada dimensão possuiu um valor de 0 a 1, dado pela soma dos valores de seus indicadores – Apêndice G. O valor de cada dimensão foi inserido no ELECTRE TRI junto aos limiares de indiferença, preferência e veto, e os SESs foram classificados frente aos perfis de desempenho Muito Insatisfatório, Insatisfatório, Satisfatório ou Muito Satisfatório. O programa trabalha com dois tipos de atribuição de estados: otimista e pessimista. A atribuição otimista considera que o SES do município é alocado em um perfil de desempenho quando nenhuma das performances das dimensões ultrapassa o limite superior da categoria. Já na pessimista, o sistema só poderá ser alocado em um perfil se todas as performances das dimensões ultrapassarem os valores do limite inferior da categoria.

A fim de contornar a ausência de dados dos indicadores elencados no subitem anterior, a estratégia escolhida foi aplicar o método a partir de três cenários de desempenhos individuais deles, na transição dos perfis de desempenho estabelecidos: 0,250 – Pessimista, 0,500 – Neutro, e 0,750 – Otimista. Dessa forma, pôde-se observar a variação do resultado conforme o desempenho fictício dos indicadores pendentes e analisar a influência deles na categorização dos SESs.

Com relação aos limiares, adotou-se o valor de 0,1 para indiferença (q) e 0,2 para preferência (p), valores mais utilizados em trabalhos similares, como em Teodoro (2015) e Novaes (2016). Eles têm a função de transmitir a imprecisão e a incerteza presente na definição de uma relação de preferência entre ações, tendo em vista os valores encontrados para aquele critério. Optou-se por não utilizar veto para nenhuma dimensão. Na Tabela 6.17 é apresentada uma visão geral da aplicação do método multicritério ELECTRE TRI.

Nos subitens a seguir serão apresentados e discutidos os resultados do procedimento avaliativo para os municípios estudados. A sequência de telas, mostrando a inserção e a definição de valores no ELECTRE TRI, encontra-se no Apêndice H.

Tabela 6.17 - Visão geral da aplicação da análise multicritério.

<b>Enquadramentos do Procedimento Avaliativo</b>	Muito Satisfatório (1 - 0,75) Satisfatório (0,75 - 0,5) Insatisfatório (0,5 - 0,25) Muito Insatisfatório (0,25 - 0)
<b>Dimensões e Pesos utilizados no ELECTRE TRI</b>	Planejamento (PLAN) = 0,2 Ambiental (AMB) = 0,1 Recursos Humanos (RH) = 0,133 Infraestrutura (INFRA) = 0,1 Operacional (OP) = 0,133 Qualidade (QUA) = 0,133 Econômico-financeira (EF) = 0,2
<b>Escala das Dimensões</b>	0 - 1, sentido crescente: 0 = pior desempenho 1 = melhor desempenho
<b>Limiar de Indiferença</b>	0,1 para todas as dimensões
<b>Limiar de Preferencia</b>	0,2 para todas as dimensões
<b>Veto</b>	Não utilizado

#### 6.3.2.1 Avaliação global dos sistemas de esgotamento sanitário

Na Tabela 6.18 são apresentados os valores das dimensões segundo os cenários pessimista, neutro e pessimista para os municípios de Formosa e Luziânia. Como esperado, a dimensão Recursos Humanos foi a que mais oscilou entre as dimensões, já que cinco dos sete indicadores não tiveram dados de entrada, seguida pelas dimensões Econômico-financeira e Operacional.

Após a inserção dos dados no ELECTRE TRI, os dois SESs foram classificados como Satisfatórios para os três cenários, em ambas as atribuições pessimistas e otimistas. O que demonstra que um suposto desempenho bom ou ruim dos indicadores sem dados não alteraria a classificação dos sistemas avaliados.

Tabela 6.18 - Valores finais das dimensões nos três cenários de desempenho.

DIMENSÃO	CENÁRIO PESSIMISTA	CENÁRIO NEUTRO	CENÁRIO OTIMISTA	DIFERENÇA (%)
<b>Município de Formosa - GO</b>				
<b>Planejamento</b>	0,419	0,456	0,494	15,18
<b>Ambiental</b>	0,408	0,408	0,408	0
<b>Recursos Humanos</b>	0,366	0,546	0,726	49,59
<b>Infraestrutura</b>	0,463	0,483	0,503	7,95
<b>Operacional</b>	0,364	0,438	0,511	30,12
<b>Qualidade</b>	0,502	0,530	0,559	10,20
<b>Econômico-financeira</b>	0,429	0,523	0,616	30,36
<b>Município de Luziânia - GO</b>				
<b>Planejamento</b>	0,531	0,569	0,606	13,79
<b>Ambiental</b>	0,507	0,507	0,507	0
<b>Recursos Humanos</b>	0,310	0,490	0,670	53,73
<b>Infraestrutura</b>	0,407	0,427	0,447	8,95
<b>Operacional</b>	0,454	0,527	0,601	25,43
<b>Qualidade</b>	0,407	0,435	0,464	12,28
<b>Econômico-financeira</b>	0,390	0,484	0,577	32,41

Considerando apenas o cenário Neutro, na Figura 6.15 é disposta, visualmente, a variação dos resultados obtidos para as sete dimensões. É possível observar que houve maior variabilidade para os critérios do SES de Formosa, com picos negativos nas dimensões Ambiental e Operacional. Em contrapartida, os critérios de Luziânia obtiveram mais homogeneidade, tendo oscilações negativas nas dimensões Infraestrutura e Qualidade.

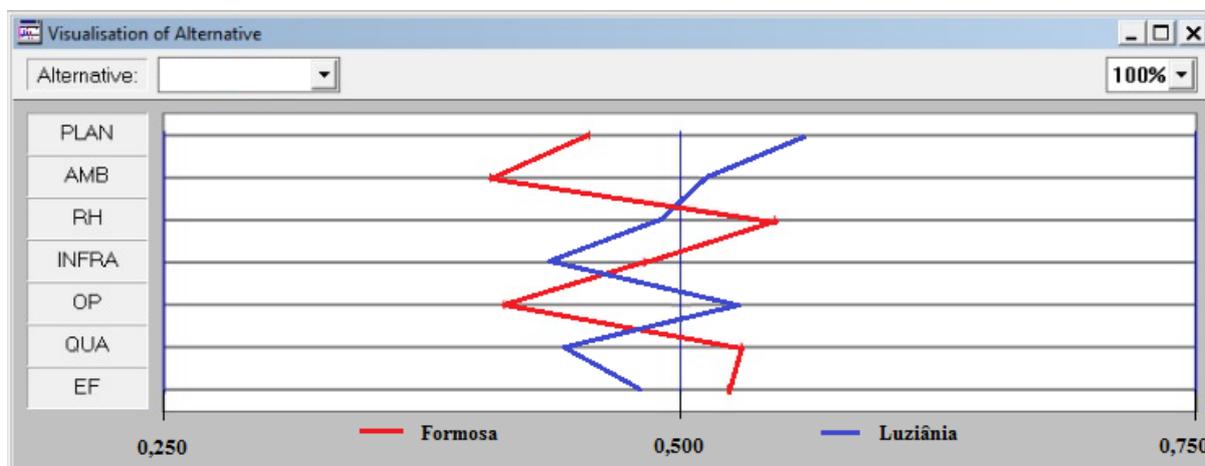


Figura 6.15 - Visualização das alternativas.

Em todas as dimensões houve indicadores com desempenho abaixo do satisfatório, e a maioria delas teve performance inferior à metade da escala de desempenho (0,5). De acordo com os relatórios de visitas de campo da RIDESAB (2016) e análise individual dos indicadores, de fato os sistemas analisados, apesar de apresentarem desempenho Satisfatório, operam próximo à faixa de desempenho Insatisfatório.

Com relação ao município de Formosa, visitas de campo constataram que as lagoas anaeróbias e de maturação da estação de tratamento de esgoto, bem como o lançamento final, encontravam-se em condições de abandono. Faltava limpeza das caixas de areia e o efluente apresentava, no momento da visita, resíduo com cloração verde. Além disso, havia reclamações frequentes sobre entupimentos da rede coletora (RIDESAB, 2016).

O município ainda não possui plano de saneamento básico municipal em atividade, requisito básico para receber recursos da União, e, portanto, não se pode dizer que o plano diretor está articulado com o planejamento do saneamento básico. Em 2015 houve somente 75% de atendimento ao padrão de lançamento de efluentes, o que foi considerado muito insatisfatório e o indicador, julgado como de alta importância na dimensão, puxou para baixo a avaliação da dimensão Ambiental. Também, não foram identificados programas e projetos de Educação Ambiental em execução no município, opções de reúso do efluente, solução para os gases de efeito estufa, e a quantidade de extravasamentos de esgoto na rede registrados foi acima da média na comparação com outros sistemas.

Ainda sobre Formosa, a dimensão Operacional foi bastante penalizada pelo consumo de energia por metro cúbico de esgoto tido como alto, inexistência de produção de energia na ETE a partir dos subprodutos do tratamento, entupimentos de rede acima da média e pela ausência de programas de manutenção preventiva, importantes para diminuir os custos operacionais e aumentar a confiabilidade do sistema.

Com relação ao município de Luziânia, visitas de campos verificaram problemas quanto à ausência de conjunto reserva de motobombas na única estação elevatória do sistema e à subutilização do espaço reservado para a estação de tratamento, com duas lagoas escavadas mas sem utilização (RIDESAB, 2016). Apesar de ter potencial para atender uma vazão maior, segundo os operadores do sistema as duas lagoas facultativas em operação atendem

uma vazão média maior que a de projeto. Esse foi o principal motivo para a baixa na avaliação do critério Infraestrutura.

Quanto à dimensão Qualidade, Formosa apresentou uma performance ligeiramente melhor, no entanto ambos os sistemas demonstraram deficiências, sobretudo no que se refere ao índice de atendimento da população urbana. Ainda que todo o esgoto coletado seja tratado, Formosa possui pouco mais de 60% de cobertura, índice já abaixo da média brasileira e do Centro-Oeste, e Luziânia tem somente cerca de 18%, que é um índice bastante pequeno. Em adição, nos dois casos a maior parte das fossas utilizadas pela população não atendida operavam fora das normas aplicáveis, aproximando-se a sumidouros e expondo o solo e lençol freático à contaminação.

Em busca da universalização do esgotamento sanitário, o SES de Formosa encontra-se em obras para expansão, porém não foram coletadas informações acerca do sistema em implantação. Em Luziânia não foram identificadas obras de expansão, somente duas lagoas escavadas e sem utilização na ETE (RIDESAB, 2016). Por outro lado, o Programa de Universalização dos Serviços de Esgotamento Sanitário de Luziânia, presente no plano de saneamento básico municipal, prevê metas de curto, médio e longo prazos para a expansão do sistema no município, chegando a 45% de atendimento em 2024 e 82% até 2044 (LUZIÂNIA, 2014).

## 7. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

O trabalho desenvolvido propôs a construção de um procedimento de avaliação de desempenho de sistemas de esgotamento sanitário e sua aplicação a municípios da RIDE DF e Entorno, baseado no uso de indicadores de desempenho e análise multicritério, a fim de avaliar a qualidade dos serviços prestados, apontar carências dos sistemas e possibilitar o uso racional e sustentável dos investimentos.

Inicialmente foi desenvolvido um mapa conceitual de sistemas de esgotamento sanitário como uma ferramenta de apoio que permitiu uma visualização geral dos principais elementos e processos que envolvem os sistemas de esgoto, e suas interconexões com outros sistemas de saneamento. Ao mesmo tempo, fez-se um levantamento de indicadores de desempenho considerados mais importantes e de simples mensuração pela literatura, em um total de 65 distribuídos em 6 dimensões.

Depois, as proposições do mapa conceitual foram contrapostas aos indicadores preliminares buscando-se suprir possíveis lacunas no conjunto. Às proposições não contempladas com indicadores e julgadas importantes, atribuíram-se novos, entre propostos e já existentes nos sistemas de indicadores. Esse processo gerou um incremento de 10 indicadores de desempenho e 1 dimensão. Logo, a fase de pré-seleção terminou com 75 indicadores e 7 dimensões.

Os indicadores pré-selecionados foram submetidos ao crivo de especialistas da área por meio de uma consulta online, que resultou em diversas contribuições, inclusive textuais, e deu maior consistência à seleção dos indicadores de desempenho. As contribuições envolveram inclusões, exclusões e julgamento de pesos para os indicadores e dimensões. Findada a consulta e tabulados os resultados, o conjunto final de indicadores foi consolidado com o número de 62. Nesse processo de seleção e criação de indicadores de desempenho, buscou-se aproveitar o máximo possível dos sistemas de indicadores existentes. Ainda assim, identificaram-se lacunas e carências de dados e informações que permitam uma boa avaliação.

Para aplicação do procedimento avaliativo, foram criadas escalas de desempenho individual para cada indicador do conjunto final, evidenciando as faixas de valores ou situações nas quais os indicadores apresentavam performance muito satisfatória, insatisfatória, satisfatória ou muito satisfatória. Então os indicadores foram alimentados com os dados de entrada dos municípios avaliados: Formosa – GO e Luziânia – GO.

A obtenção dos dados brutos não cobriu a totalidade de indicadores, e cerca de 26% deles ficaram ociosos. Para contornar a situação, optou-se por utilizar três cenários de desempenho (pessimista, neutro e otimista) nos quais foram atribuídos desempenhos fictícios aos indicadores sem dados. Essa estratégia permitiu averiguar o grau de influência dos indicadores ociosos no resultado do desempenho global dos SESs.

Os resultados obtidos por meio da aplicação do método de análise multicritério ELECTRE TRI apontaram para um desempenho satisfatório de ambos os sistemas nos três cenários de desempenho e nas atribuições otimista e pessimista. Portanto os indicadores que não tiveram dados de entrada não mudariam a performance dos sistemas, mesmo apresentando desempenhos bons ou ruins.

Entretanto, apesar de os SESs terem desempenho satisfatório, foi evidenciado que eles atuam próximos ao desempenho insatisfatório. O município de Formosa apresentou piores resultados para as dimensões Ambiental e Operacional, enquanto que o município de Luziânia apresentou piores resultados para as dimensões Infraestrutura e Qualidade.

O principal resultado do trabalho encontra-se no conjunto final de indicadores de desempenho, que conta com 62 indicadores e 7 dimensões. Pode-se citar também o escalonamento concebido para o conjunto de indicadores. Em terceiro plano, têm-se o mapa conceitual de SES desenvolvido. Para frisar sua importância, com o auxílio do mapa conceitual foi incluída a dimensão Planejamento no procedimento de avaliação, que posteriormente foi julgada como de alta importância pelos especialistas, junto à dimensão Econômico-financeira – tornando-se uma boa contribuição para pesquisas futuras.

A principal dificuldade encontrada no desenvolvimento do trabalho esteve na seleção de indicadores e seu escalonamento. Há uma extensa gama de indicadores utilizados no Brasil

e no mundo, em contrapartida não são encontradas informações de valores referenciais de desempenho para a maioria deles.

É certo que as estratégias utilizadas para composição das escalas podem ser questionadas, mas é preciso ressaltar que o objetivo desta pesquisa foi formular um procedimento de avaliação e aplica-lo como primeiro teste. Futuras aplicações do método ou novos trabalhos poderão apresentar outros valores referenciais para a construção de escalas com maior exatidão.

Referente à consulta a especialistas, a maior dificuldade esteve na seleção e contato com os participantes. A seleção requereu uma análise dos currículos e experiências que fossem ligadas ao objeto de estudo. Em adição, conseguir retorno do contato e a resposta do questionário envolveu atenção na escrita do contato inicial, objetividade, escolha de horários, clareza nas questões e bastante persistência.

Ainda referente à consulta a especialistas, pôde-se constatar, lamentavelmente, a baixa importância atribuída à dimensão Ambiental, enquanto que, à dimensão Econômico-financeira, foi dado um alto peso. Essa certificação mostrou que o critério econômico ainda está muito à frente do ambiental, o que é preocupante para a preservação do meio ambiente.

Outra grande dificuldade foi revelada na obtenção de dados para os indicadores que dependiam da contribuição de funcionários da SANEAGO. Dentro de seis meses não foi possível cobrir todas as pendências e o procedimento avaliativo teve de ser aplicado utilizando-se de cenários. A dimensão de Recursos Humanos foi a que mais teve indicadores ociosos.

Apesar dos obstáculos, verificou-se que o método proposto é capaz de identificar o desempenho de SESs de forma bastante razoável, uma vez que retornou a realidade observada nos relatórios de visita de campo, permitiu averiguar quais dimensões foram mais penalizadas e os aspectos que devem ser priorizados na busca da melhoria dos sistemas. Sua melhoria está atrelada à realização de novas pesquisas que apontem com mais segurança valores referenciais para os indicadores e a composição de pesos dos indicadores e das dimensões.

Por fim, pode-se elencar as seguintes recomendações para prosseguimento e melhoria do procedimento de avaliação aqui desenvolvido:

- Aplicação do procedimento aos demais entes federados da RIDE DF e Entorno;
- Submissão do mapa conceitual desenvolvido ao crivo de especialistas para que possa ser melhorado e servir para outras pesquisas;
- Seleção amostral de outros municípios brasileiros para composição de um escalonamento de indicadores com representatividade nacional;
- Maior individualização dos indicadores do SNIS, buscando tratar o esgotamento sanitário de forma mais desacoplada do abastecimento de água, uma vez que muitas das contribuições escritas dos especialistas solicitaram essa separação;
- Melhoria no registro de indicadores por parte das prestadoras de serviço, muitas vezes realizado de forma contestável;
- Melhoria no acesso a dados e informações não disponíveis sobre esgotamento por parte da prestadora de serviço.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABES (2016). Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental. *Guia PNQS 2017: Prêmio Nacional de Qualidade em Saneamento, Regulação e Critérios de Avaliação*. ABES, Rio de Janeiro, Brasil, 244p.
- ABNT (1986). Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR nº 9.648: Estudo de concepção de sistemas de esgotamento sanitário. Rio de Janeiro, Brasil.
- ABNT (1993). Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR nº 7.229: Projeto, construção e operação de sistemas de tanques sépticos. Rio de Janeiro, Brasil.
- ABNT (1997). Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR nº 13.969: Tanques sépticos – Unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes – Projeto, construção e operação. Rio de Janeiro, Brasil.
- ARIS (2015). Agência Reguladora Intermunicipal de Saneamento. *Metodologia para Avaliação dos Indicadores de Desempenho*. ARIS, Florianópolis, Brasil, 37p.
- Azevedo, H., e Alves, A. (2010). "RIDES - Porque criá-las?". *Geografias*, 6(2), 87 -101.
- Barreto, S. E. de O. (2016). *Procedimento para Avaliação de Desempenho de Sistemas Municipais de Gestão de Resíduos Sólidos: Aplicação ao da Caso da RIDE DF e Entorno*. Dissertação de Mestrado, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF. 147 p.
- BID (1997). Banco Interamericano de Desenvolvimento. *Evaluación: Una Herramienta de Gestión para Mejorar el Desempeño de los Proyectos*. BID, Washington, Estados Unidos, 72p.
- Braga, B. P. F., Hespanhol, I., Conejo, J. G. L., Mierzwa, J. C., Barros, M. T. L., Spencer, M., Porto, M., Nucci, N., Juliano, N., e Eiger, S. (2005). *Introdução à Engenharia Ambiental* (2 ed.). Prentice Hall, São Paulo, Brasil, 318p.
- BRASIL (1988). Constituição da República Federativa do Brasil. Brasília, Brasil, 292p. Disponível em: < [www.planalto.gov.br](http://www.planalto.gov.br)>. Acesso em: março de 2017.
- BRASIL (1998a). Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998. Dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente. Disponível em: < [www.planalto.gov.br](http://www.planalto.gov.br)>. Acesso em: março de 2017.
- BRASIL (1998b). Lei Complementar nº 94, de 19 de fevereiro de 1998. Autoriza o Poder Executivo a criar a Região Integrada de Desenvolvimento do Distrito Federal e Entorno – RIDE e institui o Programa Especial de Desenvolvimento do Entorno do

- Distrito Federal. Disponível em: < [www.planalto.gov.br](http://www.planalto.gov.br)>. Acesso em: março de 2017.
- BRASIL (2001). Lei Nº 10.257, de 10 de julho de 2001. Regulamenta os arts. 182 e 183 da Constituição Federal e estabelece diretrizes gerais da política urbana.
- BRASIL (2005). Conselho Nacional de Meio Ambiente. Resolução nº 357, de 17 de março de 2005. Classificação da qualidade da água dos corpos hídricos e também as diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como condições e padrões de lançamento de efluentes. Brasília, Brasil.
- BRASIL (2006). Ministério das Cidades. *Guia para a Elaboração de Planos Municipais de Saneamento*. MCidades, Brasília, Brasil, 152p.
- BRASIL (2007a). Lei Nº 11.445, de 5 de Janeiro de 2007. Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico.
- BRASIL (2007b). Ministério da Saúde. *Manual de Saneamento* (3 ed.). Fundação Nacional de Saúde, Brasília, Brasil, 408p.
- BRASIL (2010). Decreto Nº 7.217, de 21 de Junho de 2010. Regulamenta a Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007.
- BRASIL (2011a). Conselho Nacional de Meio Ambiente. Resolução nº 403, de 13 de maio de 2011. Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução nº 357, de 17 de março de 2005. Brasília, Brasil.
- BRASIL (2011b). Ministério das Cidades. *Peças Técnicas Relativas a Planos Municipais de Saneamento Básico*. MCidades, Brasília, Brasil, 244p.
- BRASIL (2011c). Decreto Nº 7.469, de 4 de Maio de 2011. Regulamenta a Lei Complementar nº 94, de 19 de fevereiro de 1998.
- BRASIL (2011d). Ministério da Integração. “Regiões Integradas de Desenvolvimento – RIDes”. Disponível em: < [http://www.mi.gov.br/web/guest/regioes\\_integradas\\_rides](http://www.mi.gov.br/web/guest/regioes_integradas_rides)>. Acesso em: março de 2017.
- BRASIL (2013). Ministério das Cidades. *Plano Nacional de Saneamento Básico – PLANSAB*. MCidades, Brasília, Brasil, 173p.
- BRASIL (2015). Lei Nº 13.089, de 12 de janeiro de 2015. Institui o Estatuto da Metrópole.
- Brostel, R. (2002). *Formulação de um Modelo de Avaliação de Desempenho Global de Estações de Tratamento de Esgotos Sanitários (ETEs)*. Dissertação de Mestrado, Universidade de Brasília, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Brasília, DF, 278 p.

- Caldas, A. L. (2012). *Método de Diagnóstico para Gestão Participativa de Recursos Hídricos: Estudo de Caso e Modelagem Conceitual com Enfoque DPSIR*. Tese de Doutorado, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, GO. 143p.
- Campos, L. M. S. (2001). *SGADA – Sistema de Gestão e Avaliação de Desempenho Ambiental: Uma Proposta de Implementação*. Tese de Doutorado, Universidade Federal de Santa Catarina, Departamento de Engenharia de Produção e Sistemas, Florianópolis, SC, 247p.
- Campos, V. R. (2011). *Modelo de Apoio à Decisão Multicritério para Priorização de Projetos em Saneamento*. Tese de Doutorado, Universidade de São Paulo, São Carlos, SP, 175p.
- Carvalho, B. F. (2013). *Avaliação de Desempenho da Prestação de Serviços de Abastecimento de Água independente da perspectiva, se Usuário ou Prestador?* Dissertação de Mestrado, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF. 172p.
- CODEPLAN (2013). Companhia de Planejamento do Distrito Federal. *Governança Metropolitana no Brasil – Relatório de Pesquisa 1.2: Análise Comparativa das Funções Públicas de Interesse Comum*. CODEPLAN, Brasília, Brasil, 166p.
- Costa, B. V. (2012). *Sistema de Esgotamento Sanitário – Estudo de Caso: Treviso/SC*. Trabalho de Conclusão de Curso, Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico, Florianópolis, SC, 98p.
- De Paula, R. L. (2013). *Metodologia para Avaliação de Desempenho Operacional de Estações de Tratamento de Esgotos, Utilizando Métodos Multiobjetivos e Indicadores*. Dissertação de Mestrado, Universidade de Brasília, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Brasília, 262p.
- Diniz, E. (1996). “Governabilidade, governance e reforma do Estado: considerações sobre o novo paradigma”. *Revista do Serviço Público*, **47**(2).
- Duquia, R. P., Bastos, J. L. D. (2006). “Medidas de tendência central: onde a maior parte dos indivíduos se encontra?”. *Scientia Medica*, **16**(4), 190-194.
- ENAP (2014). Escola Nacional de Administração Pública. *Programa de Acesso aos Recursos de Saneamento. Curso 1 – Regras Gerais para Acesso aos Recursos de Saneamento*, ENAP, Brasília, Brasil, 42p.
- Ferreira, P. L. (1995). “Resolução de problemas”. Universidade de Coimbra, Faculdade de Economia, Coimbra, Portugal, 23p.

- Frata, G. A. (2014). *Elaboração de Plano Diretor de Esgotamento Sanitário da Bacia Novo Mundo Situada no Interior de São Paulo*. Dissertação de Mestrado, Universidade de Ribeirão Preto, Centro de Ciências Exatas, Naturais e Tecnológicas, Ribeirão Preto, SP, 118p.
- Freitas, R. (2009). “Regiões metropolitanas: uma abordagem conceitual”. *Revista Eletrônica da Faculdade de Ciências Humanas ESUDA*, **1**(3), 44-53.
- Generino, R. C. M. (1999). *Desenvolvimento em Metodologias Multicritério para Procedimento de Avaliação em Auditorias Ambientais: Aplicação para Estações de Tratamento de Esgotos em Brasília/DF*. Dissertação de Mestrado, Universidade de Brasília, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Brasília, 167p.
- Generino, R. C. M. e Cordeiro Netto, O. M. (1999). “Métodos multicritério Electre”. Texto de Disciplinas de Pós-Graduação em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos do Departamento de Engenharia Civil e Ambiental da Universidade de Brasília. Brasília, Brasil, 13p.
- Gomes, L. A., Araya, M. G., e Carignano, C. (2011). *Tomada de Decisões em Cenários Complexos*. São Paulo: Cengage Learning. 157 p.
- Gomes, L. F. A. M. e Moreira, A. M. M. (1998). “Da informação à tomada de decisão: agregando valor através dos métodos multicritério”. *Revista de Ciência e Tecnologia*, **2**(2), 117-139.
- Gordon, T. J. (1994). “The Delphi Method”. *Futures Research Methodology Version 3.0*. Disponível em: < [http://www.gerenciamento.ufba.br/downloads/delphi\\_method.pdf](http://www.gerenciamento.ufba.br/downloads/delphi_method.pdf) >. Acesso em: março de 2017.
- Hammond, A., Adriaanse, A., Rodenburg, E., Bryant, D., e Woodward, R. (1995). *Environmental Indicators: A Systematic Approach to Measuring and Reporting on Environmental Policy Performance in the Context of Sustainable Development*. Washington, D.C.: World Resources Institute. 58 p.
- Harada, A. L. e Cordeiro Netto, O. M. (1999). “Métodos multicritério de auxílio à decisão”. Texto de Disciplinas de Pós-Graduação em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos do Departamento de Engenharia Civil e Ambiental da Universidade de Brasília. Brasília, Brasil, 13p.
- Helmann, K. S. e Marçal, R. F. M. (2007). “Método multicritério de apoio à decisão na gestão da manutenção: aplicação do método Electre na seleção de equipamentos críticos para processo”. *Revista Gestão Industrial*, **03**(01), 123-133.

- IBGE (2010). Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Censo demográfico de 2010. Disponível em: < <http://censo2010.ibge.gov.br/>>. Acesso em: março de 2017.
- IBGE (2015). Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Síntese de Indicadores Sociais: Uma Análise das Condições de Vida da População Brasileira*. IBGE, Rio de Janeiro, Brasil, 137p.
- Igarashi, D. C. C., Ensslin, S. R., Ensslin, L. e Paladini, E. P. (2008). “A qualidade do ensino sob o viés da avaliação de um programa de pós-graduação em contabilidade: proposta de estruturação de um modelo híbrido”. *Revista de Administração*, **43**(2), 117-137.
- Jannuzzi, P. M., Miranda, W. L. e Silva, D. S. G. (2009). “Análise multicritério e tomada de decisão em políticas públicas: aspectos metodológicos, aplicativo operacional e aplicações”. *Informática Pública*, **11**(1), 69-87.
- Koga, P, Possetti, G. R. C., Rietow, J. C., Amaral, K. J e Grauer, A. (2015). “Geração de energia renovável em uma estação de tratamento anaeróbio de esgotos domésticos”. *Anais do 10º Congresso sobre Geração Distribuída e Energia no Meio Rural*, Vol. 1, 1-10, São Paulo, Brasil.
- Kurka, T. (2013). “Application of the analytic hierarchy process to evaluate the regional sustainability of bioenergy developments”. *Energy* **62**, 393-402.
- Lima, J. L. O. e Alvares, L (2012). “Organização e representação da informação e do conhecimento”. In: Alvares, L. (Org.). *Organização da informação e do conhecimento: conceitos, subsídios interdisciplinares e aplicações*. B4, São Paulo, Brasil, 21-47.
- LUZIÂNIA (2014). Plano Municipal de Saneamento Básico de Luziânia – GO. Prefeitura Municipal de Luziânia.
- Madeira, R. F. (2010). *O Setor do Saneamento Básico no Brasil e as Implicações do Marco Regulatório para a Universalização do Acesso*. MDICE, Brasil, 33p.
- Magalhães Júnior, A. P. (2007). *Indicadores Ambientais e Recursos Hídricos: Realidade e Perspectivas para o Brasil a partir da Experiência Francesa*. Capítulos 5 e 7. 688 p. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil.
- Marinho, M. M. O., Santana, R. A., Pimentel, R. M. C., Agra Filho, S. S., Loureiro, A., Garrido, E. e Pereira, F. (2006). *Indicadores de Sustentabilidade Ambiental*. Superintendência de Estudos Econômicos e Sociais da Bahia e Universidade Federal da Bahia, Salvador, Brasil, 83p.

- Millet, I. (1997). “The effectiveness of alternative preference Elicitation methods in the analytic hierarchy process”. *Journal of Multi-criteria Decision Analysis*, Vol. 6, 41-51, Erie, Estados Unidos.
- Moreira, M. A. (1984). “O mapa conceitual como instrumento de avaliação da aprendizagem”. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Disponível em: <<http://publicacoes.fcc.org.br/ojs/index.php/edusel/article/view/2568>>. Acesso em: março de 2017.
- Moreira, M. A. (2013). “Aprendizagem significativa em mapas conceituais”. *I Workshop sobre Mapeamento Conceitual*, **24**(6), 1-49.
- Mousseau, V., e Slowinski, R. (1998). Inferring an ELECTRE TRI Model from Assignment Examples. *Journal of Global Optimization*, 157 - 174.
- Novaes, C. A. F. O. (2016). *Desenvolvimento de Metodologia para Avaliação de Desempenho de Sistemas de Drenagem Urbana: Aplicação ao Caso da RIDE-DF e Entorno*. Dissertação de Mestrado, Universidade de Brasília, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Brasília, 190p.
- Novak, J. D., e Gowin, D. B. (1984). *Aprender a Aprender* (1 ed.). (C. Valadares, Trad.) Lisboa: Paralelo. 212 p.
- Novak, J., e Cañas, A. (2008). *The Theory Underlying Concept Maps and How to Construct and Use Them*. Pensacola: Florida Institute for Human and Machine Cognition.
- OECD (2003). *OECD Environmental Indicators: Development, Measurement and Use. Reference Paper*. Paris: OECD. 36p.
- Oliveira, M. L. (2016). *Desenvolvimento de Método para Avaliação de Desempenho de Sistemas de Abastecimento de Água: Aplicação ao Caso da RIDE DF e Entorno*. Dissertação de Mestrado, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF. 242 p.
- Perdigão, J. G. L, Fulgêncio, E. V., Sousa, S. A. C., Magalhães Neto, J. B. e Dornelas, J. S. (2012). “Processo decisório: um estudo comparativo da tomada de decisão em organizações de segmentos distintos”. *Anais do IX Simpósio de Excelência em Gestão e Tecnologia*, Vol. 1, 1-17, Rio de Janeiro, Brasil.
- Ramos, L. L. C. (2014). *Diagnóstico e Avaliação de Coleta e Disposição de Lodo de Fossa e de Tanque Séptico em Cuiabá – MT*. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Mato Grosso, Faculdade de Arquitetura, Engenharia e Tecnologia, Cuiabá, MT, 87p.

- Rezende, S. C., e Heller, L. (2008). *O Saneamento no Brasil: Políticas e Interfaces* (2a ed.). Belo Horizonte: Editora UFMG. 387 p.
- RIDESAB. (2016). Diagnóstico Analítico, Plano Regional e Visão Estratégica. *Estudo de Saneamento Básico nas Regiões Integradas de Desenvolvimento: RIDE DF e Entorno, RIDE Grande Teresina e RIDE Polo Juazeiro e Petrolina*(Versão Preliminar. Não Publicado). Brasília: RIDESAB.
- Roy, B. (1985). *Méthodologie Multicritère d'Aide à la Décision*. Economica, Paris, França, 423p.
- Roy, B. (1996). Chapter 1 Paradigms and Challenges. In: *Multiple Criteria Decision Analysis* (pp. 3 - 25). Paris: LAMSADE. Acesso em 15 de Dezembro de 2016, disponível em <http://www.lgi.ecp.fr/~mousseau/mcda-ss/pmwiki-2.1.27/uploads/Main/PaperRoy.pdf>
- Saaty, T. L. (1990). “How to make a decision: the Analytic Hierarchy Process”. *European Journal of Operational Research*, 9-26, Noth-Holland, Holanda.
- Santos, A. R., Louzada, F. L. O. e Eugenio, F. C. (2010). *ArcGis 9.3 Total: Aplicações para Dados Espaciais*. Caufes, Alegre, Brasil, 185p.
- Santos, R. F. (2004). *Planejamento Ambiental - Teoria e Prática*. São Paulo: Oficina de Textos. 184 p.
- Silva, A. C., Sobrinho, G. B. (2008). “Indicadores de prestação dos serviços: induzindo eficiência e eficácia nos serviços públicos de saneamento básico”. In: Galvão Junior, A. C. e Ximenes, M. M. A. F. (2008). *Regulação: normatização da prestação de serviços de água e esgoto*. Expressão Gráfica Ltda., Fortaleza, Brasil, 347-367.
- SNIS (2017). Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento. *Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgoto – 2015*. MCidades, Brasília, 212p.
- Souza, C., Costa, A., Moraes, L., e Freitas, C. (2015). *Saneamento: Promoção da Saúde, Qualidade de Vida e Sustentabilidade Ambiental*. 139 p. Rio de Janeiro: Editora Fiocruz.
- Teodoro, R. S. (2015). *Metodologia de Avaliação de Sistemas Municipais de Meio Ambiente: Aplicação a RIDE-DF e Entorno*. Dissertação de Mestrado, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF. 313p. Brasília, DF, Brasil.
- Tsutiya, M. T. e Sobrinho, A. P. (1999). *Coleta e Transporte de Esgoto Sanitário*. USP – Escola Politécnica, São Paulo, Brasil, 547p.

- Vickery, B. C. (1986). "Knowledge representation: a brief review". *Journal of Documentation*, **42**(3), 145-159.
- von Sperling, M. (1996). *Introdução à Qualidade da água e ao Tratamento de Esgoto* (2 ed.). Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, Brasil, 243p.
- von Sperling, M. (2005). *Introdução à Qualidade da água e ao Tratamento de Esgoto* (3 ed.). Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, Brasil, 254p.
- von Sperling, T. L. (2010). *Estudo da Utilização de Indicadores de Desempenho para Avaliação da Qualidade dos Serviços de Esgotamento Sanitário*. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, MG, 134p.
- Wright, J. T. C. e Giovanazzo, R. A. (2000). "Delphi – uma ferramenta de apoio ao planejamento prospectivo". *Caderno de Pesquisas em Administração*, **1**(12), 1-12.
- Zimmermann, D. M. H. (2010). *O Uso de Indicadores de Desempenho para Planejamento e Regulação dos Serviços de Abastecimento de Água: SAA Capinzal/Ouro*. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico, Florianópolis, SC, 188p.

## APÊNDICE A – MAPA CONCEITUAL VC. INDICADORES DE DESEMPENHO PRELIMINARES

<b>MAPA CONCEITUAL VS. INDICADORES DE DESEMPENHO</b>			
<b>Cod.</b>	<b>Conceito Inicial</b>	<b>Ligação</b>	<b>Conceito Final</b>
1	Sistema de Esgotamento Sanitário	Dimensionado para atender determinada	População
Qp1	População Residente Conectada à Rede Coletora		
Qp2	População Residente Servida por ETE		
Qp3	População Residente Servida por Sistema Individual		
Qp4	População Residente Não Atendida		
2	População	Pressiona para valores baixos das	Tarifas diferenciadas
Fip1	Tarifa Média de Esgoto		
3	Tarifas diferenciadas	Possibilitam	Reinvestimento e sustentabilidade do SES
Fip1	Tarifa Média de Esgoto		
4	Reinvestimento e sustentabilidade do SES	Aumentam a vida útil do	Sistema de Esgotamento Sanitário
Ap3	Reuso do Efluente		
Ap4	Reutilização do Lodo		
Opp1	Consumo de Energia nas ETEs		
Opp2	Aproveitamento Energético nas ETEs		
Opp3	Consumo de Energia Padrão		
Fip2	Receita Unitária		
Fip3	Receita de Serviços		
Fip4	Receitas Industriais		
Fip12	Índice de Evasão de Receitas		
Fip13	Margem da Despesa de Exploração		
5	Tarifas diferenciadas	Podem cobrir parte dos	Custos de implantação e operação
Fip1	Tarifa Média de Esgoto		
Fip5	Despesa Total Unitária por p.e.		
Fip6	Despesas com Energia		
Fip7	Despesas com Materiais, Produtos Químicos e Outros Insumos		
Fip8	Despesa Média Anual por Empregado		
Fip9	Despesas com Tratamento de Esgoto		
Fip10	Despesa de Exploração por m <sup>3</sup> Faturado		
Fip11	Despesa de Exploração por Economia		
6	Custos de implantação e operação	Podem ser financiados por	Recursos públicos
Fip5	Despesa Total Unitária por p.e.		
Fip6	Despesas com Energia		
Fip7	Despesas com Materiais, Produtos Químicos e Outros Insumos		
Fip8	Despesa Média Anual por Empregado		
Fip9	Despesas com Tratamento de Esgoto		
Fip10	Despesa de Exploração por m <sup>3</sup> Faturado		
Fip11	Despesa de Exploração por Economia		

7	Sistema de Esgotamento Sanitário	Deve possuir	Metas de melhorias contínuas
8	Metas de melhorias contínuas	Garantem atendimento de qualidade à	População
Rhp3	Índice de Produtividade de Pessoal Total		
Rhp5	Treinamento dos Funcionários		
Qp9	Total de Reclamações		
Qp11	Respostas às Reclamações		
9	Sistema de Esgotamento Sanitário	Categoriza-se em	Soluções Coletivas
Qp1	População Residente Conectada à Rede Coletora		
Qp5	População Residente Não Atendida		
10	Soluções Coletivas	Exigem prévio	Planejamento urbano
11	Soluções Coletivas	São necessárias para	Condições de adensamento populacional
12	Soluções Coletivas	São necessárias para	Solos com baixa permeabilidade
13	Soluções Coletivas	São necessárias para	Lençol freático raso
14	Soluções Coletivas	São classificadas em	Sistema unitário
15	Soluções Coletivas	São classificadas em	Sistema separador parcial
16	Soluções Coletivas	São classificadas em	Sistema separador absoluto
Qp1	População Residente Conectada à Rede Coletora		
17	Sistema separador absoluto	Considerados soluções adequadas pelo	PLANSAB
Qp1	População Residente Conectada à Rede Coletora		
Qp2	População Residente Servida por ETE		
Qp5	População Residente Não Atendida		
18	Sistema separador absoluto	Adotado no Brasil por meio da	NBR 9.648/86
Qp1	População Residente Conectada à Rede Coletora		
Qp2	População Residente Servida por ETE		
19	Sistema separador absoluto	Composto por	Estações elevatórias
Iep8	Índice de Estações Elevatórias Críticas		
20	Sistema separador absoluto	Composto por	Rede coletora e seus componentes
Rhp2	Funcionários Trabalhando no Sistema de Esgoto por Rede		
Iep8	Índice de Estações Elevatórias Críticas		
Iep10	Extensão de Rede Por Ligação		
Opp4	Entupimento de Rede		
Opp5	Ruptura de Rede		

Qp10	Reclamações por Motivo de Entupimentos		
21	Rede coletora e seus componentes	Têm como principais problemas	Mau cheiro
Ap6	Ocorrência de Incidentes de Poluição		
Rhp4	Índice de Funcionários de Operação e Manutenção		
Iep8	Índice de Estações Elevatórias Críticas		
Opp4	Entupimento de Rede		
Opp5	Ruptura de Rede		
Qp10	Reclamações por Motivo de Entupimentos		
22	Rede coletora e seus componentes	Têm como principais problemas	Ligações clandestinas
Rhp2	Funcionários Trabalhando no Sistema de Esgoto por Rede		
Rhp4	Índice de Funcionários de Operação e Manutenção		
Opp8	ETE Recebe Águas Pluviais		
23	Rede coletora e seus componentes	Têm como principais problemas	Refluxo de esgoto
Opp4	Entupimento de Rede		
Qp10	Reclamações por Motivo de Entupimentos		
24	Rede coletora e seus componentes	Têm como principais problemas	Obstrução
Opp4	Entupimento de Rede		
Qp10	Reclamações por Motivo de Entupimentos		
25	Refluxo de esgoto	Têm como causa principal	Coleta de lixo deficitária
Opp4	Entupimento de Rede		
Qp10	Reclamações por Motivo de Entupimentos		
26	Obstrução	Têm como causa principal	Coleta de lixo deficitária
Opp4	Entupimento de Rede		
Qp10	Reclamações por Motivo de Entupimentos		
27	Sistema separador absoluto	Possui redes destinadas somente aos	Esgotos sanitários
Qp1	População Residente Conectada à Rede Coletora		
28	Esgotos sanitários	Geram	Lodo
Ap7	Produção de Lodo na ETE		
29	Lodo	Devem atingir	Padrões adequados
Opp17	Teste de Lodo		
30	Esgotos sanitários	Devem atingir	Padrões adequados
Ap1	Teste de Qualidade dos Esgotos Realizados dentro do Padrão Exigido pela Norma		
Opp9	Testes de Qualidade de Esgoto Realizados		
Opp10	↪ Teste de DBO		
Opp11	↪ Teste de DQO		
Opp12	↪ Teste de SST		
Opp13	↪ Teste de P Total		
Opp14	↪ Teste de Nitrogênio		
Opp15	↪ Teste de E. coli		
Opp16	↪ Outros Testes		
31	Padrões adequados	Devem ser mantidos sob determinados	Condições

Ap1	Teste de Qualidade dos Esgotos Realizados dentro do Padrão Exigido pela Norma
Opp9	Testes de Qualidade de Esgoto Realizados
Opp10	↪ Teste de DBO
Opp11	↪ Teste de DQO
Opp12	↪ Teste de SST
Opp13	↪ Teste de P Total
Opp14	↪ Teste de Nitrogênio
Opp15	↪ Teste de E. coli
Opp16	↪ Outros Testes

32	Padrões adequados	Devem ser mantidos sob determinados	Períodos de tempo
Ap1	Teste de Qualidade dos Esgotos Realizados dentro do Padrão Exigido pela Norma		
Iep9	Índice de Automação do Sistema		
Opp9	Testes de Qualidade de Esgoto Realizados		
Opp10	↪ Teste de DBO		
Opp11	↪ Teste de DQO		
Opp12	↪ Teste de SST		
Opp13	↪ Teste de P Total		
Opp14	↪ Teste de Nitrogênio		
Opp15	↪ Teste de E. coli		
Opp16	↪ Outros Testes		

33	Padrões adequados	Para lançamento estão na	Resolução CONAMA 430/11
Ap2	Atendimento da ETE ao Padrão de Lançamento		

34	Padrões adequados	Possibilitam o lançamento dos	Efluentes
Ap2	Atendimento da ETE ao Padrão de Lançamento		

35	Efluentes	Têm como destino final os	Corpos hídricos
Ap2	Atendimento da ETE ao Padrão de Lançamento		
Opp19	ETE Dispõe de Outorga de Lançamento		

36	Corpos hídricos	Cuja contaminação prejudica	Abastecimento de água potável
Ap2	Atendimento da ETE ao Padrão de Lançamento		
Ap6	Ocorrência de Incidentes de Poluição		
Qp6	Esgoto Tratado na ETE		

37	Esgotos sanitários	Possuem alta concentração de	Nutrientes
Opp10	↪ Teste de DBO		
Opp11	↪ Teste de DQO		
Opp12	↪ Teste de SST		
Opp13	↪ Teste de P Total		
Opp14	↪ Teste de Nitrogênio		
Opp15	↪ Teste de E. coli		
Opp16	↪ Outros Testes		

38	Nutrientes	Poluem os	Corpos hídricos
Ap1	Teste de Qualidade dos Esgotos Realizados dentro do Padrão Exigido pela Norma		
Opp9	Testes de Qualidade de Esgoto Realizados		
Opp10	↪ Teste de DBO		
Opp11	↪ Teste de DQO		
Opp12	↪ Teste de SST		
Opp13	↪ Teste de P Total		
Opp14	↪ Teste de Nitrogênio		
Opp15	↪ Teste de E. coli		
Opp16	↪ Outros Testes		

39	Nutrientes	Sobretudo	Fósforo
Op13	↪ Teste de P Total		
40	Nutrientes	Sobretudo	Nitrogênio
Op14	↪ Teste de Nitrogênio		
41	Sistema separador absoluto	Composto por	Estação de tratamento de esgoto
Ap5	Emissão de Gases de Efeito Estufa (GEE)		
Ap7	Produção de Lodo na ETE		
Rhp1	Funcionários Trabalhando na ETE por População Equivalente		
Iep1	Utilização de Estações de Tratamento		
Iep7	Índice de Bombeamento na ETE		
Opp1	Consumo de Energia nas ETEs		
Opp2	Aproveitamento Energético nas ETEs		
Qp2	População Residente Servida por ETE		
Qp6	Esgoto Tratado na ETE		
42	Estação de tratamento de esgoto	Reduz a quantidade de	Nutrientes
Ap1	Teste de Qualidade dos Esgotos Realizados dentro do Padrão Exigido pela Norma		
Ap2	Atendimento da ETE ao Padrão de Lançamento		
43	Estação de tratamento de esgoto	Tem os tratamentos	Preliminar
Iep2	↪ Utilização do Tratamento Preliminar		
44	Estação de tratamento de esgoto	Tem os tratamentos	Primário
Iep3	↪ Utilização do Tratamento Primário		
45	Estação de tratamento de esgoto	Tem os tratamentos	Secundário
Iep4	↪ Utilização do Tratamento Secundário		
Qp7	Índice de Esgoto Tratado por Tratamento Secundário		
46	Estação de tratamento de esgoto	Tem os tratamentos	Terciário
Iep5	↪ Utilização do Tratamento Terciário		
47	Estação de tratamento de esgoto	Cujo nível de tratamento deve observar o	Enquadramento do corpo hídrico
Ap2	Atendimento da ETE ao Padrão de Lançamento		
48	Enquadramento do corpo hídrico	Modifica	Limites máximos de lançamento de nutrientes
Ap2	Atendimento da ETE ao Padrão de Lançamento		
49	Enquadramento do corpo hídrico	Estabelecido com base na	Capacidade de autodepuração
Ap2	Atendimento da ETE ao Padrão de Lançamento		
50	Enquadramento do corpo hídrico	Presente na	Resolução CONAMA 375/05
Ap2	Atendimento da ETE ao Padrão de Lançamento		
51	Rede coletora e seus componentes	Obrigatória, quando presente, para os	Domicílios
Qp1	População Residente Conectada à Rede Coletora		

Qp5	População Residente Não Atendida		
52	Sistema de Esgotamento Sanitário	Necessita de licenciamento ambiental expedido pelo	Órgão ambiental
53	Órgão ambiental	Exige tratamento para os	Esgotos sanitários
Qp6	Esgoto Tratado na ETE		
54	Órgão ambiental	Exige disposição adequada do	Lodo
Ap8	Disposição do Lodo de Acordo com a Norma		
Ap9	↳ Outros Destinos do Lodo		
55	Sistema de Esgotamento Sanitário	Precisa atender a um nível de	Confiabilidade operacional
Iep8	Índice de Estações Elevatórias Críticas		
Opp6	Falha de Bombas		
Opp7	Falha Energética		
56	Confiabilidade operacional	Associada a aspectos	Falhas nos equipamentos
Rhp4	Índice de Funcionários de Operação e Manutenção		
Rhp6	Acidentes de Trabalho		
Rhp7	Acidentes Fatais ou Permanentes no Trabalho		
Iep6	Índice de Bombeamento no Sistema		
Iep7	Índice de Bombeamento na ETE		
Iep8	Índice de Estações Elevatórias Críticas		
Iep9	Índice de Automação do Sistema		
57	Confiabilidade operacional	Associada a aspectos	Inerentes aos processos
Ap1	Teste de Qualidade dos Esgotos Realizados dentro do Padrão Exigido pela Norma		
58	Confiabilidade operacional	Deve garantir	Padrões adequados
Ap1	Teste de Qualidade dos Esgotos Realizados dentro do Padrão Exigido pela Norma		
Ap2	Atendimento da ETE ao Padrão de Lançamento		
Opp9	Testes de Qualidade de Esgoto Realizados		
Fip9	Despesas com Tratamento de Esgoto		
59	Confiabilidade operacional	Deve garantir	Risco aceitável
Ap1	Teste de Qualidade dos Esgotos Realizados dentro do Padrão Exigido pela Norma		
Rhp4	Índice de Funcionários de Operação e Manutenção		
60	Sistema unitário	Também contemplam	Águas de infiltração e águas pluviais
61	Sistema separador parcial	Também contemplam	Águas de infiltração e águas pluviais
62	Sistema de Esgotamento Sanitário	Categoriza-se em	Soluções Individuais
Qp3	População Residente Servida por Sistema Individual		
63	Soluções Individuais	Podem funcionar bem em locais com	Lençol freático profundo

64	Soluções Individuais	Podem funcionar bem em locais com	Baixa densidade demográfica
65	Soluções Individuais	Podem funcionar bem em locais com	Solos com boa capacidade de infiltração
66	Soluções Individuais	São classificadas em	Sistemas com transporte hídrico
67	Sistemas com transporte hídrico	Abrangem	Fossa absorvente
68	Fossa absorvente	Baseia-se na	Infiltração no solo
69	Infiltração no solo	Gera	Contaminação do solo e lençol freático
Ap6	Ocorrência de Incidentes de Poluição		
Opp5	Ruptura de Rede		
70	Sistemas com transporte hídrico	Abrangem	Fossa séptica
Qp3	População Residente Servida por Sistema Individual		
71	Fossa séptica	Tem os processos de	Sedimentação
72	Fossa séptica	Tem os processos de	Flotação
73	Fossa séptica	Tem os processos de	Digestão
74	Fossa séptica	Considerados soluções adequadas pelo	PLANSAB
Qp3	População Residente Servida por Sistema Individual		
Qp4	População Residente Servida por Sistema Individual com Uso de Fossa Séptica		
Qp8	Tempo de Resposta Médio de Limpeza de Fossas		
75	Fossa séptica	Deve conter	Unidade de pós-tratamento e disposição final
76	Unidade de pós-tratamento e disposição final	Projetadas conforme a	NBR 13.969/97
77	Fossa séptica	Adotada no Brasil por meio da	NBR 7.229/93
78	Fossa séptica	Quando mal construída atua como	Fossa absorvente
79	Soluções Individuais	São classificadas em	Sistemas sem transporte hídrico

80	Sistemas sem transporte hídrico	Baseiam-se na	Decomposição anaeróbia dos dejetos e posterior descarte
81	Sistemas sem transporte hídrico	Pode haver	Infiltração no solo
82	Sistemas sem transporte hídrico	Abrangem	Fossa estanque
83	Sistemas sem transporte hídrico	Abrangem	Fossa seca tubular
84	Sistemas sem transporte hídrico	Abrangem	Fossa química
85	Sistemas sem transporte hídrico	Abrangem	Fossa seca de buraco
86	Sistemas sem transporte hídrico	Abrangem	Fossa de fermentação

## APÊNDICE B – CONJUNTO DE INDICADORES DE DESEMPENHO PRÉ-SELECIONADOS

CÓD.	INDICADOR	UNIDADE	DEFINIÇÃO
<b>Indicadores de Planejamento</b>			
Pp1	Densidade Demográfica Urbana	hab./km <sup>2</sup>	Quantidade de habitantes da área urbana / Área urbana do município.
Pp2	Existe Plano de Saneamento Básico Municipal	S/N	Verifica a existência de Plano de Saneamento Básico no município.
Pp3	Existem Metas de Melhorias Contínuas	S/N	Verifica se há estratégias para aumentar sustentabilidade financeira e ambiental do SESs, como redução de desperdícios e melhorias no tratamento do esgoto.
Pp4	Existe Plano Diretor Municipal	-	Verifica a existência de Plano Diretor Municipal.
Pp5	Plano Diretor Municipal está Articulado com o planejamento do saneamento básico	S/N	Verifica se o planejamento do saneamento básico está acordando com o prognóstico do Plano Diretor Municipal.
Pp6	As Condições de Profundidade e Permeabilidade do Solo são Propícias às Soluções Individuais	S/N	Verifica se a região possui solos profundos e com boa permeabilidade, permitindo o uso satisfatório de soluções individuais.
<b>Indicadores Ambientais</b>			
Ap1	Teste de Qualidade dos Esgotos Realizado dentro do Padrão Exigido pela Norma	%/ano	Quantidade total de análises de esgoto conforme a norma / Quantidade total de análises realizadas no período de referência * 100
Ap2	Atendimento da ETE ao Padrão de Lançamento	%	População equivalente servida por estação de tratamento atendendo aos padrões de lançamento / População equivalente servida por estação de tratamento * 100
Ap3	Reuso do Efluente	%/ano	Volume de efluente que é reutilizado / Volume total de efluente no período de referência * 100
Ap4	Reutilização do Lodo	%/ano	Volume de lodo que é reutilizado / Volume total de lodo no período de referência * 100
Ap5	Emissão de Gases de Efeito Estufa (GEE)	kg dióxido de carbono eq.	Medição das emissões operacionais anuais de GEE do negócio regulamentado
Ap6	Ocorrência de Incidentes de Poluição	nº/km rede/ano	O número total de incidentes de poluição pelo vazamento de esgoto no período de referência / 10000 km de rede de esgoto
Ap7	Produção de Lodo na ETE	kg/p.e./ano	Peso seco de lodo produzido na ETE, durante o período de referência / População equivalente servida por tratamento na data de referência * 1000
Ap8	Disposição do Lodo de Acordo com a Norma	%	Peso seco de lodo depositado em aterro / Peso seco total de lodo * 100, durante o período de referência
Ap9	↯ Outros Destinos do Lodo	%	Peso seco de lodo depositado em destinos distintos aos aterros / Peso seco total de lodo x 100, durante o período de referência
<b>Indicadores de Recursos Humanos</b>			

Rhp1	Funcionários Trabalhando na ETE por População Equivalente	n°/1000 p.e.	Número total de empregados trabalhando na ETE em tempo integral / População equivalente servida pelo sistema de esgotamento sanitário * 1000, na data de referência
Rhp2	Funcionários Trabalhando no Sistema de Esgoto por Rede	n°/100 km rede	Número total de empregados trabalhando em tempo integral no sistema de esgoto / Comprimento total de coletores * 100, na data de referência
Rhp3	Índice de Produtividade de Pessoal Total	lig./empreg.	Quantidade de ligações ativas de esgoto à rede pública / Quantidade de pessoal total
Rhp4	Índice de Funcionários de Operação e Manutenção	%	Número total de empregados da gestão técnica trabalhando em tempo integral na operação e manutenção do sistema de esgotamento sanitário / Número de total de empregados trabalhando em tempo integral no sistema de esgotamento sanitário
Rhp5	Treinamento dos Funcionários	h/func./ano	Número de horas de treinamento de empregados do sistema de esgotamento sanitário durante o período de referência / Número total de empregados do sistema de esgotamento sanitário na data de referência
Rhp6	Acidentes de Trabalho	n°/100 func.	Quantidade de acidentes de trabalho / Quantidade total de empregados de tempo integral trabalhando no sistema de esgotos * 100
Rhp7	Acidentes Fatais ou Permanentes no Trabalho	n°/100 func.	Quantidade de acidentes fatais ou com lesões permanentes / Quantidade total de empregados de tempo integral trabalhando no sistema de esgotos * 100
<b>Indicadores de Infraestrutura</b>			
Iep1	Utilização de Estações de Tratamento	%/ano	Somatório do volume diário de esgoto tratado nas estações de tratamento / Capacidade máxima de todas as estações de tratamento * 100
Iep2	¬ Utilização do Tratamento Preliminar	%/ano	Somatório do volume diário de esgoto tratado em todas as instalações de tratamento preliminar / Capacidade máxima de todas as instalações de tratamento preliminar * 100
Iep3	¬ Utilização do Tratamento Primário	%/ano	Somatório do volume diário de esgoto tratado em todas as instalações de tratamento primário / Capacidade máxima de todas as instalações de tratamento primário * 100
Iep4	¬ Utilização do Tratamento Secundário	%/ano	Somatório do volume diário de esgoto tratado em todas as instalações de tratamento secundário / Capacidade máxima de todas as instalações de tratamento secundário * 100
Iep5	¬ Utilização do Tratamento Terciário	%/ano	Somatório do volume diário de esgoto tratado em todas as instalações de tratamento terciário / Capacidade máxima de todas as instalações de tratamento terciário * 100
Iep6	Índice de Bombeamento no Sistema	%/ano	Somatório, para todas as bombas instaladas na rede de coleta (potência nominal * número de horas de bombeamento) / (Potência nominal total instalada de bombeamento nas instalações de tratamento * período de referência * 24) * 100

Iep7	Índice de Bombeamento na ETE	%/ano	Somatório, para todas as bombas instaladas nas ETEs (potência nominal * número de horas de bombeamento) / (Potência nominal total instalada de bombeamento nas instalações de tratamento * período de referência * 24) * 100
Iep8	Índice de Estações Elevatórias Críticas	%	Quantidade de estações elevatórias na rede de esgoto onde as bombas operam mais de 75% do tempo durante o período de referência / Quantidade de estações elevatórias na rede de esgoto, na data de referência
Iep9	Índice de Automação do Sistema	%	Quantidade de unidades de controle automático / Quantidade de unidades de controle * 100, na data de referência
Iep10	Extensão de Rede Por Ligação	m/lig.	Comprimento total da rede de esgoto (incluindo redes de coleta, coletores e interceptores e excluindo ramais prediais e linhas de recalque) / Quantidade de ligações totais (ativas e inativas) de esgoto conectadas à rede pública
<b>Indicadores Operacionais</b>			
Opp1	Consumo de Energia nas ETEs	kWh/p.e./ano	Energia consumida pelas unidades da estação de tratamento de esgotos / População equivalente atendida pela estação de tratamento
Opp2	Aproveitamento Energético nas ETEs	%	Energia produzida / Energia consumida nas estações de tratamento x 100
Opp3	Consumo de Energia Padrão	kWh/m <sup>3</sup>	Quantidade de energia elétrica consumida no sistema de esgotamento sanitário (inclui todas as unidades que compõe o sistema) / Volume de esgoto lançado na rede coletora
Opp4	Entupimento de Rede	n°/100km/ano	Quantidade de obstruções na rede de esgoto, durante o período de referência / Comprimento total da rede de esgoto na data de referência * 100
Opp5	Ruptura de Rede	n°/100km/ano	Quantidade de rupturas de redes de esgoto no período de referência / Comprimento total da rede de esgoto na data de referência * 100
Opp6	Falha de Bombas	h/bombas/ano	Somatório, para todas as bombas do sistema, do número de horas em que cada bomba esteve fora de serviço durante o período de referência / Quantidade total de bombas na data de referência
Opp7	Falha Energética	h/EE/ano	Somatório, para todas as bombas do sistema, do número de horas em que cada estação elevatória esteve fora de serviço devido a interrupções do fornecimento de energia elétrica durante o período de referência / Quantidade total de estações elevatórias na data de referência
Opp8	ETE Recebe Águas Pluviais	-	Verifica se as ETEs estão recebendo águas pluviais em quantidade consideráveis no período chuvoso
Opp9	Testes de Qualidade de Esgoto Realizados	/ano	Quantidade total de análises de esgotos realizadas / Quantidade total de análises exigidas pela Norma * 100
Opp10	¬ Teste de DBO	/ano	Quantidade de testes de Demanda Bioquímica de Oxigênio realizados nas estações de tratamento de esgotos / Quantidade de testes de DBO exigidos pela Norma
Opp11	¬ Teste de DQO	/ano	Quantidade de testes de Demanda Química de Oxigênio realizados nas estações de tratamento de esgotos / Quantidade de testes de DQO exigidos pela Norma

Opp12	↯ Teste de SST	/ano	Quantidade de testes de Sólidos Suspensos Totais realizados nas estações de tratamento / Quantidade de testes de SST exigidos pela Norma
Opp13	↯ Teste de P Total	/ano	Quantidade de testes de Fósforo Total realizados nas estações de tratamento de esgotos / Quantidade de testes de P Total exigidos pela Norma
Opp14	↯ Teste de Nitrogênio	/ano	Quantidade de testes de Nitrogênio realizados nas estações de tratamento de esgotos / Quantidade de testes de N exigidos pela Norma
Opp15	↯ Teste de E. coli	/ano	Quantidade de testes de E. Coli realizados nas estações de tratamento de esgotos / Quantidade de testes de E. coli exigidos pela Norma
Opp16	↯ Outros Testes	/ano	Quantidade de demais testes realizados nas estações de tratamento de esgotos / Quantidade de demais testes exigidos pela Norma
Opp17	Teste de Lodo	/ano	Quantidade total de análises de lodo realizadas durante o período de referência / Quantidade total de análises exigidas pela Norma
Opp18	ETE Dispõe de Licença de Operação (LO)	-	Verifica se as ETEs possuem LO ativa.
Opp19	ETE Dispõe de Outorga de Lançamento	-	Verifica se as ETEs possuem outorga ativa para lançamento de esgotos tratados em corpos hídricos.
<b>Indicadores de Qualidade</b>			
Qp1	População Residente Conectada à Rede Coletora	%	População residente conectada à rede coletora / População residente * 100
Qp2	População Residente Servida por ETE	%	População residente servida por estação de tratamento / População residente * 100
Qp3	População Residente Servida por Sistema Individual	%	População residente servida por solução individual / População residente * 100
Qp4	População Residente Servida por Sistema Individual com Uso de Fossa Séptica	%	População residente servida por fossa séptica / População residente servida por solução individual * 100
Qp5	População Residente Não Atendida	%	População residente não conectada à rede coletora / População residente * 100
Qp6	Esgoto Tratado na ETE	%	Volume de esgoto tratado nas estações de tratamento / Volume de esgoto lançado na rede coletora * 100
Qp7	Índice de Esgoto Tratado por Tratamento Secundário	%	Volume de esgoto tratado somente no tratamento secundário das estações de tratamento / Esgoto coletado * 100
Qp8	Tempo de Resposta Médio de Limpeza de Fossas	d/pedidos	Soma dos tempos de resposta correspondentes às solicitações de limpeza das fossas sépticas / Quantidade total de solicitações de limpeza de fossas sépticas, durante o período de referência
Qp9	Total de Reclamações	n°/1000 hab./ano	Quantidade de reclamações / População residente * 1000
Qp10	Reclamações por Motivo de Entupimentos	n°/1000 hab./ano	Quantidade de reclamações relativas a obstruções na rede, durante o período de referência / População residente na data de referência * 1000
Qp11	Respostas às Reclamações	%	Quantidade de respostas às reclamações / número total de reclamações
<b>Indicadores Econômico-Financeiros</b>			

Fip1	Tarifa Média de Esgoto	\$/m <sup>3</sup>	Receita operacional direta de esgoto / Volume de esgoto coletado
Fip2	Receita Unitária	\$/p.e./ano	Receita operacional total / População equivalente servida por serviços de esgoto
Fip3	Receita de Serviços	%	Receita de serviços / Receita total x 100
Fip4	Receitas Industriais	%	Receitas industriais / Receita total x 100
Fip5	Despesa Total Unitária por p.e.	\$/p.e./ano	Despesa corrente + despesa de capital relacionada com os serviços de esgotamento sanitário / População equivalente servida
Fip6	Despesas com Energia	%	Despesa com energia / Despesa corrente x 100
Fip7	Despesas com Materiais, Produtos Químicos e Outros Insumos	%	Despesa com materiais, produtos químicos e outros insumos / Despesa corrente x 100
Fip8	Despesa Média Anual por Empregado	\$/empreg.	Despesa com pessoal próprio / Quantidade total de empregados próprios
Fip9	Despesas com Tratamento de Esgotos	%	Despesa corrente com tratamento dos esgotos / Despesa corrente x 100
Fip10	Despesa de Exploração por m <sup>3</sup> Faturado	\$/m <sup>3</sup>	Despesa de exploração / Volume total faturado
Fip11	Despesa de Exploração por Economia	\$/ano/econ.	Despesa de exploração / Quantidade de economias
Fip12	Índice de Evasão de Receitas	%	(Receita operacional total - arrecadação total) / receita operacional total x 100
Fip13	Margem da Despesa de Exploração	%	Despesa de exploração / receita operacional direta x 100

## APÊNDICE C – FORMULÁRIO DE CONSULTA A ESPECIALISTAS

	
<p>Universidade de Brasília - UnB Departamento de Engenharia Civil e Ambiental - ENC Programa de Pós-graduação em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos - PTARH</p>	
<b>Consulta a Especialistas: Apoio ao Desenvolvimento de Procedimento de Avaliação de Desempenho de Sistemas de Esgotamento Sanitário</b>	
	<input type="text" value="0 %"/>

Prezado(a) respondente,

A presente pesquisa constitui importante etapa da minha dissertação de mestrado, a de consulta a especialistas. A dissertação, intitulada “Desenvolvimento de Procedimento para Avaliação de Desempenho de Sistemas de Esgotamento Sanitário: Aplicação ao Caso da RIDE DF e Entorno”, é parte do Programa de Pós-Graduação em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos da Universidade de Brasília (PTARH/UnB), e está sob orientação do Prof. Oscar Cordeiro de Moraes Netto (cordeiro@unb.br).

O objetivo principal do trabalho é desenvolver um procedimento de avaliação de desempenho de sistemas de esgotamento sanitário (SESS) baseado no uso de indicadores de desempenho (ID). Ao final, por meio de métodos de análise multicritério, os SESS analisados serão alocados em: muito satisfatório, satisfatório, insatisfatório ou muito insatisfatório. Assim, este questionário tem como finalidade o apoio na seleção de indicadores e aspectos a eles pertinentes.

Sua colaboração voluntária está sendo solicitada devido ao conhecimento e experiência relacionados à área de saneamento. As respostas desta pesquisa serão analisadas e tabuladas, respeitando o anonimato dos respondentes, e o resultado final será encaminhado a todos aqueles que o solicitarem.

O questionário está dividido em três partes: a primeira é referente à identificação do(a) participante – que será sigilosa; a segunda etapa diz respeito às dimensões dos indicadores

de desempenho; e a terceira refere-se aos indicadores pré-selecionados a serem adotados. Durante seu andamento, é possível salvar o progresso e continuar mais tarde.

Desde já, agradeço a colaboração e me disponho a responder quaisquer dúvidas.

Cordialmente,

Hélio Guilherme de Almeida Lara

Engenheiro Ambiental

Mestrando em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos – PTARH/UnB

## **A - IDENTIFICAÇÃO**

---

Observação: As informações pessoais aqui fornecidas são sigilosas.

**A1. Nome:**

**A2. E-mail:**

**A3. Formação:**

**A4. Ocupação Atual:**

**A5. Organização/Empresa/Instituição:**

**A6. Cidade/UF:**

**A7. Trabalha ou já trabalhou com o saneamento em aspectos relacionados ao esgotamento sanitário?**

Sim  Não

**A8. Onde atua ou já atuou?**

Prestadora de Serviços

Empresa Projetista

Meio Acadêmico

Agência Reguladora

Outro. Especifique: \_\_\_\_\_

## **B – DIMENSÕES DOS INDICADORES**

---

Cada sistema de indicadores de desempenho possui uma classificação de seus indicadores em diferentes grupos, ou dimensões, que são definidos, em regra, por sua finalidade de aplicação e atores aos quais interessam – prestadora de serviço, agência reguladora, administração pública, usuário, entre outros. Algumas dimensões, como a Econômico-Financeira e a Qualidade do Serviço, estão presentes em grande parte das entidades, o que demonstra a relevância de aspectos particulares na avaliação de desempenho de sistemas de esgotamento sanitário.

No Brasil, os principais sistemas de indicadores sobre esgotamento sanitário são: SNIS (Sistema Nacional de Informações Sobre Saneamento), ABAR (Associação Brasileira de Agências Reguladoras) e PNQS (Prêmio Nacional de Qualidade em Saneamento); e possuem as seguintes dimensões:

- SNIS: Econômico-Financeiros, Administrativos, Operacionais, Balanço, e Qualidade;
- ABAR: Operacionais, Qualidade, e Econômico-Financeiros;
- PNQS: Econômico-Financeiros, Clientes e Mercado, Sociedade, Pessoas, Processos, e Fornecedores.

Internacionalmente, o IWA (*International Water Association*) é o sistema de maior representatividade, possuindo um quadro de referência de indicadores de desempenho para serviços de água e esgoto utilizado por diversas entidades no mundo. Suas dimensões são: Ambiental, Recursos Humanos, Infraestruturas, Operacionais, Qualidade do Serviço, e Econômico-Financeiros.

Considerando sua importância na área, abrangência e diversidade de suas dimensões, escolheu-se por utilizar o IWA como referência na proposta das dimensões. Uma vantagem desse sistema é a consideração da dimensão ambiental, o que dá maior relevância aos indicadores que envolvem a gestão dos recursos naturais. Ademais, foi adotada uma nova dimensão, a de Planejamento. Abaixo, seguem as características das dimensões propostas:

- Ambiental: avalia o desempenho da prestadora de serviço relativo aos impactos ambientais, incluindo o atendimento aos padrões de lançamento, disposição final dos sólidos, entre outros;
- Recursos Humanos: mede a eficiência e eficácia dos funcionários da prestadora de serviço, considerando as funções, atividades e qualificação;
- Infraestrutura: tem a finalidade de avaliar se o sistema de esgotamento possui capacidade de operar corretamente e dentro dos parâmetros locais permitidos;
- Operacional: destina-se a avaliar o desempenho da prestadora de serviço no que diz respeito ao funcionamento e à manutenção do sistema;
- Qualidade do Serviço: mede o nível do serviço fornecido aos usuários do sistema;
- Econômico-Financeiro: está relacionada à eficiência e eficácia do uso dos recursos financeiros, além de fornecer meios de interpretar a situação financeira da prestadora de serviço;
- Planejamento: avalia a capacidade do município em comportar demandas futuras no sistema de esgotamento sanitário, assim como sua aptidão a soluções individuais ou coletivas.

**B1.** Você considera que as dimensões de indicadores propostas são adequadas para uma avaliação de desempenho de SESs?

- Concordo
- Concordo Parcialmente
- Discordo
- Não gostaria de responder/Não possuo opinião

**Alguma observação, sugestão ou comentário sobre a questão? Se sim, por favor, comente abaixo:**

É comumente aceito que a classificação dos indicadores em diferentes dimensões gera um melhor entendimento dos resultados em uma eventual publicação das informações. Mas, além disso, as dimensões podem envolver uma influência adicional. Elas podem ter pesos

distintos, relacionados às suas importâncias na avaliação de desempenho, e influenciar diretamente no resultado final.

**B2.** Você considera que existe peso diferenciado entre as dimensões de indicadores propostas?

- Sim
- Não
- Não gostaria de responder/Não possuo opinião

**Se sim, ordene as dimensões de 1 a 7, sendo 1 para a mais importante e 7 para a menos importante na avaliação de desempenho de sistemas de esgotamento sanitário:**

- Ambiental
- Recursos Humanos
- Infraestrutura
- Operacional
- Qualidade do Serviço
- Econômico-Financeira
- Planejamento

**Alguma observação, sugestão ou comentário sobre a questão? Se sim, por favor, comente abaixo:**

## **C - INDICADORES PRÉ-SELECIONADOS**

---

Por meio da revisão de literatura identificaram-se os principais sistemas de indicadores de desempenho existentes no Brasil e no mundo, assim como foi levantada uma gama de trabalhos que já os utilizaram na área de saneamento e, mais especificamente, no esgotamento sanitário. Uma pré-seleção dos indicadores existentes foi, então, realizada. Além disso, um mapa conceitual para esgotamento sanitário foi elaborado a fim de encontrar possíveis lacunas e, por conseguinte, fundamentar a proposição de novos indicadores. Ao final, chegou-se a uma lista prévia com 75 indicadores de desempenho.

É importante ressaltar que tanto a importância quanto a praticidade são quesitos fundamentais para o sucesso dos indicadores na fase de levantamento de dados e compreensão dos resultados. Da mesma forma, um menor número de indicadores, mas suficientemente abrangente, torna mais ágil e eficaz a avaliação de desempenho. Assim, solicita-se que, na análise dos conjuntos de indicadores, esses aspectos sejam contemplados.

Na sequência, serão feitas perguntas acerca dos indicadores de desempenho de cada dimensão.

*(Tabela com os indicadores da dimensão Planejamento, suas unidades e definições.)*

**C1.** Na dimensão Planejamento, considera os indicadores apresentados na tabela abaixo suficientes para a aferição do desempenho de SESs?

- Concordo
- Concordo Parcialmente
- Discordo
- Não gostaria de responder/Não possuo opinião

**Alguma sugestão acerca da inclusão ou exclusão de indicadores, ou comentário sobre a questão? Se sim, por favor, comente abaixo:**

**C2.** Selecione abaixo até TRÊS indicadores de planejamento que considere MAIS IMPORTANTES na avaliação de desempenho de SESs:

**C3.** Selecione abaixo até DOIS indicadores de planejamento que considere MENOS IMPORTANTES na avaliação de desempenho de SESs:

**Algum comentário ou sugestão acerca da avaliação de importância dos indicadores de planejamento? Se sim, por favor, comente abaixo:**

*(Tabela com os indicadores da dimensão Ambiental, suas unidades e definições.)*

**C4.** Na dimensão Ambiental, considera os indicadores apresentados na tabela suficientes para a aferição do desempenho de SESs?

- Concordo
- Concordo Parcialmente
- Discordo
- Não gostaria de responder/Não possuo opinião

**Alguma sugestão acerca da inclusão ou exclusão de indicadores, ou comentário sobre a questão? Se sim, por favor, comente abaixo:**

**C5.** Selecione abaixo até QUATRO indicadores ambientais que considere MAIS IMPORTANTES na avaliação de desempenho de SESs:

**C6.** Selecione abaixo até TRÊS indicadores ambientais que considere MENOS IMPORTANTES na avaliação de desempenho de SESs:

**Algum comentário ou sugestão acerca da avaliação de importância dos indicadores ambientais? Se sim, por favor, comente abaixo:**

*(Tabela com os indicadores da dimensão Recursos Humanos, suas unidades e definições.)*

**C7.** Na dimensão Recursos Humanos, considera os indicadores apresentados na tabela abaixo suficientes para a aferição do desempenho de SESs?

- Concordo
- Concordo Parcialmente
- Discordo
- Não gostaria de responder/Não possuo opinião

**Alguma sugestão acerca da inclusão ou exclusão de indicadores, ou comentário sobre a questão? Se sim, por favor, comente abaixo:**

**C8.** Selecione abaixo até TRÊS indicadores de recursos humanos que considere MAIS IMPORTANTES na avaliação de desempenho de SESs:

**C9.** Selecione abaixo até DOIS indicadores de recursos humanos que considere MENOS IMPORTANTES na avaliação de desempenho de SESs:

**Algum comentário ou sugestão acerca da avaliação de importância dos indicadores de recursos humanos? Se sim, por favor, comente abaixo:**

*(Tabela com os indicadores da dimensão Infraestrutura, suas unidades e definições.)*

**C10.** Na dimensão Infraestrutura, considera os indicadores apresentados na tabela abaixo suficientes para a aferição do desempenho de SESs?

- Concordo
- Concordo Parcialmente
- Discordo
- Não gostaria de responder/Não possuo opinião

**Alguma sugestão acerca da inclusão ou exclusão de indicadores, ou comentário sobre a questão? Se sim, por favor, comente abaixo:**

**C11.** Selecione abaixo até QUATRO indicadores de infraestrutura que considere MAIS IMPORTANTES na avaliação de desempenho de SESs:

**C12.** Selecione abaixo até TRÊS indicadores de infraestrutura que considere MENOS IMPORTANTES na avaliação de desempenho de SESs:

**Algum comentário ou sugestão acerca da avaliação de importância dos indicadores de infraestrutura? Se sim, por favor, comente abaixo:**

*(Tabela com os indicadores da dimensão Operacional, suas unidades e definições.)*

**C13.** Na dimensão Operacional, considera os indicadores apresentados na tabela abaixo suficientes para a aferição do desempenho de SESs?

- Concordo
- Concordo Parcialmente
- Discordo
- Não gostaria de responder/Não possuo opinião

**Alguma sugestão acerca da inclusão ou exclusão de indicadores, ou comentário sobre a questão? Se sim, por favor, comente abaixo:**

**C14.** Selecione abaixo até CINCO indicadores operacionais que considere MAIS IMPORTANTES na avaliação de desempenho de SESs:

**C15.** Selecione abaixo até QUATRO indicadores operacionais que considere MENOS IMPORTANTES na avaliação de desempenho de SESs:

**Algum comentário ou sugestão acerca da avaliação de importância dos indicadores operacionais? Se sim, por favor, comente abaixo:**

*(Tabela com os indicadores da dimensão Qualidade, suas unidades e definições.)*

**C16.** Na dimensão Qualidade, considera os indicadores apresentados na tabela abaixo suficientes para a aferição do desempenho de SESs?

- Concordo
- Concordo Parcialmente
- Discordo
- Não gostaria de responder/Não possuo opinião

**Alguma sugestão acerca da inclusão ou exclusão de indicadores, ou comentário sobre a questão? Se sim, por favor, comente abaixo:**

**C17.** Selecione abaixo até QUATRO indicadores de qualidade que considere MAIS IMPORTANTES na avaliação de desempenho de SESs:

**C18.** Selecione abaixo até TRÊS indicadores de qualidade que considere MENOS IMPORTANTES na avaliação de desempenho de SESs:

**Algum comentário ou sugestão acerca da avaliação de importância dos indicadores de qualidade? Se sim, por favor, comente abaixo:**

*(Tabela com os indicadores da dimensão Econômico-financeira, suas unidades e definições.)*

**C19.** Na dimensão Econômico-financeira, considera os indicadores apresentados na tabela abaixo suficientes para a aferição do desempenho de SESs?

- Concordo
- Concordo Parcialmente
- Discordo
- Não gostaria de responder/Não possuo opinião

**Alguma sugestão acerca da inclusão ou exclusão de indicadores, ou comentário sobre a questão? Se sim, por favor, comente abaixo:**

**C20.** Selecione abaixo até CINCO indicadores econômico-financeiros que considere MAIS IMPORTANTES na avaliação de desempenho de SESs:

**C21.** Selecione abaixo até QUATRO indicadores econômico-financeiros que considere MENOS IMPORTANTES na avaliação de desempenho de SESs:

**Algum comentário ou sugestão acerca da avaliação de importância dos indicadores econômico-financeiros? Se sim, por favor, comente abaixo:**

Eu agradeço imensamente por sua colaboração, ela será muito útil para o andamento da minha dissertação de mestrado.

**Você gostaria de receber a dissertação com os resultados produzidos a partir dessa consulta? Se sim, por favor, deixe seu e-mail abaixo:**

Muito obrigado.

## APÊNDICE D – RESUMO DAS RESPOSTAS DA CONSULTA A ESPECIALISTAS

Houve 43 respostas, sendo 34 completas.

### A2. Trabalha ou já trabalhou com o saneamento em aspectos relacionados ao esgotamento sanitário? (Participantes: 43)

Sim: 40 (93,0%)

Não: 3 (7,0%)

### A4. Onde atua ou já atuou? (Participantes: 43)

Prestadora de Serviços: 17 (39,5%)

Empresa Projetista: 10 (23,3%)

Meio Acadêmico: 20 (46,5%)

Agência Reguladora: 9 (20,9%)

Outros: 8 (18,6%)

### B1. Você considera que as dimensões de indicadores propostas são adequadas para uma avaliação de desempenho de SESs? (Participantes: 42)

Concordo: 29 (69%)

Concordo Parcialmente: 11 (26,2%)

Discordo: 0 (0,0%)

Não gostaria de responder/Não possuo opinião: 2 (4,8%)

### B2. Você considera que existe peso diferenciado entre as dimensões de indicadores propostas? (Participantes: 41)

Sim: 37 (90,2%)

Não: 2 (4,9%)

Não gostaria de responder/Não possuo opinião: 2 (4,9%)

### B3. Se sim, ordene as dimensões de 1 a 7, sendo 1 para a mais importante e 7 para a menos importante na avaliação de desempenho de sistemas de esgotamento sanitário: (Participantes: 37)

Dimensão	Média Aritmética	Moda
Ambiental	3,08	1
Recursos Humanos	4,58	4

Infraestrutura	3,75	3
Operacional	3,75	2
Qualidade do Serviço	3,61	2
Econômico-Financeira	4,86	7
Planejamento	4,36	6

**C1. Na dimensão Planejamento, considera os indicadores apresentados na tabela suficientes para a aferição do desempenho de SESs? (Participantes: 37)**

Concordo: 19 (51,4%)  
 Concordo Parcialmente: 16 (43,2%)  
 Discordo: 1 (2,7%)  
 Não gostaria de responder/Não possuo opinião: 1 (2,7%)

**C2. Selecione abaixo até TRÊS indicadores de planejamento que considere MAIS IMPORTANTES na avaliação de desempenho de SESs: (Participantes: 37)**

Densidade Demográfica Urbana: 18 (48,6%)  
 Existe Plano de Saneamento Básico no Municipal: 26 (70,3%)  
 Existem Metas de Melhorias Contínuas: 22 (59,5%)  
 Existe Plano Diretor Municipal: 12 (32,4%)  
 Plano Diretor Municipal está Articulado com o Planejamento do Saneamento Básico: 26 (70,3%)  
 Condições de Profundidade e Permeabilidade do Solo são Propícias às Soluções Individuais: 3 (8,1%)

**C3. Selecione abaixo até DOIS indicadores de planejamento que considere MENOS IMPORTANTES na avaliação de desempenho de SESs: (Participantes: 37)**

Densidade Demográfica Urbana: 11 (29,7%)  
 Existe Plano de Saneamento Básico no Municipal: 5 (13,5%)  
 Existem Metas de Melhorias Contínuas: 7 (16,2%)  
 Existe Plano Diretor Municipal: 14 (37,8%)  
 Plano Diretor Municipal está Articulado com o Planejamento do Saneamento Básico: 6 (16,2%)  
 Condições de Profundidade e Permeabilidade do Solo são Propícias às Soluções Individuais: 28 (75,7%)

**C4. Na dimensão Ambiental, considera os indicadores apresentados na tabela acima suficientes para a aferição do desempenho de SESs? (Participantes: 37)**

Concordo: 19 (51,4%)

Concordo Parcialmente: 17 (45,9%)

Discordo: 0 (0.0%)

Não gostaria de responder / Não possuo opinião: 1 (2,7%)

**C5. Selecione abaixo até QUATRO indicadores ambientais que considere MAIS IMPORTANTES na avaliação de desempenho de SESs: (Participantes: 37)**

Teste de Qualidade dos Esgotos Realizado Dentro do Padrão Exigido pela Norma: 22 (59,5%)

Atendimento da ETE ao Padrão de Lançamento: 32 (86,5%)

Reuso do Efluente: 11 (29,7%)

Reutilização do Lodo: 12 (32,4%)

Emissão de Gases de Efeito Estufa (GEE): 8 (21,6%)

Ocorrência de Incidentes de Poluição: 23 (62,2%)

Produção de Lodo na ETE: 8 (21,6%)

Disposição do Lodo de Acordo com a Norma: 27 (73,0%)

Outros Destinos do Lodo: 0 (0.0%)

**C6. Selecione abaixo até TRÊS indicadores ambientais que considere MENOS IMPORTANTES na avaliação de desempenho de SESs: (Participantes: 37)**

Teste de Qualidade dos Esgotos Realizado Dentro do Padrão Exigido pela Norma: 11 (29,7%)

Atendimento da ETE ao Padrão de Lançamento: 1 (2,7%)

Reuso do Efluente: 16 (43,2%)

Reutilização do Lodo: 9 (24,3%)

Emissão de Gases de Efeito Estufa (GEE): 19 (51,4%)

Ocorrência de Incidentes de Poluição: 7 (18,9%)

Produção de Lodo na ETE: 11 (29,7%)

Disposição do Lodo de Acordo com a Norma: 3 (8,1%)

Outros Destinos do Lodo: 26 (70,3%)

**C7. Na dimensão Recursos Humanos, considera os indicadores apresentados na tabela acima suficientes para a aferição do desempenho de SESs? (Participantes: 35)**

Concordo: 25 (71,4%)

Concordo Parcialmente: 8 (22,9%)

Discordo: 1 (2,9%)

Não gostaria de responder / Não possuo opinião: 1 (2,9%)

**C8. Selecione abaixo até TRÊS indicadores de recursos humanos que considere MAIS IMPORTANTES na avaliação de desempenho de SESs: (Participantes: 35)**

Funcionários Trabalhando na ETE por População Equivalente: 15 (52,9%)

Funcionários Trabalhando no Sistema de Esgoto por Rede: 9 (25,7%)

Índice de Produtividade de Pessoal Total: 19 (54,3%)

Índice de Funcionários de Operação e Manutenção: 13 (37,1%)

Treinamento dos Funcionários: 27 (77,1%)

Acidentes de Trabalho: 13 (37,1%)

Acidentes Fatais ou Permanentes no Trabalho: 3 (8,6%)

**C9. Selecione abaixo até DOIS indicadores de recursos humanos que considere MENOS IMPORTANTES na avaliação de desempenho de SESs: (Participantes: 34)**

Funcionários Trabalhando na ETE por População Equivalente: 16 (45,7%)

Funcionários Trabalhando no Sistema de Esgoto por Rede: 14 (40,0%)

Índice de Produtividade de Pessoal Total: 7 (20,0%)

Índice de Funcionários de Operação e Manutenção: 12 (34,3%)

Treinamento dos Funcionários: 1 (2,9%)

Acidentes de Trabalho: 5 (14,7%)

Acidentes Fatais ou Permanentes no Trabalho: 11 (31,4%)

**C10. Na dimensão Infraestrutura, considera os indicadores apresentados na tabela acima suficientes para a aferição do desempenho de SESs? (Participação: 34)**

Concordo: 21 (60,0%)

Concordo Parcialmente: 10 (28,6%)

Discordo: 1 (2,9%)

Não gostaria de responder / Não possuo opinião: 3 (8,6%)

**C11. Selecione abaixo até QUATRO indicadores de infraestrutura que considere MAIS IMPORTANTES na avaliação de desempenho de SESs: (Participantes: 35)**

Utilização da Estação de Tratamento: 33 (94,3%)  
Utilização do Tratamento Preliminar: 4 (11,4%)  
Utilização do Tratamento Primário: 4 (11,4%)  
Utilização do Tratamento Secundário: 10 (28,6%)  
Utilização do Tratamento Terciário: 8 (22,9%)  
Índice de Bombeamento no Sistema: 12 (34,3%)  
Índice de Bombeamento na ETE: 4 (11,4%)  
Índice de Estações Elevatórias Críticas: 16 (45,7%)  
Índice de Automação do Sistema: 18 (51,4%)  
Extensão de Rede Por Ligação: 19 (54,3%)

**C12. Selecione abaixo até TRÊS indicadores de infraestrutura que considere MENOS IMPORTANTES na avaliação de desempenho de SESs: (Participantes: 35)**

Utilização da Estação de Tratamento: 1 (2,9%)  
Utilização do Tratamento Preliminar: 13 (37,1%)  
Utilização do Tratamento Primário: 10 (28,6%)  
Utilização do Tratamento Secundário: 7 (20,0%)  
Utilização do Tratamento Terciário: 15 (42,9%)  
Índice de Bombeamento no Sistema: 10 (28,6%)  
Índice de Bombeamento na ETE: 13 (37,1%)  
Índice de Estações Elevatórias Críticas: 2 (5,7%)  
Índice de Automação do Sistema: 7 (20,0%)  
Extensão de Rede Por Ligação: 10 (28,6%)

**C13. Na dimensão Operacional, considera os indicadores apresentados na tabela acima suficientes para a aferição do desempenho de SESs? (Participantes: 35)**

Concordo: 24 (68,6%)

Concordo Parcialmente: 10 (28,6%)

Discordo: 0 (0,0%)

Não gostaria de responder / Não possuo opinião: 1 (2,9%)

**C14. Selecione abaixo até CINCO indicadores operacionais que considere MAIS IMPORTANTES na avaliação de desempenho de SESs: (Participantes: 35)**

Consumo de Energia nas ETEs: 18 (51,4%)

Aproveitamento Energético nas ETEs: 12 (34,3%)

Consumo de Energia Padrão: 10 (28,6%)

Entupimento de Rede: 18 (51,4%)

Ruptura de Rede: 13 (37,1%)

Falha de Bombas: 13 (37,1%)

Falha Energética: 6 (17,1%)

ETE Recebe Águas Pluviais: 11 (31,4%)

Testes de Qualidade de Esgoto Realizados: 21 (60,0%)

Teste de DBO: 6 (17,1%)

Teste de DQO: 3 (8,6%)

Teste de SST: 1 (2,9%)

Teste de P Total: 1 (2,9%)

Teste de Nitrogênio: 1 (2,9%)

Teste de Lodo: 2 (5,7%)

ETE Dispõe de Licença de Operação (LO): 15 (42,9%)

ETE Dispõe de Outorga de Lançamento: 15 (42,9%)

**C15. Selecione abaixo até QUATRO indicadores operacionais que considere MENOS IMPORTANTES na avaliação de desempenho de SESs: (Participantes: 34)**

Consumo de Energia nas ETEs: 3 (8,6%)

Aproveitamento Energético nas ETEs: 8 (22,9%)

Consumo de Energia Padrão: 7 (20,0%)

Entupimento de Rede: 3 (8,6%)

Ruptura de Rede: 6 (17,1%)

Falha de Bombas: 4 (11,4%)

Falha Energética: 10 (28,6%)  
ETE Recebe Águas Pluviais: 3 (8,6%)  
Testes de Qualidade de Esgoto Realizados: 3 (8,6%)  
Teste de DBO: 3 (8,6%)  
Teste de DQO: 2 (5,7%)  
Teste de SST: 4 (11,4%)  
Teste de P Total: 6 (17,1%)  
Teste de Nitrogênio: 9 (25,7%)  
Teste de E. coli: 3 (8,6%)  
Outros Testes: 17 (48,6%)  
Teste de Lodo: 7 (20,0%)  
ETE Dispõe de Licença de Operação (LO): 8 (22,9%)  
ETE Dispõe de Outorga de Lançamento: 5 (14,3%)

**C16. Na dimensão Qualidade, considera os indicadores apresentados na tabela acima suficientes para a aferição do desempenho de SESs? (Participantes: 34)**

Concordo: 25 (73,5%)  
Concordo Parcialmente: 7 (20,6%)  
Discordo: 1 (2,9%)  
Não gostaria de responder / Não possuo opinião: 1 (2,9%)

**C17. Selecione abaixo até QUATRO indicadores de qualidade que considere MAIS IMPORTANTES na avaliação de desempenho de SESs: (Participantes: 34)**

População Residente Conectada à Rede Coletora: 26 (76,5%)  
População Residente Servida por ETE: 27 (79,4%)  
População Residente Servida por Sistema Individual: 5 (14,7%)  
População Residente Servida por Sistema Individual com Uso de Fossa Séptica: 3 (8,8%)  
População Residente Não Atendida: 12 (35,3%)  
Esgoto Tratado na ETE: 16 (47,1%)  
Índice de Esgoto Tratado por Tratamento Secundário: 7 (20,6%)  
Tempo de Resposta Médio de Limpeza de Fossas: 3 (8,8%)  
Total de Reclamações: 16 (47,1%)

Reclamações por Motivo de Entupimentos: 3 (8,8%)

Respostas às Reclamações: 10 (32,4%)

**C18. Selecione abaixo até TRÊS indicadores de qualidade que considere MENOS IMPORTANTES na avaliação de desempenho de SESs: (Participantes: 34)**

População Residente Conectada à Rede Coletora: 1 (2,9%)

População Residente Servida por ETE: 0 (0,0%)

População Residente Servida por Sistema Individual: 11 (32,4%)

População Residente Servida por Sistema Individual com Uso de Fossa Séptica: 16 (47,1%)

População Residente Não Atendida: 7 (20,6%)

Esgoto Tratado na ETE: 2 (5,9%)

Índice de Esgoto Tratado por Tratamento Secundário: 12 (35,3%)

Tempo de Resposta Médio de Limpeza de Fossas: 16 (47,1%)

Total de Reclamações: 1 (2,9%)

Reclamações por Motivo de Entupimentos: 10 (29,4%)

Respostas às Reclamações: 8 (23,5%)

**C19. Na dimensão Econômico-financeira, considera os indicadores apresentados na tabela acima suficientes para a aferição do desempenho de SESs? (Participantes: 34)**

Concordo: 24 (70,6%)

Concordo Parcialmente: 8 (23,5%)

Discordo: 0 (0,0%)

Não gostaria de responder / Não possui opinião: 2 (5,9%)

**C20. Selecione abaixo até CINCO indicadores econômico-financeiros que considere MAIS IMPORTANTES na avaliação de desempenho de SESs: (Participação: 34)**

Tarifa Média de Esgoto: 28 (82,4%)

Receita Unitária: 7 (20,6%)

Receita de Serviços: 7 (20,6%)

Receitas Industriais: 2 (5,9%)

Despesa Total Unitária por População Equivalente: 20 (58,8%)

Despesas com Energia: 13 (38,2%)  
Despesas com Materiais, Produtos Químicos e Outros Insumos: 10 (29,4%)  
Despesa Média Anual por Empregado: 7 (20,6%)  
Despesas com Tratamento de Esgotos: 18 (52,9%)  
Despesa de Exploração por Metro Cúbico Faturado: 10 (29,4%)  
Despesa de Exploração por Economia: 8 (23,5%)  
Índice de Evasão de Receitas: 11 (32,4%)  
Margem da Despesa de Exploração: 4 (11,8%)

**C20. Selecione abaixo até QUATRO indicadores econômico-financeiros que considere MENOS IMPORTANTES na avaliação de desempenho de SESs: (Participantes: 34)**

Tarifa Média de Esgoto: 2 (5,9%)  
Receita Unitária: 6 (17,6%)  
Receita de Serviços: 7 (20,6%)  
Receitas Industriais: 10 (29,4%)  
Despesa Total Unitária por População Equivalente: 6 (17,6%)  
Despesas com Energia: 4 (11,8%)  
Despesas com Materiais, Produtos Químicos e Outros Insumos: 6 (17,6%)  
Despesa Média Anual por Empregado: 12 (35,3%)  
Despesas com Tratamento de Esgotos: 1 (2,9%)  
Despesa de Exploração por Metro Cúbico Faturado: 3 (8,8%)  
Despesa de Exploração por Economia: 11 (32,4%)  
Índice de Evasão de Receitas: 5 (14,7%)  
Margem da Despesa de Exploração: 15 (44,1%)

## APÊNDICE E – CONJUNTO FINAL DE INDICADORES DE DESEMPENHO

CÓD.	INDICADOR	UNIDADE	DEFINIÇÃO
<b>Indicadores de Planejamento</b>			
P1	Existe Plano de Saneamento Básico Municipal	-	Verifica a existência de Plano de Saneamento Básico no município.
P2	Existem Metas de Melhorias Contínuas	S/N	Verifica se há estratégias para aumentar sustentabilidade financeira e ambiental do SESs, como redução de desperdícios e melhorias no tratamento do esgoto.
P3	Existe Plano Diretor Municipal	-	Verifica a existência de Plano Diretor Municipal.
P4	Plano Diretor Municipal está Articulado com o planejamento do saneamento básico	S/N	Verifica se o planejamento do saneamento básico está acordando com o prognóstico do Plano Diretor Municipal.
P5	Participação do Município no Comitê de Bacias Hidrográficas	-	Verifica se o município participa do comitê de bacias hidrográficas regional, quando houver.
P6	Estudos da Topografia e Geografia Local	-	Verifica se foram ou estão sendo utilizados estudos da topografia e geografia local para as soluções gerais do saneamento básico.
<b>Indicadores Ambientais</b>			
A1	Teste de Qualidade dos Esgotos Realizado dentro do Padrão Exigido pela Norma	%/ano	Quantidade total de análises de esgoto conforme a norma / Quantidade total de análises realizadas no período de referência * 100
A2	Atendimento da ETE ao Padrão de Lançamento	%	População equivalente servida por estação de tratamento atendendo aos padrões de lançamento / População equivalente servida por estação de tratamento * 100
A3	Reuso do Efluente	%/ano	Volume de efluente que é reutilizado / Volume total de efluente no período de referência * 100
A4	Reutilização do Lodo	%/ano	Volume de lodo que é reutilizado / Volume total de lodo no período de referência * 100
A5	Existe Solução para os Gases de Efeito Estufa	S/N	Verifica qual é a preocupação da prestadora de serviço quanto aos gases de efeito estufa advindos da ETE.
A6	Ocorrência de Incidentes de Poluição na Rede	nº/km rede/ano	O número total de incidentes de poluição pelo vazamento de esgoto, incluindo by-pass das estações elevatórias, no período de referência / 10000 km de rede de esgoto
A7	Ocorrência de Incidentes de Poluição no Tratamento	nº/ano	O número total de incidentes de poluição, incluindo by-pass da ETE, no período de referência.
A8	Disposição do Lodo de Acordo com a Norma	%	Peso seco de lodo depositado em aterro / Peso seco total de lodo * 100, durante o período de referência
A9	Prestadora de Serviços Possui Programas e/ou Projetos de Educação Ambiental	-	Verifica a empenho da prestadora de serviço na educação ambiental.

A10	Existe Fiscalização Sobre os Caminhões Limpa-fossas	S/N	Verifica se há fiscalização do governo sobre o serviço de limpeza de fossas, objetivando a destinação correta dos efluentes.
<b>Indicadores de Recursos Humanos</b>			
Rh1	Funcionários Trabalhando na ETE por Automação da ETE	Func./%	Número total de empregados trabalhando na ETE em tempo integral / Grau de automação da ETE, na data de referência
Rh2	Funcionários Trabalhando no Sistema de Esgoto por Rede	Func./100 km rede	Número total de empregados trabalhando em tempo integral no sistema de esgoto / Comprimento total de coletores * 100, na data de referência
Rh3	Índice de Produtividade de Pessoal do Sistema de Esgoto	lig./empreg.	Quantidade de ligações ativas de esgoto à rede pública / Quantidade de pessoal total
Rh4	Índice de Funcionários de Operação e Manutenção	%	Número total de empregados da gestão técnica trabalhando em tempo integral na operação e manutenção do sistema de esgotamento sanitário / Número de total de empregados trabalhando em tempo integral no sistema de esgotamento sanitário
Rh5	Treinamento dos Funcionários	h/func./ano	Número de horas de treinamento de empregados do sistema de esgotamento sanitário, relacionado à área de atuação, no período de referência / Número total de empregados do sistema de esgotamento sanitário na data de referência
Rh6	Acidentes de Trabalho	n°/100 func.	Quantidade de acidentes de trabalho / Quantidade total de empregados de tempo integral trabalhando no sistema de esgotos * 100
Rh7	Acidentes Fatais ou Permanentes no Trabalho	n°/100 func.	Quantidade de acidentes fatais ou com lesões permanentes / Quantidade total de empregados de tempo integral trabalhando no sistema de esgotos * 100
<b>Indicadores de Infraestrutura</b>			
Ie1	Utilização de Estações de Tratamento	%/ano	Somatório do volume diário de esgoto tratado nas estações de tratamento / Capacidade máxima de todas as estações de tratamento * 100
Ie2	Índice de Bombeamento na ETE	%/ano	Somatório, para todas as bombas instaladas na ETE (potência nominal * número de horas de bombeamento) / (Potência nominal total instalada de bombeamento nas instalações de tratamento * período de referência * 24) * 100
Ie3	Índice de Estações Elevatórias Críticas	%	Quantidade de estações elevatórias na rede de esgoto onde as bombas operaram mais de 75% do tempo durante o período de referência / Quantidade de estações elevatórias na rede de esgoto, na data de referência
Ie4	Índice de Automação do Sistema	%	Quantidade de unidades de controle automático / Quantidade de unidades de controle * 100, na data de referência
Ie5	Extensão de Rede Por Ligação	m/lig.	Comprimento total da rede de esgoto (incluindo redes de coleta, coletores e interceptores e excluindo ramais prediais e linhas de recalque) / Quantidade de ligações totais (ativas e inativas) de esgoto conectadas à rede pública
Ie6	Estado de Conservação das Estruturas da ETE	-	Verifica o estado de conservação das estruturas do tratamento de esgotos.
Ie7	Estado de Conservação das Estruturas de Coleta e Transporte de Esgoto	-	Verifica o estado de conservação das estruturas de coleta e transporte de esgoto.
<b>Indicadores Operacionais</b>			
Op1	Consumo de Energia na ETE	kWh/m <sup>3</sup>	Energia consumida pelas unidades da ETE / Volume de esgoto tratado na estação

Op2	Aproveitamento Energético na ETE	%	Energia produzida / Energia consumida nas estações de tratamento x 100
Op3	Entupimento de Rede	n°/100km/ano	Quantidade de obstruções na rede de esgoto, durante o período de referência / Comprimento total da rede de esgoto na data de referência * 100
Op4	Ruptura de Rede	n°/100km/ano	Quantidade de rupturas de redes de esgoto no período de referência / Comprimento total da rede de esgoto na data de referência * 100
Op5	Falha de Bombas	h/bombas/ano	Somatório, para todas as bombas do sistema, do número de horas em que cada bomba esteve fora de serviço, por falha dos equipamentos, durante o período de referência / Quantidade total de bombas na data de referência
Op6	Falha Energética	h/EE/ano	Somatório, para todas as estações elevatórias do sistema, do número de horas em que cada estação elevatória esteve fora de serviço devido a interrupções do fornecimento de energia elétrica durante o período de referência / Quantidade total de estações elevatórias na data de referência
Op7	ETE Recebe Águas Pluviais	S/N	Verifica se as ETEs estão recebendo águas pluviais em quantidade consideráveis no período chuvoso
Op8	Testes de Qualidade de Esgoto Realizados	testes/ano	Quantidade total de análises de esgotos realizadas / Quantidade total de análises exigidas pela Norma * 100
Op9	Duração Média dos Extravasamentos de Esgotos Registrados	h/extrav.	Duração dos extravasamentos de esgotos registrados / Quantidade de extravasamentos de esgotos
Op10	Existem Programas de Manutenção Preventiva	-	Verifica se a prestadora de serviço mantém programas de manutenção preventiva a fim de evitar falhas e aumentar a vida útil das estruturas do sistema de esgoto.
<b>Indicadores de Qualidade</b>			
Q1	População Residente Conectada à Rede Coletora	%	População residente conectada à rede coletora / População residente * 100
Q2	População Residente Servida por ETE	%	População residente servida por estação de tratamento / População residente * 100
Q3	População Residente Servida por Sistema Individual com Uso de Fossa Séptica	%	População residente servida por fossa séptica / População residente servida por solução individual * 100
Q4	Esgoto Tratado na ETE	%	Volume de esgoto tratado nas estações de tratamento / Volume de esgoto lançado na rede coletora * 100
Q5	Total de Reclamações	n°/1000 hab./ano	Quantidade de reclamações relativas ao SES / População residente * 1000
Q6	Reclamações por Motivo de Entupimentos	n°/1000 hab./ano	Quantidade de reclamações relativas a obstruções na rede, durante o período de referência / População residente na data de referência * 1000
Q7	Reclamações por Motivo de Maus Odores	n°/1000 hab./ano	Quantidade de reclamações relativas a maus odores, durante o período de referência / População residente na data de referência * 1000
Q8	Respostas às Reclamações	%	Quantidade de respostas às reclamações / número total de reclamações
Q9	ETE Dispõe de Licença de Operação (LO)	S/N	Verifica se as ETEs possuem LO ativa.

Q10	ETE Dispõe de Outorga de Lançamento	S/N	Verifica se as ETEs possuem outorga ativa para lançamento de esgotos tratados em corpos hídricos.
<b>Indicadores Econômico-Financeiros</b>			
Fi1	Tarifa Média de Esgoto	\$/m <sup>3</sup>	Receita operacional direta de esgoto / Volume de esgoto coletado
Fi2	Despesa Total Unitária por População Equivalente	\$/p.e./ano	Despesa corrente + despesa de capital relacionada com os serviços de esgotamento sanitário / População equivalente servida
Fi3	Despesas com Energia por Volume de Esgoto Faturado	(\$/1000m <sup>3</sup> )	Despesa com energia / 1000m <sup>3</sup> de esgoto faturado
Fi4	Despesas com Materiais, Produtos Químicos e Outros Insumos por Volume de Esgoto Faturado	(\$/1000m <sup>3</sup> )	Despesa com materiais, produtos químicos e outros insumos / 1000m <sup>3</sup> de esgoto faturado
Fi5	Despesas com Pessoal Total por Volume de Esgoto Faturado	(\$/1000m <sup>3</sup> )	Despesa com pessoal total / 1000m <sup>3</sup> de esgoto faturado
Fi6	Despesas com Tratamento de Esgotos por Volume de Esgoto Faturado	(\$/1000m <sup>3</sup> )	Despesa corrente com tratamento dos esgotos / 1000m <sup>3</sup> de esgoto faturado
Fi7	Despesa de Exploração por m <sup>3</sup> Faturado	\$/m <sup>3</sup>	Despesa de exploração / Volume total faturado
Fi8	Despesa de Exploração por Economia	\$/ano/econ.	Despesa de exploração / Quantidade de economias
Fi9	Balanço Receita Operacional Direta Total vs. Despesas Totais com os Serviços	%	Receita operacional direta total (água e esgoto) / Despesas totais com serviços * 100
Fi10	Margem da Despesa de Exploração	%	Despesa de exploração / receita operacional direta total (água e esgoto) * 100
Fi11	Existe Fundo de Investimento para Melhoria e Ampliação do Sistema	S/N	Verifica se a prestadora de serviços mantém um fundo de investimento para benefício do sistema.
Fi12	Investimento em Esgotamento Sanitário por Déficit de Atendimento Urbano	\$/pop.urb <sup>2</sup> /pop. atend.	Investimento realizado em esgotamento pela prestadora/(população urbana*população urbana/ população atendida pelos serviços de esgotamento)

## APÊNDICE F – DADOS DO SNIS DO ANO DE 2015

Município	Brasília	Cidade Ocidental	Cristalina	Formosa	Luziânia	Mimoso de Goiás	Novo Gama	Padre Bernardo	Planaltina	Santo Antônio do Descoberto	Valparaíso de Goiás	Buritis	Unaí
Estado	DF	GO	GO	GO	GO	GO	GO	GO	GO	GO	GO	MG	MG
G06B - População urbana residente do(s) município(s) com esgotamento sanitário (Habitantes)	2.815.086	50.145	43.964	103.195	181.005	1.256	105.502	12.134	83.117	62.862	153.255	17.243	66.606
G12B - População total residente do(s) município(s) com esgotamento sanitário, segundo o IBGE (Habitantes)	2.914.830	64.229	53.300	112.236	194.039	2.715	106.677	31.129	87.474	69.988	153.255	24.351	82.887
POP_TOT - População total do município do ano de referência (Fonte: IBGE): (Habitantes)	2.914.830	64.229	53.300	112.236	194.039	2.715	106.677	31.129	87.474	69.988	153.255	24.351	82.887
POP_URB - População urbana do município do ano de referência (Fonte: IBGE): (Habitantes)	2.815.086	50.145	43.964	103.195	181.005	1.256	105.502	12.134	83.117	62.862	153.255	17.243	66.606
ES001 - População total atendida com esgotamento sanitário (Habitantes)	2.463.322	31.753	12.008	62.043	32.304	1.256	23.752	12.134	31.872	36.208	63.595	4.780	60.087
ES002 - Quantidade de ligações ativas de esgotos (Ligações)	514.281	9.433	3.706	19.290	9.246	510	5.880	4.178	8.856	9.711	16.506	2.109	18.895
ES003 - Quantidade de economias ativas de esgotos (Economias)	876.937	9.994	4.121	21.266	10.894	525	7.318	4.463	9.955	11.296	20.740	2.306	22.362
ES004 - Extensão da rede de esgotos (km)	6.112,83	52,55	80,45	235,26	100,76	18,17	36,56	36,69	69,04	62,06	99,21	21,32	260,58
ES005 - Volume de esgotos coletado (1.000 m³/ano)	130.577,00	1.088,75	509,8	2.515,23	1.513,44	46,59	866,64	470,22	950,44	1.331,06	2.319,15	192,97	3.548,20
ES006 - Volume de esgotos tratado (1.000 m³/ano)	130.577,00	1.088,75	509,8	2.515,23	1.513,44	46,59	866,64	470,22	950,44	1.331,06	2.319,15	0	2.459,86
ES007 - Volume de esgotos faturado (1.000 m³/ano)	155.090,00	1.088,75	509,8	2.515,23	1.513,44	46,59	866,64	470,22	950,44	1.331,06	2.319,15	295,4	2.459,86
ES008 - Quantidade de economias residenciais ativas de esgotos (Economias)	828.607	9.029	3.555	19.217	9.503	467	6.892	3.792	8.916	10.422	19.597	1.959	22.253
ES009 - Quantidade de ligações totais de esgotos (Ligações)	699.850	9.466	3.707	19.883	9.298	510	5.881	4.178	8.874	9.791	16.521	2.109	20.029
ES026 - População urbana atendida com esgotamento sanitário (Habitantes)	2.379.029	31.753	12.008	62.043	32.304	1.256	23.752	12.134	31.872	36.208	63.595	4.780	60.087

ES028 - Consumo total de energia elétrica nos sistemas de esgotos (1.000 kWh/ano)	58.907,00	658,2	7,62	1.291,88	191,77	10,68	55,57	26,99	5,76	190,63	715,79	24,12	1.029,61
FN001 - Receita operacional direta total (R\$/ano)	1.486.620.835,10	16.623.967,93	8.833.149,25	28.869.377,94	31.371.100,93	418.029,49	19.386.276,62	4.237.158,51	19.676.076,13	14.017.704,59	35.662.938,83	3.403.753,59	13.165.428,06
FN003 - Receita operacional direta de esgoto (R\$/ano)	668.576.401,00	3.545.007,67	1.802.031,46	8.668.167,73	5.718.538,82	157.529,07	2.883.288,74	1.596.696,00	3.253.632,36	4.442.869,38	7.718.046,10	522.476,30	4.534.604,56
FN004 - Receita operacional indireta (R\$/ano)	67.201.920,00	241.189,76	75.586,99	225.068,80	718.434,95	3.148,85	230.321,09	37.475,43	251.698,67	145.340,29	376.443,31	77.833,06	1.704.955,56
FN005 - Receita operacional total (direta + indireta) (R\$/ano)	1.553.822.755,10	16.865.157,69	8.908.736,24	29.094.446,74	32.089.535,88	421.178,34	19.616.597,71	4.274.633,94	19.927.774,80	14.163.044,88	36.039.382,14	3.481.586,65	14.870.383,62
FN010 - Despesa com pessoal próprio (R\$/ano)	676.963.815,00	5.968.617,98	3.211.772,02	9.377.671,51	10.520.684,75	301.276,18	7.800.334,77	2.287.039,71	7.392.210,91	4.222.158,42	11.226.461,39	1.917.337,24	6.007.487,36
FN013 - Despesa com energia elétrica (R\$/ano)	101.123.213,00	3.130.886,44	1.197.093,58	2.217.748,06	5.118.715,45	45.702,46	2.670.173,12	914.808,77	3.138.260,56	1.185.867,26	3.109.006,60	271.610,90	2.336.000,64
FN014 - Despesa com serviços de terceiros (R\$/ano)	183.489.313,00	1.968.027,17	969.368,58	3.208.823,50	5.352.605,58	69.910,49	3.411.163,66	575.423,06	3.593.421,45	1.678.329,22	3.877.629,83	221.156,38	1.395.169,90
FN015 - Despesas de Exploração (DEX) (R\$/ano)	1.274.785.079,00	13.660.393,98	6.314.408,90	21.753.745,44	25.138.042,16	561.567,03	20.283.489,65	4.663.567,02	18.061.138,50	9.700.857,72	24.898.808,74	2.887.946,50	12.255.522,68
FN017 - Despesas totais com os serviços (DTS) (R\$/ano)	1.592.289.297,00	15.341.768,27	7.273.451,65	28.524.441,91	34.261.850,52	921.709,56	23.142.034,24	6.044.629,86	20.584.900,67	10.739.042,08	28.695.077,10	3.991.884,93	15.046.840,48
FN024 - Investimento realizado em esgotamento sanitário pelo prestador de serviços (R\$/ano)	59.421.444,53	12.450,69	3.239.470,05	14.377.947,15	5.491.650,39	41.650,00	170.440,41	1.222.007,02	13.787.905,94	1.143.735,27	1.117.016,77	0	0
FN026 - Quantidade total de empregados próprios (Empregados)	2.528	29	16	68	71	3	35	17	32	22	50	21	126
QD011 - Quantidades de extravasamentos de esgotos registrados (Extravasamentos/ano)	52.563	147	248	2.570	384	21	371	254	552	982	86	56	12
QD012 - Duração dos extravasamentos registrados (Horas/ano)	1.565.309,00	3.944,00	2.894,00	41.986,00	4.235,00	1.946,00	8.413,00	1.610,00	7.373,00	24.473,00	1.264,00	342,47	150
QD023 - Quantidade de reclamações ou solicitações de serviços (Reclamações/ano)	485.430	17.164	5.764	25.243	35.583	222	19.159	3.416	12.147	10.661	30.308	10.990	17.923
QD024 - Quantidade de serviços executados (Serviços/ano)	306.192	16.712	5.753	25.160	35.525	222	18.883	3.412	12.106	10.547	30.306	9.712	17.226
QD025 - Tempo total de execução dos serviços (Horas/ano)	19.984.345,00	764.486,00	197.403,00	892.299,00	1.250.927,00	18.284,00	884.177,00	37.245,00	228.122,00	821.053,00	581.124,00	311.318,67	34.452,00

IN002_AE - Índice de produtividade: economias ativas por pessoal próprio (econ./empreg.)	720,1	1.196,45	1.038,77	862,48	843,79	383,83	1.117,01	575,79	1.315,56	1.415,37	1.547,78	430,74	363,32
IN003_AE - Despesa total com os serviços por m3 faturado (R\$/m³)	4,68	3,93	3,5	4,12	4,72	8,99	4,86	5,65	4,46	3,06	3,54	3,43	1,99
IN004_AE - Tarifa média praticada (R\$/m³)	4,37	4,26	4,24	4,17	4,32	4,08	4,07	3,96	4,27	3,99	4,4	2,92	1,74
IN006_AE - Tarifa média de esgoto (R\$/m³)	4,31	3,26	3,53	3,45	3,78	3,38	3,33	3,4	3,42	3,34	3,33	1,77	1,84
IN008_AE - Despesa média anual por empregado (R\$/empreg.)	264.438,99	198.953,93	207.211,10	142.085,93	154.715,95	100.425,39	229.421,61	134.531,75	234.673,36	205.958,95	238.860,88	89.178,48	46.750,87
IN012_AE - Indicador de desempenho financeiro (percentual)	93,36	108,36	121,44	101,21	91,56	45,35	83,77	70,1	95,58	130,53	124,28	85,27	87,5
IN015_AE - Índice de coleta de esgoto (percentual)	82,17	38,55	32,2	56,99	26,36	82,84	22,23	80,33	25,79	60,87	40,03	24,76	78,01
IN016_AE - Índice de tratamento de esgoto (percentual)	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	0	69,33
IN018_AE - Quantidade equivalente de pessoal total (empregado)	3.254	40	20	89	103	4	49	21	47	29	63	24	158
IN019_AE - Índice de produtividade: economias ativas por pessoal total (equivalente) (econ./empreg. eqv.)	566,54	899,77	797,94	642,6	559,25	311,54	777,16	460,05	885,23	1.012,78	1.150,42	386,2	294,85
IN021_AE - Extensão da rede de esgoto por ligação (m/lig.)	9,93	5,78	21,97	12,45	11,01	35,84	6,4	8,81	8,81	6,66	6,2	10,29	12,56
IN026_AE - Despesa de exploração por m3 faturado (R\$/m³)	3,75	3,5	3,03	3,14	3,47	5,48	4,26	4,36	3,92	2,76	3,07	2,48	1,62
IN027_AE - Despesa de exploração por economia (R\$/ano/econ.)	691,52	380,58	392,17	382,16	438,12	487,68	534,08	476,43	435,84	334,34	342,27	311,84	262,5
IN030_AE - Margem da despesa de exploração (percentual)	85,75	82,17	71,49	75,35	80,13	134,34	104,63	110,06	91,79	69,2	69,82	84,85	93,09
IN041_AE - Participação da receita operacional direta de esgoto na receita operacional total (percentual)	43,03	21,02	20,23	29,79	17,82	37,4	14,7	37,35	16,33	31,37	21,42	15,01	30,49
IN042_AE - Participação da receita operacional indireta na receita operacional total (percentual)	4,32	1,43	0,85	0,77	2,24	0,75	1,17	0,88	1,26	1,03	1,04	2,24	11,47
IN046_AE - Índice de esgoto tratado referido à água consumida (percentual)	82,17	38,55	32,2	56,99	26,36	82,84	22,23	80,33	25,79	60,87	40,03	0	54,08
IN048_AE - Índice de produtividade: empregados próprios por 1000 ligações de água + esgoto (empreg./mil lig.)	2,27	0,88	1,03	1,26	1,3	2,68	1,04	1,84	0,83	0,81	0,75	2,49	3,23
IN059_AE - Índice de consumo de energia elétrica em sistemas de esgotamento sanitário (kWh/m³)	0,45	0,6	0,01	0,51	0,13	0,23	0,06	0,06	0,01	0,14	0,31	0,12	0,29
IN060_AE - Índice de despesas por consumo de energia elétrica nos sistemas de água e esgotos (R\$/kWh)	0,36	0,5	0,57	0,56	0,6	0,61	0,78	0,65	0,54	0,53	0,69	0,66	0,51

IN077_AE - Duração média dos reparos de extravasamentos de esgotos (horas/extrav.)	29,78	26,83	11,67	16,34	11,03	92,67	22,68	6,34	13,36	24,92	14,7	6,12	12,5
IN082_AE - Extravasamentos de esgotos por extensão de rede (extrav./Km)	8,6	2,8	3,08	10,92	3,81	1,16	10,15	6,92	8	15,82	0,87	2,63	0,05
IN083_AE - Duração média dos serviços executados (hora/serviço)	65,27	45,74	34,31	35,46	35,21	82,36	46,82	10,92	18,84	77,85	19,18	32,06	2
IN102_AE - Índice de produtividade de pessoal total (equivalente) (ligações/empregados)	346,91	851,31	743,75	591,89	510,43	302,6 1	667,64	434,76	811,62	886,37	995,79	360,4 5	251,56

## APÊNDICE G – DADOS DOS SESs DOS ESTUDOS DE CASO

### MUNICÍPIO DE FORMOSA - GO

Cód.	INDICADOR	DADO BRUTO	INTERVALO DE RESPOSTA	ESTADO	INTERVALO ELECTRE TRI	ESCALA TRANSFORM.	PESO	VALOR FINAL	SOMA DA DIMENSÃO
<b>Dimensão Planejamento</b>									
P1	Existe Plano de Saneamento Básico Municipal	NÃO	(-)	MI	0 a 0,250	0,125	0,25	0,031	0,456
P2	Existem Metas de Melhorias Contínuas	0	0	MI	0 a 0,250	0,125	0,1	0,013	
P3	Existe Plano Diretor Municipal	Sim, atualizado em 2017.	Atualizado < 4 anos	MS	0,751 a 1	0,875	0,1	0,088	
P4	Plano Diretor Municipal está Articulado com o planejamento do saneamento básico	Parcialmente	(+)	S	0,501 a 0,750	0,625	0,25	0,156	
P5	Existência de Comitê de Bacia Hidrográfica Organizado e Atuante no Município	Existente	(+)	S	0,501 a 0,750	0,625	0,15	0,094	
P6	Estudos da Topografia e Geografia Local		a		SEM DADO	0,5	0,15	0,075	
<b>Dimensão Ambiental</b>									
A1	Teste de Qualidade dos Esgotos Realizado dentro do Padrão Exigido pela Norma	93,4	90 a 98	S	0,501 a 0,750	0,606	0,179	0,109	0,426
A2	Atendimento da ETE ao Padrão de Lançamento	75	0 a 80	MI	0 a 0,250	0,234375	0,179	0,042	
A3	Reuso do Efluente	NÃO	(-)	I	0 a 0,250	0,375	0,072	0,009	
A5	Existe Solução para os Gases de Efeito Estufa	NÃO	(-)	MI	0 a 0,250	0,125	0,072	0,009	
A6	Ocorrência de Incidentes de Poluição na Rede	10,92	17,4 a 10	MI	0 a 0,250	0,218918919	0,179	0,039	

A7	Ocorrência de Incidentes de Poluição na ETE	0	0	MS	0,751 a 1	0,875	0,107	0,094
A9	Prestadora de Serviços Possui Programas e/ou Projetos de Educação Ambiental	0	0	MI	0 a 0,250	0,125	0,107	0,013
A10	Existe Fiscalização Sobre os Caminhões Limpa-fossas	Sim, totalmente eficaz.	(+)	MS	0,751 a 1	0,875	0,107	0,094

**Dimensão Recurso Humanos**

Rh1	Funcionários Trabalhando na ETE por Automação da ETE		a		SEM DADO	0,5	0,2	0,100	0,546
Rh2	Pessoal Total por Extensão de Rede	14,8	10 a 15	I	0,251 a 0,500	0,49	0,08	0,039	
Rh3	Índice de Produtividade de Pessoal Total	591,89	500 a 599	S	0,501 a 0,750	0,732045455	0,2	0,146	
Rh4	Índice de Funcionários de Operação e Manutenção		a		SEM DADO	0,5	0,08	0,040	
Rh5	Treinamento dos Funcionários		a		SEM DADO	0,5	0,2	0,100	
Rh6	Acidentes de Trabalho		a		SEM DADO	0,5	0,12	0,060	
Rh7	Acidentes Fatais ou Permanentes no Trabalho		a		SEM DADO	0,5	0,12	0,060	

**Dimensão Infraestrutura**

Ie1	Utilização de Estações de Tratamento	80	70 a 85	MS	0,751 a 1	0,916666667	0,2	0,183	0,483
Ie2	Índice de Bombeamento na ETE		a		SEM DADO	0,5	0,08	0,040	
Ie3	Índice de Estações Elevatórias Críticas	0	10 a 0	MS	0,751 a 1	1	0,08	0,080	
Ie4	Índice de Automação do Sistema	0	(-)	MI	0 a 0,250	0,125	0,2	0,025	
Ie5	Extensão de Rede Por Ligação	12,45	16 a 12	I	0,251 a 0,500	0,471875	0,2	0,094	
Ie6	Estado de Conservação das Estruturas da ETE	Ruim a péssima	(-)	MI	0 a 0,250	0,125	0,12	0,015	
Ie7	Estado de Conservação das Estruturas de Coleta e Transporte de Esgoto	Regular	(-)	I	0,251 a 0,500	0,375	0,12	0,045	

**Dimensão Operacional**

Op1	Consumo de Energia Padrão	0,51	0,6 a 0,4	I	0,251 a 0,500	0,3625	0,142	0,051	0,438
Op2	Aproveitamento Energético na ETE	0	(-)	MI	0 a 0,250	0,125	0,142	0,018	
Op3	Entupimento de Rede	14,35	19 a 10	I	0,251 a 0,500	0,379166667	0,061	0,023	
Op4	Ruptura de Rede	0	(+)	MS	0,751 a 1	0,875	0,061	0,053	
Op5	Falha de Bombas		a		SEM DADO	0,5	0,091	0,046	
Op6	Falha Energética		a		SEM DADO	0,5	0,061	0,031	
Op7	ETE Recebe Águas Pluviais	Sim, prejudicando o tratamento de esgotos somente em precipitações fortes.	(+)	S	0,501 a 0,750	0,625	0,091	0,057	
Op8	Testes de Qualidade de Esgoto Realizados		a		SEM DADO	0,5	0,142	0,071	
Op9	Duração média dos reparos de extravasamentos de esgotos	16,34	20 a 10	S	0,501 a 0,750	0,5915	0,091	0,054	
Op10	Existem Programas de Manutenção Preventiva	NÃO	(-)	I	0 a 0,250	0,375	0,091	0,011	

**Dimensão Qualidade**

Q1	População Residente Conectada à Rede Coletora	60,12	55 a 80	I	0,251 a 0,500	0,3012	0,143	0,043	0,530
Q2	População Residente Servida por ETE	60,12	55 a 80	I	0,251 a 0,500	0,3012	0,143	0,043	
Q3	Condições das Fossas Utilizadas	Fossas rudimentares na maioria dos domicílios.	(-)	I	0,251 a 0,500	0,375	0,086	0,032	
Q4	Esgoto Tratado na ETE	100	98 a 100	MS	0,751 a 1	1	0,143	0,143	
Q5	Total de Reclamações	85,86	150 a 80	S	0,501 a 0,750	0,729071429	0,143	0,104	
Q6	Reclamações por Motivo de Entupimentos	84,33	90 a 70	I	0,251 a 0,500	0,320935799	0,086	0,028	

Q7	Reclamações por Motivo de Maus Odores		a		SEM DADO	0,5	0,057	0,029
Q8	Respostas às Reclamações	80,55	80 a 90	S	0,501 a 0,750	0,51375	0,086	0,044
Q9	ETE Dispõe de Licença de Operação (LO)	Licença de operação regular e cumprimento parcial das condicionantes.	(+)	S	0,501 a 0,750	0,625	0,057	0,036
Q10	ETE Dispõe de Outorga de Lançamento		a		SEM DADO	0,5	0,057	0,029

**Dimensão Econômico-financeira**

Fi1	Tarifa Média de Esgoto	3,45	3,5 a 2,5	S	0,501 a 0,750	0,5125	0,125	0,064	0,523
Fi2	Despesa Total Unitária por População Equivalente		a		SEM DADO	0,5	0,125	0,063	
Fi3	Despesas com Energia por Volume de Esgoto Faturado	286,76	350 a 200	MI	0 a 0,250	0,1054	0,125	0,013	
Fi4	Despesas com Materiais, Produtos Químicos e Outros Insumos por Volume de Esgoto Faturado		a		SEM DADO	0,5	0,05	0,025	
Fi5	Despesas com Pessoal Total por m³ Faturado	1,82	2,2 a 1,5	MS	0,751 a 1	0,885714286	0,05	0,044	
Fi6	Despesas com Tratamento de Esgotos por Volume de Esgoto Faturado		a		SEM DADO	0,5	0,125	0,063	
Fi7	Despesa de Exploração por m³ Faturado	3,14	4,5 a 3	I	0,251 a 0,500	0,476666667	0,075	0,036	
Fi8	Despesa de Exploração por Economia	382,16	400 a 300	S	0,501 a 0,750	0,5446	0,05	0,027	
Fi9	Balanço Receita Operacional Direta Total vs. Despesas Totais com os Serviços	101,21	100 a 150	MS	0,751 a 1	0,75605	0,075	0,057	
Fi10	Margem da Despesa de Exploração	75,35	100 a 70	S	0,501 a 0,750	0,705416667	0,05	0,035	
Fi11	Existe Fundo de Investimento para Melhoria e Ampliação do Sistema		a		SEM DADO	0,5	0,075	0,038	

Fi12	Investimento em Esgotamento Sanitário por Déficit de Atendimento Urbano	83,77	80 a 110	MS	0,751 a 1	0,781416667	0,075	0,059	
------	---	-------	----------	----	-----------	-------------	-------	-------	--

**MUNICÍPIO DE LUZIÂNIA - GO**

<b>Cód.</b>	<b>INDICADOR</b>	<b>DADO BRUTO</b>	<b>INTERVALO DE RESPOSTA</b>	<b>ESTADO</b>	<b>INTERVALO ELECTRE TRI</b>	<b>ESCALA TRANSFORM.</b>	<b>PESO</b>	<b>VALOR FINAL</b>	<b>SOMA DA DIMENSÃO</b>
<b>Dimensão Planejamento</b>									
P1	Existe Plano de Saneamento Básico Municipal	SIM	(+)	MS	0,751 a 1	0,875	0,25	0,219	0,569
P2	Existem Metas de Melhorias Contínuas	0	(-)	MI	0 a 0,250	0,125	0,1	0,013	
P3	Existe Plano Diretor Municipal	Sim, atualizado em 2006.	Atualizado > 7 anos	I	0,251 a 0,500	0,375	0,1	0,038	
P4	Plano Diretor Municipal está Articulado com o planejamento do saneamento básico	NÃO	(-)	I	0 a 0,250	0,375	0,25	0,031	
P5	Existência de Comitê de Bacia Hidrográfica Organizado e Atuante no Município	Sim, em atuação	(+)	MS	0,751 a 1	0,875	0,15	0,131	
P6	Estudos da Topografia e Geografia Local		a		SEM DADO	0,5	0,15	0,075	
<b>Dimensão Ambiental</b>									
A1	Teste de Qualidade dos Esgotos Realizado dentro do Padrão Exigido pela Norma	96,67	90 a 98	S	0,501 a 0,750	0,708	0,179	0,127	0,525
A2	Atendimento da ETE ao Padrão de Lançamento	83,33	80 a 90	I	0,251 a 0,500	0,333	0,179	0,060	
A3	Reuso do Efluente	NÃO	(-)	I	0 a 0,250	0,125	0,072	0,009	

A5	Existe Solução para os Gases de Efeito Estufa Advindos do Tratamento	NÃO	(-)	MI	0 a 0,250	0,125	0,072	0,009	
A6	Ocorrência de Incidentes de Poluição na Rede	3,81	5 a 0,6	S	0,501 a 0,750	0,568	0,179	0,102	
A7	Ocorrência de Incidentes de Poluição na ETE	0	(+)	MS	0,751 a 1	0,875	0,107	0,094	
A9	Prestadora de Serviços Possui Programas e/ou Projetos de Educação Ambiental	0	0	MI	0 a 0,250	0,125	0,107	0,013	
A10	Existe Fiscalização Sobre os Caminhões Limpa-fossas	Sim, totalmente eficaz.	(+)	MS	0,751 a 1	0,875	0,107	0,094	
<b>Dimensão Recurso Humanos</b>									
Rh1	Funcionários Trabalhando na ETE por Automação da ETE		a		SEM DADO	0,500	0,2	0,100	0,490
Rh2	Pessoal Total por Extensão de Rede	11,2	10 a 15	I	0,251 a 0,500	0,310	0,08	0,025	
Rh3	Índice de Produtividade de Pessoal Total	510,43	500 a 599	S	0,501 a 0,750	0,526	0,2	0,105	
Rh4	Índice de Funcionários de Operação e Manutenção		a		SEM DADO	0,500	0,08	0,040	
Rh5	Treinamento dos Funcionários		a		SEM DADO	0,500	0,2	0,100	
Rh6	Acidentes de Trabalho		a		SEM DADO	0,500	0,12	0,060	
Rh7	Acidentes Fatais ou Permanentes no Trabalho		a		SEM DADO	0,500	0,12	0,060	
<b>Dimensão Infraestrutura</b>									
Ie1	Utilização de Estações de Tratamento	100	100 a 95	MI	0 a 0,250	0,000	0,2	0,000	0,427
Ie2	Índice de Bombeamento na ETE		a		SEM DADO	0,500	0,08	0,040	
Ie3	Índice de Estações Elevatórias Críticas	0	10 a 0	MS	0,751 a 1	1,000	0,08	0,080	
Ie4	Índice de Automação do Sistema	0	(-)	MI	0 a 0,250	0,125	0,2	0,025	
Ie5	Extensão de Rede Por Ligação	11,01	12 a 8	MS	0,751 a 1	0,812	0,2	0,162	

Ie6	Estado de Conservação das Estruturas da ETE	Bom	(+)	S	0,501 a 0,750	0,625	0,12	0,075	
Ie7	Estado de Conservação das Estruturas de Coleta e Transporte de Esgoto	Regular	(-)	I	0,251 a 0,500	0,375	0,12	0,045	
<b>Dimensão Operacional</b>									
Op1	Consumo de Energia Padrão	0,13	0,2 a 0	MS	0,751 a 1	0,838	0,142	0,119	0,527
Op2	Aproveitamento Energético na ETE	0	(-)	MI	0 a 0,250	0,125	0,142	0,018	
Op3	Entupimento de Rede	8,67	10 a 3	S	0,501 a 0,750	0,548	0,061	0,033	
Op4	Ruptura de Rede	0	(+)	MS	0,751 a 1	0,875	0,061	0,053	
Op5	Falha de Bombas		a		SEM DADO	0,500	0,091	0,046	
Op6	Falha Energética		a		SEM DADO	0,500	0,061	0,031	
Op7	ETE Recebe Águas Pluviais	Sim, prejudicando o tratamento de esgotos somente em precipitações fortes.	(+)	S	0,501 a 0,750	0,625	0,091	0,057	
Op8	Testes de Qualidade de Esgoto Realizados		a		SEM DADO	0,500	0,142	0,071	
Op9	Duração média dos reparos de extravasamentos de esgotos	11,03	20 a 10	S	0,501 a 0,750	0,724	0,091	0,066	
Op10	Existem Programas de Manutenção Preventiva	NÃO	(-)	I	0 a 0,250	0,375	0,091	0,011	
<b>Dimensão Qualidade</b>									
Q1	População Residente Conectada à Rede Coletora	17,85	0 a 55	MI	0 a 0,250	0,081	0,143	0,012	0,435
Q2	População Residente Servida por ETE	17,85	0 a 55	MI	0 a 0,250	0,081	0,143	0,012	

Q3	Condições das Fossas Utilizadas	Fossas rudimentares na maioria dos domicílios.	(-)	I	0,251 a 0,500	0,375	0,086	0,032
Q4	Esgoto Tratado na ETE	100	98 a 100	MS	0,751 a 1	1,000	0,143	0,143
Q5	Total de Reclamações	44,51	80 a 0	S	0,501 a 0,750	0,611	0,143	0,087
Q6	Reclamações por Motivo de Entupimentos	88,87	90 a 70	I	0,251 a 0,500	0,264	0,086	0,023
Q7	Reclamações por Motivo de Maus Odores		a		SEM DADO	0,500	0,057	0,029
Q8	Respostas às Reclamações	71,91	60 a 80	I	0,251 a 0,500	0,399	0,086	0,034
Q9	ETE Dispõe de Licença de Operação (LO)	Licença de operação regular e cumprimento parcial das condicionantes.	(+)	S	0,501 a 0,750	0,625	0,057	0,036
Q10	ETE Dispõe de Outorga de Lançamento		a		SEM DADO	0,500	0,057	0,029

**Dimensão Econômico-financeira**

Fi1	Tarifa Média de Esgoto	3,78	4 a 3,5	I	0,251 a 0,500	0,360	0,125	0,045
Fi2	Despesa Total Unitária por População Equivalente		a		SEM DADO	0,500	0,125	0,063
Fi3	Despesas com Energia por Volume de Esgoto Faturado	76,06	125 a 50	S	0,501 a 0,750	0,663	0,125	0,083
Fi4	Despesas com Materiais, Produtos Químicos e Outros Insumos por Volume de Esgoto Faturado		a		SEM DADO	0,500	0,05	0,025
Fi5	Despesas com Pessoal Total por m <sup>3</sup> Faturado	2,19	2,2 a 1,5	MS	0,751 a 1	0,754	0,05	0,038
Fi6	Despesas com Tratamento de Esgotos por Volume de Esgoto Faturado		a		SEM DADO	0,500	0,125	0,063

0,484

Fi7	Despesa de Exploração por m <sup>3</sup> Faturado	3,47	4,5 a 3	I	0,251 a 0,500	0,422	0,075	0,032
Fi8	Despesa de Exploração por Economia	438,12	500 a 400	I	0,251 a 0,500	0,405	0,05	0,020
Fi9	Balanço Receita Operacional Direta Total vs. Despesas Totais com os Serviços	91,56	90 a 100	S	0,501 a 0,750	0,539	0,075	0,040
Fi10	Margem da Despesa de Exploração	80,13	100 a 70	S	0,501 a 0,750	0,666	0,05	0,033
Fi11	Existe Fundo de Investimento para Melhoria e Ampliação do Sistema		a		SEM DADO	0,500	0,075	0,038
Fi12	Investimento em Esgotamento Sanitário por Déficit de Atendimento Urbano	5,41	0 a 20	MI	0 a 0,250	0,068	0,075	0,005

## APÊNDICE H – APLICAÇÃO DO PROCEDIMENTO DE AVALIAÇÃO NO ELECTRE TRI

É apresentada, a seguir, a sequência da aplicação do procedimento de avaliação no ELECTRE TRI, a fim de classificar os municípios quanto aos perfis de desempenho Muito Insatisfatório, Insatisfatório, Satisfatório ou Muito Satisfatório. O primeiro passo deu-se pela inserção dos valores gerais dos critérios – Figuras H.1 e H.2. Pode-se observar nas figuras a definição dos pesos e o sentido de crescimento dos indicadores que foram adotados.

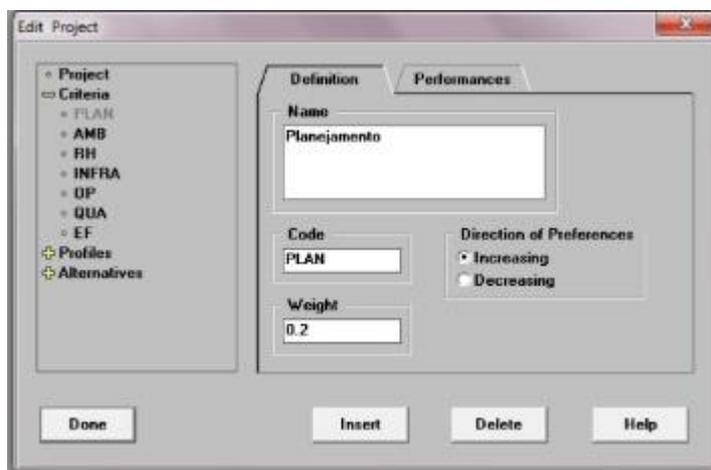


Figura H.1 – Inserção das dimensões.

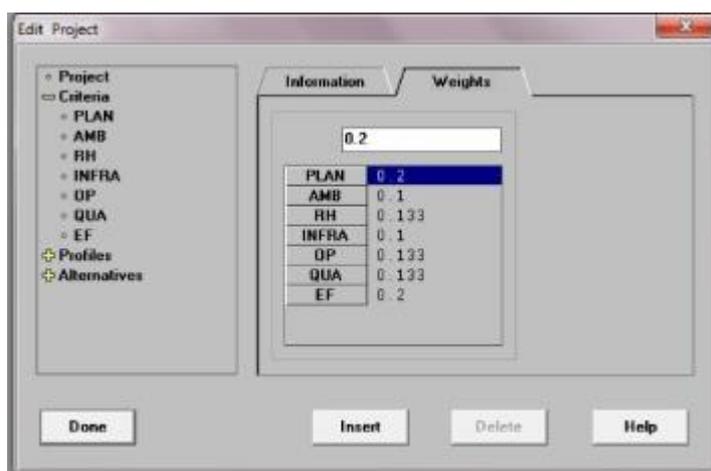


Figura H.2 – Inserção dos pesos das dimensões.

Depois, os perfis que delimitavam as categorias de desempenho foram inseridos, assim como os limiares de preferência e indiferença, para cada dimensão, como observa-se na Figura H.3. O panorama geral das categorias encontra-se na Figura H.4.

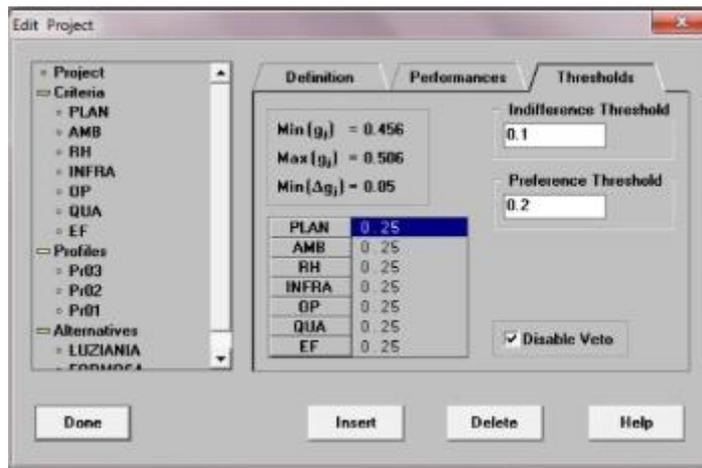


Figura H.3 – Inserção das categorias de desempenho e limiares.

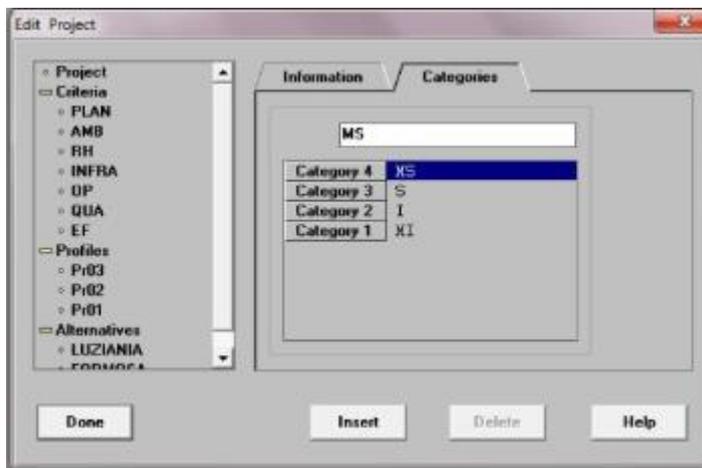


Figura H.4 – Panorama geral das categorias.

Na aba “alternativas” foram inseridas as performances das dimensões, conforme a Figura H.5. E, finalmente, o programa gerou os resultados para as alternativas avaliadas, Formosa e Luziânia, considerando as atribuições pessimista e otimista – Figura H.6.

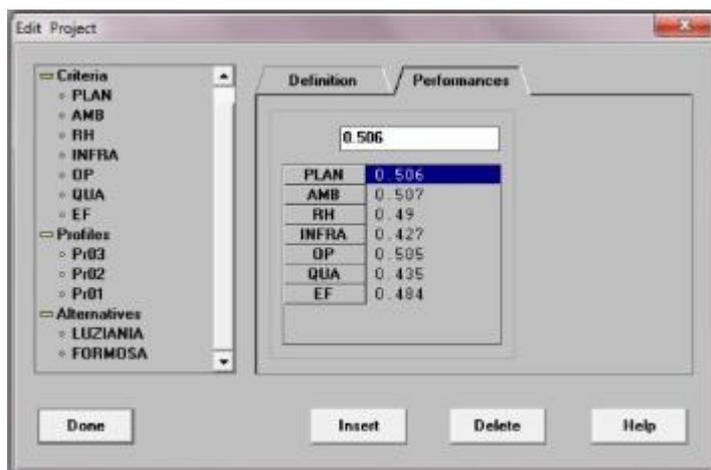


Figura H.5 – Inserção das performances das dimensões.

The 'Assignment by Alternative' dialog box displays a table with the following data:

Alternative Name	Pessimistic Assignment	Optimistic Assignment
LUZIANIA	S	S
FORMOSA	S	S

At the bottom of the dialog, the 'Cutting Level' is set to 0.76.

Figura H.6 – Apresentação dos resultados.