

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

**METODOLOGIA PARA AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO
OPERACIONAL DE ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ESGOTOS,
UTILIZANDO MÉTODOS MULTIOBJETIVO E INDICADORES**

REUEL LOPES DE PAULA

ORIENTADOR: MARCO ANTONIO ALMEIDA DE SOUZA

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

PUBLICAÇÃO: PTARH.DM – 151/2013

BRASÍLIA/DF: AGOSTO – 2013

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

**METODOLOGIA PARA AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO
OPERACIONAL DE ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ESGOTOS,
UTILIZANDO MÉTODOS MULTIOBJETIVO E INDICADORES**

REUEL LOPES DE PAULA

**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. Marco Antonio Almeida de Souza, PhD (UnB)
(Orientador)

Prof. Oscar de Moraes Cordeiro Netto, DSc (UnB)
(Examinador Interno)

Prof. Marcos von Sperling, PhD (UFMG)
(Examinador Externo)

BRASÍLIA/DF, 12 DE AGOSTO DE 2013.

FICHA CATALOGRÁFICA

de PAULA, R. L.

METODOLOGIA PARA AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO OPERACIONAL DE ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ESGOTOS, UTILIZANDO MÉTODOS MULTIOBJETIVO E INDICADORES.

xvi, 262p., 210 x 297 mm (ENC/FT/UnB, Mestre, Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos, 2013). Dissertação de Mestrado – Universidade de Brasília. Faculdade de Tecnologia. Departamento de Engenharia Civil e Ambiental.

1. AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO 2. MÉTODOS DE AUXÍLIO À DECISÃO
3. MÉTODOS MULTIOBJETIVO 4. INDICADORES DE DESEMPENHO

I. ENC/FT/UnB

II. Título (série)

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

de PAULA, R. L. (2013). *Metodologia para avaliação de desempenho operacional de estações de tratamento de esgotos, utilizando métodos multiobjetivo e indicadores*. Dissertação de Mestrado em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos, Publicação PTARH.DM-151/2013, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 262p.

CESSÃO DE DIREITOS

NOME DO AUTOR: Reuel Lopes de Paula

TÍTULO: Metodologia para avaliação de desempenho operacional de estações de tratamento de esgotos, utilizando métodos multiobjetivo e indicadores.

GRAU: Mestre

ANO: 2013

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 desta dissertação de mestrado pode ser reproduzida sem autorização por escrito do autor.

Reuel Lopes de Paula
Av. das Américas, 29.470, Bl D5, apt nº 201, Barra de Guaratiba CEP.: 23.020-470
Rio de Janeiro-RJ, Brasil
reuel.lp@gmail.com

Dedico à minha esposa Monaliza, minha vida, companheira de todos os momentos e estimuladora desse grande desafio. Aos meus filhos Deborah e Matheus, presentes de Deus e alegria constante da casa. Aos meus pais, exemplos de conhecimento, sabedoria e caráter, que conduziram minha educação e me motivaram a chegar até aqui.

AGRADECIMENTOS

A Deus por me capacitar no desenvolvimento deste trabalho, me dando saúde para superar as longas horas dedicadas, persistência para resistir aos dias maus, paciência para suportar as adversidades e intelecto para cumprir os objetivos propostos.

À minha esposa e filhos, que são os alicerces que amparam minha vida, pelo incentivo e compreensão pela minha ausência em diversos momentos que seriam destinados à convivência familiar.

Ao Exmo Gen Div Pedrosa Rêgo e Exmo Gen Bda Barroso Magno, ex-comandantes, por viabilizarem a realização do curso e pelo apoio na sua continuidade e conclusão.

Ao professor Marco Antônio pela orientação deste trabalho e por estar sempre disposto a transmitir sua experiência e conhecimentos com muito apreço, demonstrando, além de profissionalismo, uma consideração pessoal muito elevada para com seus orientados, indo além do dever.

Aos professores Oscar, Conceição e Cristina que contribuíram para o direcionamento deste trabalho com as sábias considerações realizadas nos seminários de Dissertação.

Ao professor Marcos e à Izabela, da UFMG, pelas contribuições, experiências compartilhadas e agradável convivência na participação do projeto da ADASA.

A todos os professores do PTARH por contribuírem com a minha formação acadêmica ao longo do curso.

Aos colegas do PTARH pela amizade e troca de experiências nas aulas e momentos de convivência no curso.

A todos os especialistas, usuários, prestadores e reguladores dos serviços de esgotamento sanitário que participaram da pesquisa realizada, contribuindo para o desenvolvimento deste trabalho.

RESUMO

METODOLOGIA PARA AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO OPERACIONAL DE ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ESGOTOS, UTILIZANDO MÉTODOS MULTI OBJETIVO E INDICADORES.

Este trabalho propõe uma metodologia para avaliação de desempenho, concentrando-se na avaliação de estações de tratamento de esgotos (ETEs), componente dos sistemas de esgotamento sanitário, sendo aplicada a um estudo de caso de três estações situadas no Distrito Federal, Brasil. Foram adotadas duas fases metodológicas. A primeira teve como objetivo pré-selecionar e avaliar os indicadores mais adequados para a avaliação de ETEs. A partir de um levantamento na literatura foram elencados 780 indicadores, pertencentes a 19 entidades da área de saneamento, sendo quatro nacionais e 15 internacionais. Adotando os critérios de recorrência, aplicabilidade e redundância o número inicial foi reduzido a 51 indicadores. Esse grupo compôs um banco de indicadores potenciais para avaliação de ETEs. Foi aplicado o método multiobjetivo AHP com *ratings* para avaliar a importância dos indicadores, com base nas perspectivas dos atores integrantes do contexto das estações. A segunda fase metodológica teve como objetivo classificar as ETEs em uma das categorias de desempenho adotadas no trabalho, excelente (E), muito bom (MB), bom (B), ruim (R) e muito ruim (MR). Para que a classificação fosse balizada na perspectiva normativa, foram propostos seis objetivos e 22 critérios, condizentes com os adotados na série ISO 24500, que trata das diretrizes de avaliação dos sistemas de saneamento. A partir dos critérios propostos e do banco de indicadores gerado, foram definidos 22 indicadores, podendo esse número variar dependendo da estação avaliada. Os métodos multiobjetivo ELECTRE TRI e TOPSIS modificado foram empregados na classificação. Os desempenhos das ETEs foram determinados de acordo com os resultados dos indicadores propostos, tendo como parâmetros de avaliação os perfis determinados para cada categoria. As três ETEs avaliadas tiveram o desempenho global convergido para a categoria B. A metodologia elaborada mostrou-se adequada à aplicação proposta, tendo a abrangência e flexibilidade necessárias para avaliar ETEs com sistemas, porte e situações de contexto diferenciados, conforme verificado no estudo de caso.

Palavras-chave: avaliação de desempenho, métodos de auxílio à decisão, métodos multiobjetivo, indicadores de desempenho.

ABSTRACT

METHODOLOGY FOR OPERATIONAL PERFORMANCE EVALUATION OF WASTE WATER TREATMENT PLANTS, EMPLOYING MULTIOBJECTIVE METHODS AND INDICATORS.

This work proposes a methodology for performance evaluation, focusing on assessment of waste water treatment plants (WWTP), component of waste water systems, being applied to a case study of three plants located in the Federal District, Brazil. The work contains two methodology phases. The first aimed to pre-select and evaluate the most appropriate indicators for the evaluation of WWTP. 780 indicators were selected from 19 different entities in sanitation's area, from which four were national. Adopting the criteria of recurrence, applicability and redundancy, the initial number of indicators was reduced to 51. This group composed a database of potential indicators for assessing of WWTP. The Multiobjective Method AHP with ratings was applied to assess the importance of indicators, based on the perspectives of stakeholders into the context of plants. The second phase methodology aimed to classify WWTPs into categories of performance adopted at work, Excellent (E), Very Good (MB), Good (B) Bad (R) and Very Bad (MR). To mark out the classification inside a normative perspective, six goals and 22 criteria were proposed, according to the ISO 24500 series, which defines the guidelines of assessment sanitation systems. From the suggestions criteria and bank's indicators, 22 indicators were primarily defined, what could change depending on the evaluated treatment plant. The Multiobjective methods ELECTRE TRI and modified TOPSIS were employed in classification. The performances of the WWTPs were determined according to the results of the proposed indicators, taking into consideration the parameters defined for each profile category. The three treatment plants evaluated had the overall performance converged to class B. The methodology developed was adequate for the application proposal, because it has the variety and flexibility needed to evaluate WWTP with systems, sizes and at different working situations, as seen in the case study.

Keyword: performance evaluation, decision aid methods, multiobjective methods, performance indicator.

SUMÁRIO

1 - INTRODUÇÃO	1
2 - OBJETIVOS	5
2.1 - GERAL.....	5
2.2 - ESPECÍFICOS	5
3 - FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	6
3.1 - SISTEMA DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO	6
3.2 - AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO	11
3.2.1 - Indicadores de desempenho (ID).....	13
3.2.2 - <i>Balanced Scorecard</i> (BSC)	15
3.3 - MÉTODOS DE AUXÍLIO À DECISÃO	16
3.3.1 - Métodos Multiobjetivo e Multicritério.....	18
3.3.2 - Conjuntos difusos (<i>fuzzy set</i>).....	41
3.4 - MÉTODOS DE AUXÍLIO À DECISÃO EM GRUPO	44
3.4.1 - Métodos qualitativos	44
3.4.2 - Métodos quantitativos	49
4 - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	55
4.1 - SISTEMAS DE INDICADORES DE DESEMPENHO	55
4.1.1 - Sistemas de indicadores na área de saneamento ambiental.....	59
4.1.2 - Sistemas de indicadores específicos para ETEs	73
5 - METODOLOGIA DE PESQUISA	77
5.1 - 1ª FASE: PRÉ-SELEÇÃO E AVALIAÇÃO DOS INDICADORES DE DESEMPENHO	81
5.2 - 2ª FASE: AVALIAÇÃO DAS ETEs	94
6 - ESTUDO DE CASO: AVALIAÇÃO DE ETEs NO DF.....	104
6.1 - SISTEMA DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO NO DISTRITO FEDERAL	104

6.2 - ETE BRASÍLIA NORTE (BN).....	108
6.3 - ETE SAMAMBAIA (Sam).....	113
6.4 - ETE SÃO SEBASTIÃO (SSeb).....	117
7 - RESULTADOS E DISCUSSÕES	121
7.1 - PRÉ-SELEÇÃO E AVALIAÇÃO DOS INDICADORES DE DESEMPENHO	121
7.2 - AVALIAÇÃO DAS ETEs	139
7.3 - ANÁLISE DOS RESULTADOS	168
8 - CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	172
8.1 - CONCLUSÕES.....	172
8.2 - RECOMENDAÇÕES	176
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	181
APÊNDICES	192
APÊNDICE A – LEVANTAMENTO DE INDICADORES DE DESEMPENHO.....	193
APÊNDICE B – INDICADORES PRÉ-SELECIONADOS.....	227
APÊNDICE C – CONSULTA AOS ATORES PARA AVALIAÇÃO DOS INDICADORES PRÉ-SELECIONADOS	230
APÊNDICE D – RESULTADOS DA CONSULTA AOS ATORES.....	239
APÊNDICE E – RESULTADOS DA AVALIAÇÃO DOS INDICADORES PRÉ- SELECIONADOS.....	255

LISTA DE TABELAS

Tabela 3.1 – Escala de comparação entre critérios.....	33
Tabela 4.1 – Iniciativas internacionais para construção de sistemas de IDs.	60
Tabela 4.2 – Iniciativas nacionais para construção de sistemas de IDs.	61
Tabela 4.3- Entidades, localidades e objetivos da utilização de sistemas de IDs.....	62
Tabela 5.1 – Escala de comparação entre critérios.....	86
Tabela 6.1 - Dados de projeto e operação das ETEs do DF (CAESB, 2012)	107
Tabela 6.2 – Estatística descritiva dos indicadores da ETE Brasília Norte para o período de janeiro de 2007 a dezembro de 2010 (Barros, 2012).....	112
Tabela 6.3 – Estatística descritiva dos indicadores da ETE Samambaia para o período de janeiro de 2007 a dezembro de 2010 (Barros, 2012).....	116
Tabela 6.2 – Estatística descritiva dos indicadores da ETE São Sebastião para o período de janeiro de 2007 a dezembro de 2010 (Barros, 2012).....	120
Tabela 7.1 – Critérios levantados para seleção dos indicadores de desempenho (Meadows, 1998; Bossel, 1999; Brostel, 2002; Malheiros <i>et al.</i> , 2006; Miranda e Teixeira, 2004; e von Sperling, 2010).	124
Tabela 7.2 – Critérios de avaliação dos indicadores adotados	125
Tabela 7.3 – Participação dos atores no emprego do Método Delphi simplificado	133
Tabela 7.4 – 1ª linha da Tabela D.1 com a média aritmética das avaliações dos especialistas em relação ao indicador “incidência dos processos judiciais recebidos”, considerando o critério “importância”.....	135
Tabela 7.5 – Resultado final da avaliação dos indicadores pré-selecionados pelos atores	138
Tabela 7.6 – Objetivos escolhidos para a avaliação das ETEs.....	141
Tabela 7.7 – Critérios selecionados em relação aos objetivos de avaliação das ETEs	142
Tabela 7.8 – Indicadores selecionados em relação aos critérios de avaliação das ETEs ..	144
Tabela 7.9 – Avaliação das ETEs em cada indicador de desempenho.....	147
Tabela 7.10 – Matriz de avaliação.....	149
Tabela 7.11 – Categorias de desempenho e limiares de indiferença, preferência e veto para a ETE Brasília Norte.....	155
Tabela 7.12 – Categorias de desempenho e limiares de indiferença, preferência e veto para a ETE Samambaia.	156

Tabela 7.13 – Categorias de desempenho e limiares de indiferença, preferência e veto para a ETE São Sebastião.....	157
Tabela 7.14 – Desempenhos individuais das ETEs nos indicadores avaliados.....	158
Tabela 7.15 – Matriz de avaliação da ETE Brasília Norte (BN).....	159
Tabela 7.16 – Matriz de avaliação da ETE Samambaia (Sam)	160
Tabela 7.17 – Matriz de avaliação da ETE São Sebastião (SSeb)	160
Tabela 7.18 – Resultados da avaliação empregando o método ELECTRE TRI.....	161
Tabela 7.19 – Resultados da avaliação empregando o método TOPSIS modificado.....	164
Tabela 7.20 – Desempenhos parciais e global da ETE Brasília Norte	166
Tabela 7.21 – Desempenhos parciais e global da ETE Samambaia.....	167
Tabela 7.22 – Desempenhos parciais e global da ETE São Sebastião	167
Tabela A.1 – Levantamento de indicadores de desempenho (ISO, 2007; Ximenes, 2006; ABES, 2010; PMSS, 2009; Matos <i>et al.</i> , 2003; IRAR, 2008; ERSAR e LNEC, 2010, ADERASA, 2007; IBNET, 2012; Stahre e Adamsson, 2004; WSAA, 2009; AWWA, 2009; OFWAT, 2007; ANA, 2002; Brostel, 2002).....	193
Tabela B.1 – Indicadores pré-selecionados, com unidade de medida, dimensão e entidades que os empregam.	227
Tabela D.1 – Resultados da consulta aos atores coletados com o programa Lime Survey.	239
Tabela D.2 – Resultados da consulta aos atores para avaliar os pesos dos critérios empregando a comparação pareada do Método AHP.....	253
Tabela E.1 – Resultados da avaliação dos Usuários empregando o método AHP com ratings.....	255
Tabela E.2 – Resultados da avaliação dos Prestadores de Serviço empregando o método AHP com ratings.....	256
Tabela E.3 – Resultados da avaliação dos Reguladores dos Serviços empregando o método AHP com ratings.	258
Tabela E.4 – Resultados da avaliação dos Especialistas empregando o método AHP com ratings.	260
Tabela E.5 – Resultados da avaliação Global empregando o método AHP com ratings e agregação AIP com pesos iguais entre os atores.	262

LISTA DE FIGURAS

Figura 3.1 - Tipos de problemática de auxílio à decisão (Brostel, 2002).....	20
Figura 3.2 – Definição das categorias com o uso dos perfis (Mousseau e Slowinski, 1998)	24
Figura 3.3 – Gráfico de preferências com pseudocritérios.....	25
Figura 3.4 – Relações de preferência.....	28
Figura 3.5 – Estrutura hierárquica do método AHP	33
Figura 3.6 - Sequência de resolução do AHP (Bottero <i>et al.</i> , 2011)	35
Figura 3.7 – Rede de controle (Figueiredo Junior, 2009).....	37
Figura 3.8 – Processo cognitivo de articulação de pensamento (Cruz , 2011).....	47
Figura 4.1 – Conteúdo e aplicação das normas (ABNT NBR ISO 24511, 2012).....	65
Figura 4.2 – Exemplos de relações pertinentes entre as partes interessadas para o estabelecimento dos objetivos, dos critérios de avaliação dos serviços e dos indicadores de desempenho (ABNT NBR ISO 24511, 2012).	66
Figura 4.3 - Componentes do sistema de avaliação da qualidade do serviço (LNEC e ERSAR, 2013)	67
Figura 4.4 - Fluxograma de procedimentos de implementação do sistema de avaliação (LNEC e ERSAR, 2013)	72
Figura 5.1 – Diagrama com as etapas metodológicas e métodos de apoio	77
Figura 5.2 – Processo de análise de decisão com as fases subdivididas	79
Figura 5.3 – Exemplo de estrutura hierárquica do método AHP com <i>ratings</i>	91
Figura 5.4 – Estrutura hierárquica de decisão	93
Figura 6.1 – Volume coletado e tratado de esgoto sanitário no Brasil (IBGE, 2011).	104
Figura 6.2 – Índice de coleta de esgotos por Região Administrativa no DF (CAESB, 2011).	105
Figura 6.3 – Fluxograma da ETE Brasília Norte (CAESB, 2011).	109
Figura 6.4 – Fluxograma da ETE Samambaia (CAESB, 2011).	113
Figura 6.5 – Fluxograma da ETE São Sebastião (CAESB, 2011).	117
Figura 7.1 – BSC adaptado contendo as perspectivas adotadas na pesquisa	123
Figura 7.2 – Comparação da consistência de medida com o emprego da média geométrica, superior, e da média aritmética, inferior.	127
Figura 7.3 - Pesos dos critérios na visão dos Usuários.....	128
Figura 7.4 – Comparação pareada dos critérios na visão dos Usuários	129

Figura 7.5 - Pesos dos critérios na visão do Prestador de Serviços.....	129
Figura 7.6 – Comparação pareada dos critérios na visão do Prestador de Serviços.....	130
Figura 7.7 - Pesos dos critérios na visão do Regulador dos Serviços	130
Figura 7.8 – Comparação pareada dos critérios na visão do Regulador.....	131
Figura 7.9 - Pesos dos critérios na visão dos Especialistas	132
Figura 7.10 – Comparação pareada dos critérios na visão dos Especialistas	132
Figura 7.11 – Matriz de avaliação dos Especialistas	135
Figura 7.12 – Avaliação global dos indicadores pré-selecionados.....	137
Figura 7.13 – Peso dos indicadores selecionados para a avaliação	145
Figura 7.14 – Resultados da avaliação com o método TOPSIS adaptado.....	165
Figura C.1 – Página inicial da consulta	230
Figura C.2 – Tela de aviso para finalização posterior do questionário	231
Figura C.3 – Identificação da esfera de atuação dos atores e de sua familiaridade com o tema	232
Figura C.4 - Verificação da importância das dimensões de avaliação das ETEs.....	233
Figura C.5 – Critérios de avaliação dos indicadores e escalas de valor atribuídas	234
Figura C.6 – Modelo de avaliação dos indicadores no questionário	235
Figura C.7 – Apresentação dos critérios e da escala de valor para ponderação dos critérios	236
Figura C.8 – Comparações pareadas dos critérios.....	237
Figura C.9 – Sugestões de novos critérios.....	238

LISTA DE SÍMBOLOS, NOMENCLATURA E ABREVIACÕES

AA	Abastecimento de Água
ABAR	Associação Brasileira das Agências de Regulação
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
AD	Avaliação de Desempenho
ADASA	Agência Reguladora de Águas Energia e Saneamento Básico do Distrito Federal
ADERASA	Asociación de Entes Reguladores de Agua Potable e Saneamiento de las Americas
AHP	Analytic Hierarchy Process
AIJ	Agregação Individual de Julgamentos
AIP	Agregação Individual de Prioridades
ANA	Agência Nacional das Águas
ANEU	Atendimento das Necessidades e Expectativas dos Usuários
ANP	Analytic Network Process
APESB	Associação Portuguesa para Estudos de Saneamento Básico
APRH	Associação Portuguesa de Recursos Hídricos
AWWA	American Water Works Association
BN	Brasília Norte
BSC	Balanced Scorecard
CAESB	Companhia de Saneamento Ambiental do Distrito Federal
CM	Consistency Measure
CP	Caixa de Passagem
DBO	Demanda Bioquímica de Oxigênio
DQO	Demanda Química de Oxigênio
EBE	Estação de Bombeamento de Esgoto
ELECTRE	Élimination et Choix Traduisant la Réalité
EPAs	Elementos Primários de Avaliação
ERSAR	Entidade Reguladora dos Serviços de Águas e Resíduos
ES	Esgotamento Sanitário
ES	Escoamento Superficial
ETEs	Estações de Tratamento de Esgotos

FUM	Função Utilidade Multidimensional
GAIA	Geometrical Analysis for Interactive Aid
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IBNET	International Benchmarking Network for Water and Sanitation Utilities
IDs	Indicadores de Desempenho
IMTA	Instituto Mexicano de Tecnologia da Água
IRAR	Instituto de Regulação de Águas e Resíduos de Portugal
ISSO	International Standardization Organization
IWA	International Water Association
L Na	Lagoa Anaeróbia
LAF	Lagoa Aerada Facultativa
LAMC	Lagoa Aerada de Mistura Completa
LAT	Lagoa de Alta Taxa
LF	Lagoa Facultativa
LM	Lagoa de Maturação
LNEC	Laboratório Nacional de Engenharia Civil
LP	Lagoa de Polimento
MACBETH	Measuring Attractiveness by a Categorical Based Evaluation Technique
MAUT	Multi-Attribute Utility Theory
MCDA	Multicriteria Decision Analysis
NBR	Norma Brasileira
NTK	Nitrogênio Total Kjeldhal
OCDE	Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico
OFWAT	Office of Water Services
PDS	Promoção do Desenvolvimento Sustentável
PMA	Proteção do Meio Ambiente
PNQS	Plano Nacional de Qualidade em Saneamento
PO	Pesquisa Operacional
PRODES	Programa de Despoluição de Bacias Hidrográficas
PROMETHEE	Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluations
PSP	Proteção da Saúde Pública
PSSNE	Prestação dos Serviços em Situações Normais e de Emergência
PT	Fósforo Total

PV	Poço de Visita
PVFs	Pontos de Vista Fundamentais
RAFA	Reator Anaeróbio de Fluxo Ascendente
RB	Reator Biológico
RBN	Remoção Biológica de Nutrientes
RBNB	Remoção Biológica de Nutrientes por Batelada
Sam	Samambaia
SIESG	Sinopse do Sistema de Esgotamento Sanitário do Distrito Federal
SNIS	Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento
SS	Sustentabilidade do serviço
SSCG	Six Scandinavian Cities Group
SSeb	São Sebastião
SST	Suspensão de Sólidos Totais
SWWA	Swedish Water & Wastewater Association
TIL	Tubo de Inspeção de limpeza
TL	Terminal de Limpeza
TODIM	Tomada de Decisão Interativa e Multicritério
TOPSIS	Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution
UASB	Upflow Anaerobic Sludge Blanket
WERF	Water Environment Research Foundation
WHO	World Health Organization
WSAA	Water Services Association of Australia

1 - INTRODUÇÃO

Os avanços da tecnologia da informação e a globalização estão permitindo que a gestão de empresas tanto no setor privado quanto no público se torne mais transparente e compartilhada. Os órgãos gestores, principalmente do setor público, de diversas partes do planeta têm compartilhado informações relativas aos desempenhos administrativos, técnicos, econômicos e ambientais. Essa nova realidade induz à comparação do desempenho desses órgãos, o que tem sido denominado de *benchmarking* dos desempenhos.

Com essa nova realidade global, a sociedade tem se conscientizado em relação à necessidade de reavaliar os reais ganhos obtidos por meio do crescimento econômico, a partir de um balanço que vem demonstrando elevados índices de prejuízos sociais e ambientais.

A principal mudança observada na última década foi a visão dos consumidores que vêm requerendo, progressivamente, um comportamento mais abrangente das empresas, indo além do processo produtivo propriamente dito, alterando, dessa forma, a relação produção-consumo.

O despertar da sociedade para os problemas econômicos, sociais e ambientais, como vistos nos movimentos sociais mais recentes, tem contribuído para o aperfeiçoamento dos sistemas de gestão, tanto públicos quanto privados. Isso ocorre porque a cobrança por melhores desempenhos tem elevado os padrões dos órgãos gestores, que passam a ser fiscalizados não apenas pelas agências de regulação, mas também pela sociedade.

Essas novas relações estabeleceram diretrizes para a ética nas relações entre os órgãos gestores e a sociedade, englobando, além da questão ambiental, o gerenciamento adequado dos recursos financeiros e humanos internos da estrutura produtiva, em face da implementação de políticas de segurança e saúde ocupacional, bem-estar e qualidade de vida (Sanches 2009).

Os modelos de gestão voltados à satisfação do cliente, à melhoria contínua da qualidade e à responsabilização pelas questões ambientais e sociais, têm sido cada vez mais utilizados pelas instituições que desejam permanecer competitivas. As empresas que trabalham com saneamento também têm procurado se adequar aos novos padrões de exigência de seus clientes. Em resposta a essa demanda, diversas técnicas de gerenciamento têm surgido visando a auxiliar as empresas na conquista da eficiência, da produtividade e da qualidade de seus serviços e produtos, como a reengenharia, o *benchmarking*, dentre outras (Brostel *et al.*, 2002).

Nesse contexto, surge também a necessidade de melhoria na gestão dos processos produtivos por parte dos órgãos do governo. Um sistema de informação regular sobre gestão e desempenho abre a possibilidade de maior eficiência na alocação de recursos físicos, financeiros, ambientais e humanos, incrementa a autonomia e a responsabilidade dos dirigentes, que passam a contar com bases sustentáveis de informação para a tomada de decisão, e ajuda a melhorar os sistemas de controle sobre os serviços públicos prestados à sociedade (Santos e Cardoso, 2001).

Visando aperfeiçoar a gestão e fiscalização dos prestadores de serviço de esgotamento sanitário no Distrito Federal, a Agência Reguladora de Águas, Energia e Saneamento Básico do Distrito Federal (ADASA) firmou um convênio com a Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), em conjunto com a Universidade de Brasília (UnB), para elaboração do projeto denominado Desenvolvimento de Metodologia para a Avaliação de Desempenho de Estações de Tratamento de Água e Esgotos no Distrito Federal. A presente pesquisa está inserida nesse projeto.

A avaliação de componentes do sistema de esgotamento sanitário é o foco deste trabalho, bem como do projeto citado. De acordo com Philippi Jr. (2005), o planejamento e o gerenciamento do sistema de esgotamento devem atender de forma integrada a um conjunto de aspectos, como a proteção ambiental, a satisfação dos setores atendidos pelo sistema - setores residencial, industrial, institucional e comercial, a diminuição dos riscos, a demanda existente e futura, a universalidade do atendimento, a informação e a educação ambiental, além da necessidade de baixos custos de implantação, operação e manutenção.

No âmbito do sistema de esgotamento sanitário, encontram-se as estações de tratamento de esgotos (ETEs). As estações são importantes no sistema de esgotamento, sendo o componente em que efetivamente ocorre o tratamento das águas residuárias.

Neste trabalho, foi proposto um diagnóstico das ETEs objetivando levantar as reais condições de operação dessas unidades, sendo consideradas múltiplas dimensões como a técnica, econômica, ambiental e social. Foram utilizados, como ferramenta principal de avaliação, os indicadores de desempenho.

A construção de sistemas de indicadores, segundo Will e Briggs (1995), é um meio eficaz de prover as políticas com informações capazes de demonstrar seu desempenho ao longo do tempo e de realizar previsões, podendo ser utilizados para a promoção de políticas específicas e monitoramento de variáveis espaciais e temporais das ações públicas.

Porém, existe uma diversidade muito grande de potenciais indicadores que podem ser utilizados na avaliação das ETEs. Para que sejam adequadamente selecionados e empregados, devem ser profundamente estudados e avaliados. Dependendo dos indicadores selecionados, a avaliação pode ser mais objetiva ou subjetiva, geral ou específica, e pode estar focada segundo visões diferentes. Nesse contexto, é fundamental o emprego de métodos estruturados para auxiliar na seleção e avaliação dos indicadores de desempenho. Para tal, foram empregados métodos multiobjetivo de auxílio à decisão.

Buscou-se, como resultados principais deste trabalho: a) identificar os indicadores mais adequados no processo de avaliação das ETEs, amparando-se nas perspectivas dos atores principais do contexto das estações, os prestadores de serviço, os reguladores dos serviços, os usuários e, ainda, os especialistas da área de saneamento; e b) desenvolver uma metodologia para a avaliação de desempenho operacional de ETEs. A metodologia proposta foi aplicada em estudos de caso específicos, sendo avaliadas três ETEs do Distrito Federal, selecionadas devido às distinções de porte e nível de complexidade identificadas.

O trabalho foi estruturado em oito capítulos. O presente capítulo trata da natureza do problema a ser examinado, das justificativas do trabalho e do contexto em que está inserido. O segundo capítulo apresenta os objetivos gerais e específicos. A fundamentação teórica é apresentada no capítulo três, sendo abordados os sistemas de esgotamento

sanitário, a avaliação de desempenho e os métodos de auxílio à decisão. A revisão bibliográfica é apresentada no quarto capítulo, contendo os sistemas de indicadores de desempenho presentes na literatura e aplicados a nível nacional e internacional. O quinto capítulo apresenta a metodologia aplicada na pesquisa. O estudo de caso é descrito no sexto capítulo, seguido dos resultados e discussões, apresentados no capítulo sete. Por fim, o capítulo oito fecha o texto com as conclusões e recomendações para estudos posteriores.

2 - OBJETIVOS

2.1 - GERAL

Esta pesquisa tem como objetivo avaliar o desempenho operacional de Estações de Tratamento de Esgotos (ETEs) utilizando metodologia que combina métodos de análise de decisão multiobjetivo e sistema de indicadores.

2.2 - ESPECÍFICOS

Constituem-se em objetivos específicos da pesquisa:

1. Levantar os indicadores de desempenho que podem ser empregados na avaliação de ETEs.
2. Identificar métodos de análise de decisão multiobjetivo aplicáveis ao problema proposto.
3. Aplicar métodos de análise de decisão multiobjetivo para a avaliação e seleção de indicadores de desempenho de ETEs no Distrito Federal, a partir das perspectivas dos atores integrantes do contexto de avaliação dessas ETEs.
4. Identificar os objetivos e critérios mais adequados para a avaliação de ETEs.
5. Selecionar os indicadores mais adequados para a avaliação de ETEs, conforme os critérios de avaliação definidos.
6. Aplicar os métodos de análise de decisão multiobjetivo e indicadores de desempenho na avaliação de ETEs em estudos de caso.

3 - FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Para que pudessem ser realizadas as atividades de avaliação de desempenho de uma ETE, componente do sistema de esgotamento sanitário, foi imprescindível aprofundar o conhecimento referente a alguns conceitos e buscar na literatura as reflexões, emprego e atualidades referentes ao tema. O presente capítulo trata do estudo referente aos sistemas de esgotamento sanitário, apresentando sua conceituação, componentes e situação contextual. Em seguida, são apresentados conceitos a respeito de avaliação de desempenho sua aplicação e alguns métodos empregados, como os indicadores e o *balanced scorecard*. Em seguida, são apresentados os fundamentos e discussões a respeito dos métodos de auxílio à decisão, tendo como enfoque os métodos multiobjetivo. Por fim, são apresentados os métodos de auxílio à decisão em grupo, já que neste trabalho diversos atores tem influência na decisão.

3.1 - SISTEMA DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO

Um sistema de esgotamento sanitário se compõe do conjunto de obras, equipamentos e serviços que têm por função a coleta, o transporte, o tratamento e a disposição final das águas residuárias. Esse sistema visa a proteger a saúde pública, atender os padrões legais existentes e proteger o meio ambiente (Philippi Jr., 2005).

As referências relativas a esgotamento sanitário consideram a Cloaca Máxima de Roma, construída no século VI antes de Cristo, como o primeiro sistema de esgoto planejado e implantado no mundo. O crescimento das comunidades, particularmente na Inglaterra e no continente europeu, levou a uma situação impraticável quanto à disposição dos excretos das populações. A partir daí, os sistemas foram sendo aperfeiçoados até atingir os padrões de hoje (Tsutiya e Sobrinho, 2000).

De acordo com Dacach (1984), os sistemas de esgotamento sanitário são dos mais simples aos mais complexos, a depender da extensão e da topografia da região, bem como das características e da localização do corpo receptor. Como exemplo, algumas pequenas cidades, implantadas em encostas e banhadas por caudalosos rios, possuem um sistema constituído apenas por uma rede coletora e um emissário. Entretanto, grandes cidades

possuem sistemas mais complexos, no qual o esgoto, depois de sair da rede coletora, passa, sucessivamente, por estações elevatórias de esgoto bruto, estações de tratamento, elevatórias de esgoto tratado e, por fim, chega ao emissário para ser despejado.

Um sistema de esgotamento pode dispor de diversos tipos de estruturas, que serão apresentadas a seguir.

- Ramais prediais

Tsutiya e Sobrinho (2000) indicam que os ramais prediais são constituídos por trechos geralmente executados dentro de propriedades particulares. Sua principal funcionalidade é introduzir na rede pública de coleta de esgotos a contribuição unitária de cada economia.

- Redes coletoras

As redes coletoras são canalizações que realizam a etapa de recebimento dos efluentes provenientes dos ramais prediais e os conduzem até a próxima etapa do sistema. As tubulações podem ser consideradas principais ou secundárias. Os coletores secundários são os responsáveis por receber diretamente os esgotos dos ramais prediais, enquanto os coletores principais, que geralmente possuem maiores diâmetros, recebem a carga proveniente dos coletores secundários e as encaminham para um interceptor ou emissário.

- Poços de visita

Segundo Tsutiya e Sobrinho (2000) os poços de visita (PV) são pontos nos quais se pode vistoriar a rede. Estes dispositivos em geral possuem uma tampa que fica na via pública e por onde se tem acesso às tubulações. São utilizados em inflexões da rede, visto que não se pode fazer curva com os tubos e evita-se a utilização de curvas e afins para reduzir as perdas singulares no sistema. Do mesmo modo, sempre que há uma mudança na declividade do trecho, é colocado um PV. Como a ligação entre tubos de diferentes materiais é um ponto bastante sensível do sistema, adota-se a prática de utilizar também estes poços de visita nestas situações, bem como em locais nos quais há variação do diâmetro da rede.

- Tubos de Inspeção e Limpeza

Os tubos de inspeção e limpeza (TIL) são considerados pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT NBR 9649, 1986) dispositivos não visitáveis que, entretanto, permitem a inspeção externa da funcionalidade dos trechos e também uma inserção de equipamentos para limpeza, em casos de obstrução da rede.

- Terminais de Limpeza

Os terminais de limpeza (TL) são colocados, segundo Tsutiya e Sobrinho (2000), nas cabeceiras ou inícios das redes. Como nesses pontos ainda não há nenhum tipo de contribuição, não se faz necessária a adoção de um poço de visita, que é um elemento mais oneroso. Estes dispositivos permitem apenas a introdução de equipamentos para a limpeza da rede. Basicamente, são formados por uma curva de noventa graus, um prolongamento da tubulação até a superfície e uma tampa metálica que, geralmente, se situa na via pública.

- Caixas de Passagem

As caixas de passagem (CP) possuem funcionalidades semelhantes às dos poços de visita, entretanto, situam-se em uma câmara subterrânea e sem acesso. Segundo Tsutiya e Sobrinho (2000), sua utilização não é mais usual e seu uso era restrito a peculiaridades construtivas locais, nas quais não havia a possibilidade da adoção de um PV convencional ou, então, por simples economia por parte dos executores do projeto.

- Interceptores

Tsutiya e Sobrinho (2000) definem os interceptores como tubulações geralmente de grandes diâmetros, que se situam junto a recursos hídricos, tais como rios e sangas. Sua principal função é agregar contribuições, evitando que elas sejam despejadas diretamente em corpos hídricos.

- Emissários

De acordo com o conceito da ABNT (NBR 9649, 1986) emissário é a tubulação que recebe esgoto exclusivamente na extremidade de montante. Os emissários assemelham-se aos interceptores, entretanto, não recebem contribuições ao longo de seu trajeto. Existe apenas uma vazão de entrada, que deve ser a mesma da saída. Em geral, conduzem os esgotos às ETEs.

- Estações de Bombeamento de Esgoto

Tsutiya e Sobrinho (2000) explicam que “todas as vezes que por algum motivo não seja possível, sob o ponto de vista técnico e econômico, o escoamento de esgotos pela ação da gravidade, é necessário o uso das instalações que transmitam ao líquido energia suficiente para garantir tal escoamento.” Essas estruturas são as estações de bombeamento de esgoto (EBE) ou elevatórias. São obras civis que recebem os esgotos e possuem bombas que permitem a transposição de aclives para que, em seguida, o processo siga por gravidade. As estações de bombeamento tem como objetivo final transportar o esgoto coletado para uma estação de tratamento, componente final do sistema de esgotamento, que será descrito a seguir.

- Estação de Tratamento de Esgoto (ETE)

A ETE é o objeto de avaliação deste trabalho, e pode ser considerada como componente principal do sistema de esgotamento sanitário. Em essência, a ETE é um sistema que utiliza os mecanismos naturais de decomposição proporcionados pela natureza. Nas estações, procura-se, no entanto, "otimizar" os processos e minimizar custos, para que se consiga a maior eficiência possível, respeitando-se as restrições que se impõem pela proteção do corpo receptor e pelas limitações de recursos disponíveis (Andrade Neto e Campos, 1999).

Segundo D'Avignon *et al.* (2002), uma estação de tratamento de esgotos deve ser entendida como uma indústria, transformando matéria prima (esgoto bruto) em um produto final (efluente tratado).

De acordo com Andrade Neto e Campos (1999), as estações de tratamento são sistemas altamente complexos de engenharia que empregam uma variedade de estágios interdependentes do processo, nos quais cada um dos estágios exerce influência sobre os demais. Esses sistemas complexos exigem altos investimentos, dispendiosas operações e manutenção e pessoal qualificado, o que pode inviabilizar sua implantação e operação em algumas regiões.

A ETE antes era vista como um meio de diminuir o incômodo dentro de uma comunidade, atualmente, representa o processo de produção de um produto, sendo este de fundamental importância para a manutenção da saúde dos indivíduos da sociedade atendida pelo tratamento, bem como para o equilíbrio ecológico das áreas adjacentes ao sistema (Sanches, 2009).

Diversas tecnologias e processos estão disponíveis para instalação de uma ETE. A escolha de uma alternativa de projeto normalmente está condicionada a alguns critérios determinantes, tais como a legislação ambiental, recursos técnicos e financeiros, espaço físico, consumo energético, mão de obra, além da própria expectativa da comunidade afetada.

Nota-se que diversos fatores influenciam no planejamento, operação e manutenção de uma estação de tratamento de esgotos. Assim, deve-se atentar para que esses fatores sejam considerados na sua gestão e, no presente estudo, nas avaliações de desempenho.

- Condição do Sistema

O capítulo final do Atlas de Saneamento, publicado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2011), conclui que, dentre os serviços de saneamento pesquisados, recai sobre o esgotamento sanitário grave ausência e precariedade encontrada nos municípios brasileiros, sendo esse, portanto, um dos maiores desafios postos à gestão pública do Brasil na contemporaneidade.

Para exemplificar, de acordo com a publicação do IBGE (2011), 33 municípios não possuem rede de abastecimento de água, porém, verifica-se a falta de rede coletora de esgotos em 2.495 municípios.

3.2 - AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO

A avaliação de desempenho (AD) é a base para apreciação de um fato, de uma ideia, de um objetivo ou de um resultado e, também, a base para a tomada de decisão sobre qualquer escolha (Lyrio *et al.*, 2007).

De acordo com Igarashi *et al.* (2008), uma AD válida e legítima deve investigar:

- (i) o que vai ser avaliado – conhecer o objeto da avaliação, incluindo aqui a sua identidade, a cultura sobre a qual esta identidade é construída, as instâncias que respondem pelo objeto a ser avaliado, resultando nos objetivos a serem perseguidos;
- (ii) como proceder à avaliação – identificar como cada objetivo será avaliado e quanto cada objetivo contribui para a avaliação do todo, possibilitando a identificação do perfil de desempenho do objeto avaliado; e
- (iii) como conduzir ao gerenciamento interno – com base na análise das fragilidades e potencialidades identificadas para sugerir ações de aperfeiçoamento – promovendo a alavancagem do desempenho institucional.

A Avaliação de Desempenho (AD) tem sido utilizada, juntamente com os modelos de gestão, como ferramenta de auxílio no processo de conhecimento e aprendizagem do próprio objeto de estudo, deixando de ser um instrumento unicamente de auditoria e responsabilização (Brostel *et al.*, 2002).

A AD tem sido aplicada em instituições públicas e vem assumindo relevância no processo de políticas públicas. Os países que lideraram as primeiras iniciativas de reforma do Estado de inspiração “pós-burocrática” ou gerencial nos anos 1970/1980 consideraram (e continuam considerando) a avaliação não como uma etapa, mas uma característica do ciclo de políticas públicas (Santos e Cardoso, 2001). Esses autores apontam que a capacidade de AD pode ser fundamental em quatro fases principais da gestão pública, conforme transcritas a seguir:

- a) No diagnóstico inicial: definir as diretrizes para a formulação do tipo de política pública necessária;
- b) No processo decisório: apresentar alternativas de ação, avaliando custos e benefícios das políticas públicas adotadas;

- c) Durante a implementação: o monitoramento dos resultados obtidos ao longo do processo permite que o gestor “pilote” a política, efetuando os ajustes que se façam necessários, devido a mudanças no cenário; e
- d) Ao término da política, avaliam-se os resultados obtidos, em relação ao que se esperava inicialmente. Dessa tarefa, podem-se descobrir causas do insucesso e aperfeiçoar a alocação de recursos no processo orçamentário.

Os conceitos apresentados sobre AD podem ser aplicados na área de saneamento, mais especificamente na gestão das estações de tratamento de esgotos. Quando se avalia o impacto das políticas desse segmento, abrem-se oportunidades de aperfeiçoamento de programas e projetos de investimento, ampliando a responsabilidade e contribuindo para uma cultura orientada para o desempenho nas agências governamentais e para o desenvolvimento de critérios para a aplicação de recursos.

O marco regulatório do setor de Saneamento no Brasil, que ocorreu no ano de 2007, por meio da Política Nacional de Saneamento Básico – Lei 11.445/2007, trata do processo de avaliação de desempenho na prestação de serviços no setor de saneamento. A abordagem normativa visa a melhorar o atendimento à sociedade relativo às questões de saneamento, como demonstra o artigo 23 da lei, transcrito a seguir:

Art. 23. A entidade reguladora editará normas relativas às dimensões técnica, econômica e social de prestação dos serviços, que abrangerão, pelo menos, os seguintes aspectos:

- I - padrões e indicadores de qualidade da prestação dos serviços;
- II - requisitos operacionais e de manutenção dos sistemas;
- III - as metas progressivas de expansão e de qualidade dos serviços e os respectivos prazos;
- IV - regime, estrutura e níveis tarifários, bem como os procedimentos e prazos de sua fixação, reajuste e revisão;
- V - medição, faturamento e cobrança de serviços;
- VI - monitoramento dos custos;
- VII - avaliação da eficiência e eficácia dos serviços prestados;
- VIII - plano de contas e mecanismos de informação, auditoria e certificação;
- IX - subsídios tarifários e não tarifários;
- X - padrões de atendimento ao público e mecanismos de participação e informação;

XI - medidas de contingências e de emergências, inclusive racionamento.

Além do marco regulatório brasileiro para o setor de saneamento, as normas internacionais da série ISO 24000 tratam da AD dos serviços de saneamento. Essa série trata da gestão da qualidade dos serviços de abastecimento de água e de tratamento de esgotos, critérios de qualidade do serviço e indicadores de desempenho. A ISO 24510 aborda as diretrizes para a melhoria e para a avaliação do serviço para os clientes (usuários), a ISO 24511 trata das diretrizes para a gestão dos serviços de coleta e tratamento de esgotos e a ISO 24512 trata das diretrizes para a gestão dos serviços de abastecimento de água potável. A série 24000 é complementar às normas ISO 9001 e 14001, as quais cobrem, principalmente, aspectos de qualidade do produto e a gestão ambiental dos processos.

A maioria dos modelos de AD aplicados na área de saneamento tem utilizado indicadores de desempenho como base de avaliação. Isso tem ocorrido devido à eficiência dessa ferramenta, bem como às orientações presentes nos dispositivos normativos atualmente em vigor. O item seguinte abordará essa ferramenta, trazendo alguns conceitos e aplicações na área estudada.

3.2.1 - Indicadores de desempenho (ID)

Segundo a Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico - OCDE (2002), os IDs constituem uma valiosa ferramenta de avaliação de desempenho, possibilitando o acompanhamento da integração das decisões econômicas e ambientais, análise das políticas de meio ambiente e avaliação de resultados. No contexto ambiental, a OCDE define um indicador como parâmetro, ou valor calculado a partir de parâmetros, fornecendo indicações ou descrevendo o estado de um fenômeno.

Um indicador é um valor representativo de um fenômeno que quantifica a informação mediante a agregação de diferentes dados, dando lugar à informação sintetizada. Bellen (2005) considera o indicador como uma medida que resume informações relevantes de um fenômeno particular. De acordo com o autor, a mais importante característica do indicador, quando comparado com as outras formas de informação, é agregar e quantificar informações relevantes para o processo de tomada de decisão.

De acordo com Magalhães Junior *et al.* (2003), os indicadores não são informações explicativas ou descritivas, mas pontuais no tempo e no espaço, cuja integração e evolução permitem o acompanhamento dinâmico da realidade. Esses autores descrevem os indicadores como ferramentas úteis de otimização dos atributos de informações existentes, de sinalização de lacunas de dados e de sinalização das prioridades da gestão. São, portanto, instrumentos de auxílio ao processo decisório participativo. Acrescentam, ainda, que, na forma de índice, o indicador pode reproduzir uma grande quantidade de dados de uma forma mais simples, retendo ou ressaltando o seu significado essencial.

Conforme conceitua o Laboratório Nacional de Engenharia Civil - LNEC e Entidade Reguladora dos Serviços de Águas e Resíduos - ERSAR (2013), ambos de Portugal, o indicador de desempenho é uma medida de avaliação quantitativa da eficiência ou da eficácia de um elemento do serviço prestado pela entidade gestora. A eficiência mede até que ponto os recursos disponíveis são utilizados de modo otimizado para a produção do serviço. A eficácia mede até que ponto os objetivos de gestão, definidos especifica e realisticamente, são cumpridos.

No seu conjunto, os indicadores de desempenho selecionados traduzem, de modo sintético, os aspectos mais relevantes da qualidade do serviço. Cada indicador, ao contribuir para a quantificação do desempenho sob um dado ponto de vista, numa dada área e durante um dado período de tempo, facilita a avaliação do cumprimento de objetivos e a análise da evolução ao longo do tempo. Desta forma, simplifica-se uma análise que por natureza é complexa (LNEC e ERSAR, 2013).

Os IDs foram desenvolvidos devido à necessidade de tratar a informação, na forma original ou “bruta”, de modo a torná-la acessível, permitindo entender fenômenos complexos, tornando-os quantificáveis e compreensíveis de maneira que possam ser analisados, utilizados e transmitidos aos diversos níveis da sociedade, contribuindo com uma adequada planificação das políticas; e avançando na modernização institucional por meio da otimização do manejo das informações (Ramos, 1996).

Os IDs são tipicamente expressos por razões entre dados da entidade gestora. Podem ser adimensionais, como dados expressos em percentual, ou intensivos, que de algum modo expressem intensidade, como os dados expressos em unidade monetária por vazão, e não

extensão. O denominador relativo ao cálculo deve representar uma dimensão do sistema em análise ou da entidade gestora, como o comprimento de dutos, o número de viaturas ou os gastos anuais. O uso de denominadores susceptíveis de variarem significativamente de ano para ano por fatores externos à entidade gestora, como por exemplo o consumo anual de água, que depende, entre outros, de fatores meteorológicos, deve ser evitado como denominador, a não ser que esta variação se reflita no numerador na mesma proporção (LNEC e ERSAR, 2013).

Conforme conclui o guia elaborado pelo LNEC e ERSAR (2013), um indicador de desempenho deve conter em si informação relevante, mas é inevitavelmente uma visão parcial da realidade da gestão na sua globalidade, não incorporando, em geral, toda a sua complexidade. Assim, o seu uso descontextualizado pode levar a interpretações erradas. É necessário analisar sempre os indicadores de desempenho no seu conjunto, com conhecimento de causa, e associados ao contexto em que se inserem.

O papel dos indicadores é justamente manifestar o comportamento das variáveis. Obviamente, são capazes de providenciar apenas um quadro parcial da realidade, mas o importante é que estejam dentro de um contexto no qual possam apoiar análises e recomendações. Para isso, é preciso escolher e desenvolver metodologias, diretrizes, parâmetros, critérios e instrumentos que se adaptem ao objeto de análise.

3.2.2 - *Balanced Scorecard* (BSC)

Kaplan e Norton desenvolveram um sistema de avaliação de desempenho que se aplica especificamente a organizações (Mendonça, 2009). O sistema, batizado como *Balanced Scorecard* (BSC), adota medidas equilibradas entre os objetivos de longo e de curto prazo, entre as medidas financeiras e não financeiras, entre os indicadores de tendência e de ocorrência e entre as perspectivas internas e externas.

Segundo Schuch (2001), o BSC é uma metodologia que se baseia na construção de um sistema de indicadores que contempla diferentes aspectos relevantes da gestão empresarial. O autor aponta que as empresas não podem mais tomar suas decisões única e exclusivamente sobre relatórios financeiros, devendo considerar as diferentes perspectivas que envolvem a avaliação.

Essa metodologia diferencia-se da grande maioria das metodologias ou sistemas de avaliação de desempenho à medida que trabalha com pelo menos quatro perspectivas: a financeira, do cliente, dos processos internos e de aprendizado e crescimento.

O BSC pode ser visto como um sistema de avaliação de desempenho organizacional que considera os indicadores financeiros, por si mesmos, insuficientes para refletir a efetividade da organização. O método se baseia no equilíbrio organizacional e no balanceamento entre as quatro diferentes perspectivas apresentadas (Mendonça 2009).

Rocha (2000) afirma que o BSC é mais do que um sistema de medidas, devendo também traduzir a visão e a estratégia de uma unidade em objetivos e medidas tangíveis, que representem o equilíbrio entre indicadores externos e medidas internas dos processos críticos, de inovação, aprendizado e crescimento. O importante é o equilíbrio entre as medidas de resultado.

Alguns trabalhos adicionam novas perspectivas ao método quando o setor ou a estratégia da unidade de negócio indica a necessidade de se avaliar algum desempenho crítico. Brostel (2002) destaca, como exemplo de nova perspectiva, a necessidade de se considerarem os fatores ambientais em trabalhos da área de saneamento, na qual as questões ambientais são fundamentais para o atendimento de alguns objetivos.

3.3 - MÉTODOS DE AUXÍLIO À DECISÃO

As raízes da ideia de apoio à tomada de decisão remontam de muitas décadas, quando foram feitos os primeiros intentos de empregar o enfoque científico na administração de uma empresa. Porém, o início dessa ideia é atribuído aos serviços militares prestados a princípios da Segunda Guerra Mundial, através da atividade de Pesquisa Operacional - PO. Na época, devido aos esforços bélicos, existia uma necessidade urgente de fornecer recursos escassos a distintas operações militares e a atividades dentro de cada operação, de modo mais efetivo (Hillier e Lieberman, 1994).

A palavra decisão é formada por *de* (que em latim significa parar, extrair, interromper) que se antepõe à palavra *caedere* (que significa cindir, cortar). Tomada ao pé da letra, a palavra decisão significa "parar de cortar" ou "deixar fluir" (Gomes *et al.*, 2006). Como "in" é um

prefixo de negação, “indecisão” semanticamente é não deixar fluir, ou paralisar o fluxo de algo. De acordo com os autores, uma decisão precisa ser tomada sempre que se está diante de um problema que possui mais do que uma alternativa para sua solução. Mesmo quando, para solucionar o problema, apresenta-se uma única ação a tomar, existem as alternativas de tomar ou não essa ação.

Decidir é posicionar-se em relação ao futuro. Gomes *et al.* (2006) acrescentam que decidir pode ser definido como processo de colher informações, atribuir importância a elas, posteriormente buscar possíveis alternativas de solução e, por fim, fazer a escolha entre as alternativas.

A tomada de decisão é um tipo particular de processamento de informações que resulta na escolha de um plano ou ação. O sistema de processamento de informações pode ser humano (individual ou grupo), máquina ou sistema contendo a participação de ambos, o homem e a máquina (Braga *et al.*, 1998).

Segundo Simon (1960), a tomada de decisão é descrita como um processo envolvendo três estágios: inteligência, elaboração e escolha. A inteligência refere-se à procura de situações que precisam de decisões. São obtidos dados brutos que são processados e examinados em busca de pistas para a identificação de problemas. A elaboração é a organização, desenvolvimento e análise dos possíveis rumos de ação. Isso envolve processos para a compreensão do problema, geração de soluções e realização de testes quanto à sua aplicabilidade. Finalmente, a escolha é a seleção de um rumo de ação específico dentre os disponíveis. A escolha é feita e em seguida implementada.

Gomes *et al.* (2006) salientam que o ser humano tem uma capacidade cognitiva limitada; assim, tem limitação para compreender todos os sistemas a seu redor e de processar todas as informações que recebe. Segundo os autores, são três as fontes de restrição cognitiva: a) capacidade limitada do processamento do cérebro humano; b) desconhecimento de todas as alternativas possíveis de resolver o problema e c) influência dos aspectos emocionais e afetivos.

Assim, de forma a auxiliar o agente decisor, foram desenvolvidos diversos métodos que procuram assegurar a coerência, a eficácia e a eficiência das decisões tomadas em função

das informações disponíveis. Esses métodos dão suporte ao decisor proporcionando maior conhecimento dos fatores que envolvem a escolha, possibilitando, conseqüentemente, uma decisão mais acertada.

De acordo com Souza *et al.* (2001), a atuação em domínios como o de saneamento constitui área em que os métodos de auxílio à decisão podem ser eficientemente aplicados. Isso ocorre, pois boa parte dos problemas ligados à área são caracterizados por: a) vários tipos e níveis de incerteza; b) um quadro complexo de objetivos, geralmente com objetivos elementares de caráter multidimensional; c) dificuldade na identificação do decisor e d) uma estrutura sofisticada de alternativas, que frequentemente combina várias ações elementares com vários horizontes de planejamento (curto, médio e longo prazos). Alguns desses métodos serão descritos a seguir.

3.3.1 - Métodos Multiobjetivo e Multicritério

Os métodos multiobjetivo têm sido muito adotados nos últimos anos como ferramenta de apoio à decisão na área ambiental. Goicoechea *et al.* (1982) tratam dos métodos mais detalhadamente e cita diversos exemplos de aplicação da análise multiobjetivo, como nos processos decisórios em planejamento e gestão de recursos hídricos; metodologias de seleção de alternativas para tratamento de esgotos; gestão e disposição de resíduos sólidos; planejamento e uso do solo; gestão de recursos naturais; auditorias ambientais etc.

Em 1973, registrou-se o primeiro trabalho de aplicação de análise com múltiplos objetivos a um problema ambiental: o método de custo-efetividade foi utilizado por Popovich em 1973 para selecionar alternativas de manejo dos resíduos sólidos produzidos pela cidade de Tucson, no Arizona, Estados Unidos (Souza e Forster, 1996). Ficava, assim, aberto um novo caminho para exploração dos métodos multiobjetivo.

A abordagem tradicional de seleção de alternativas de projeto baseada na análise técnico-econômica, especialmente através da análise benefício-custo, tem cedido lugar a uma abordagem mais abrangente que considera múltiplos objetivos. Embora mais complexa, trata-se de uma tendência internacional irreversível, representando um marco de evolução das sociedades, especialmente impulsionada pela conscientização quanto aos problemas ambientais e sociais (Braga *et al.*, 1998).

Segundo Roy e Boyssou (1993), a abordagem multiobjetivo funciona como uma base para discussão, principalmente nos casos onde há conflitos entre os decisores ou ainda quando a percepção do problema pelos vários atores envolvidos ainda não está totalmente consolidada. Seu objetivo, portanto, é ajudar o decisor a analisar os dados que são intensamente complexos e buscar a melhor estratégia de gestão.

Souza *et al.* (2001) apresentam três classificações dos métodos multiobjetivo:

- classificação segundo MacCrimon, que divide os métodos de análise de decisão em quatro categorias: a) métodos de ponderação (ou pesos); b) métodos de eliminação sequencial; c) métodos de programação matemática e d) métodos de proximidade espacial;
- classificação segundo Vincke, na qual se pode identificar: os modelos aditivos, inspirados da teoria de utilidade multiatributo (*multiple attribute utility theory*), os métodos de classificação (*outranking methods*) e os métodos iterativos (*interactive methods*);
- classificação segundo Cohon e Marks, mais difundida e empregada por Goicoechea *et al.* (1982), Braga *et al.* (1998) e outros autores, contém três categorias: a) técnicas de geração de soluções não dominadas, em que as alternativas são geradas pelo analista sem incluir as preferências do decisor. Exemplos: método das ponderações e das restrições; b) técnicas com articulação de preferências a priori, em que o decisor manifesta antecipadamente seu juízo de valor sobre as trocas possíveis entre os objetivos e sem pesos relativos entre eles. Exemplos: método da Função Utilidade Multidimensional (FUM), método da programação por metas, métodos da série ELECTRE, método da matriz de prioridades; e c) técnicas com articulação progressiva de preferências, em que a interação entre o analista e o decisor ocorre ao longo de todo o processo decisório. Exemplos: método da programação de compromisso e método dos passos.

No que se refere à natureza da decisão envolvida, os métodos multiobjetivo podem estar relacionados a três tipos de problemáticas: α , β e γ . A problemática α (alfa) utiliza um procedimento de seleção, visando à escolha de um subconjunto contendo as melhores alternativas. Os problemas caracterizados como de referência β (beta) adotam um procedimento de alocação das alternativas por meio da triagem das mesmas. Na problemática γ (gama), as alternativas passam por um procedimento de classificação, resultando numa ordenação completa ou parcial das alternativas avaliadas (Generino, 1999). A Figura 3.1 representa os três tipos de problemática citados.

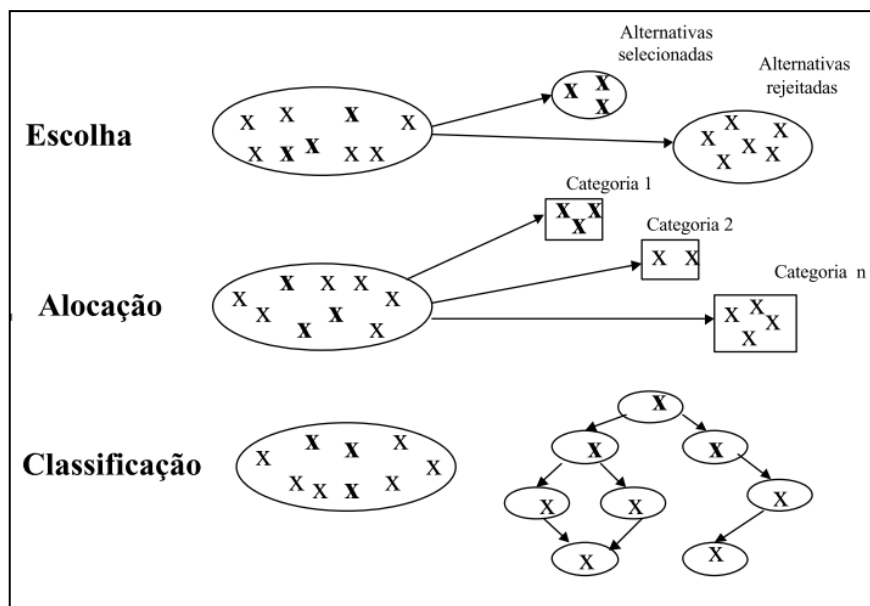


Figura 3.1 - Tipos de problemática de auxílio à decisão (Brostel, 2002)

Existem pelo menos 50 diferentes técnicas multiobjetivo. O emprego de cada uma delas dependerá de uma série de fatores, tais como: disponibilidade de informações, natureza do problema, cenário decisório, condicionantes institucionais, dentre outros (Braga *et al.*, 1998).

A seguir serão descritos alguns métodos multiobjetivo.

3.3.1.1 - TOPSIS (*Techique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution*)

O método TOPSIS, traduzido como “técnica de ordenamento de preferências por similaridade a uma solução ideal”, foi desenvolvido por Hwang e Yoon em 1981. Esse é um método pelo qual m alternativas são avaliadas segundo n atributos de avaliação de prioridades determinadas por um indicador derivado da combinação entre a aproximação a uma situação ideal (positiva) e ao distanciamento de uma situação não ideal (negativa). Pode ser considerado, também, como um sistema geométrico com m pontos no espaço n -dimensional (Salomon *et al.*, 1999; Heller, 2007; Miranda, 2008; Silva e Cavalcanti Netto, 2008; Dheena e Mohanraj, 2011).

O método identifica soluções em um número finito de alternativas baseado na minimização da distância de um ponto ideal e maximização da distância de um ponto ideal negativo

simultaneamente. Segundo Olson (2003), para a minimização da distância à alternativa ideal e maximização da distância à alternativa ideal negativa utiliza-se a técnica da distância Euclidiana (norma, raiz quadrada da soma do quadrado das distâncias, do vetor que separa uma alternativa da solução ideal ou não ideal).

O método TOPSIS pode ser expresso nos seguintes passos:

- (1) Obtenção dos desempenhos das x alternativas em relação aos k critérios. Normalmente as medidas iniciais são normalizadas, de forma a ter mesma escala de valor;
- (2) Desenvolvimento dos pesos W para cada critério;
- (3) Identificação da solução ideal positiva (desempenho extremo positivo em cada critério) e da solução ideal negativa (desempenho extremo negativo em cada critério);
- (4) Determinação das distâncias d para a solução ideal positiva e para a solução ideal negativa em cada critério, conforme apresentado na Equação 3.1 e 3.2 respectivamente.

$$d_p^{PIS} = \left\{ \sum_{j=1}^J W_j^p \left[\frac{f_j^* - f_j(x)}{f_j^* - f_j^-} \right]^p + \sum_{i=1}^I W_i^p \left[\frac{f_i(x) - f_i^*}{f_i^- - f_i^*} \right]^p \right\}^{1/p} \quad (3.1)$$

$$d_p^{NIS} = \left\{ \sum_{j=1}^J W_j^p \left[\frac{f_j(x) - f_j^-}{f_j^* - f_j^-} \right]^p + \sum_{i=1}^I W_i^p \left[\frac{f_i^- - f_i(x)}{f_i^- - f_i^*} \right]^p \right\}^{1/p} \quad (3.2)$$

Onde: f_i^* = solução ideal para o critério crescente avaliado;

f_j^* = solução ideal para o critério decrescente avaliado;

$f_i(x)$ = valor obtido pela alternativa x para o critério crescente avaliado;

$f_j(x)$ = valor obtido pela alternativa x para o critério decrescente avaliado;

P = parâmetro para verificação da sensibilidade, sendo que $1 \leq P \leq \infty$;

W_i = peso atribuído ao i -ésimo critério;

W_j = peso atribuído ao j -ésimo critério;

J = número total de critérios com comportamento crescente;

I = número total de critérios com comportamento decrescente.

- (5) Para cada alternativa, determinar o coeficiente de similaridade C , calculado conforme demonstra a Equação 3.3. Este coeficiente representa o quanto a alternativa em questão se aproxima da solução ideal positiva e varia entre zero e um.

$$C_s^* = \frac{d_p^{NIS}}{d_p^{NIS} + d_p^{PIS}} \quad (3.3)$$

Onde: d_p^{PIS} - distância da solução ideal positiva para a alternativa x ;

d_p^{NIS} - distância da solução ideal negativa para a alternativa x ;

p - índice de importância com relação ao desvio máximo ($p=1,2,\dots,\infty$)

C_s^* - coeficiente de similaridade (com $s = p$)

- (6) Ranquear as alternativas ordenando os valores de C , dos maiores para os menores.

Por ser de fácil aplicação e atingir resultados robustos rapidamente, o método TOPSIS tem sido utilizado em conjunto com outros métodos para melhorar o seu desempenho nas avaliações. Alguns trabalhos têm tentado acoplar o método com os conjuntos difusos ou nebulosos (fuzzy). A técnica utilizando os conjuntos difusos auxilia nas avaliações que possuem maior complexidade e incertezas. As redes neurais também têm sido aplicadas em conjuntos com o método em questão, principalmente na fase de obtenção dos pesos, um dos pontos fracos do método TOPSIS.

3.3.1.2 - Série ELECTRE (*Élimination et Choix Traduisant la Réalité*)

Os métodos da série ELECTRE (traduzido ao português como “tradução da realidade por eliminação e escolha”) são da escola francesa de análise multicritério. Conforme descreve Zuffo *et al.* (2002), o método foi apresentado por Benayon, Roy e Sussman, em 1966, e aperfeiçoado por Bernard Roy em 1968.

Depois de ser elaborado, o método ELECTRE teve adaptações em diferentes métodos: ELECTRE I, IS, II, III, IV e TRI. Seus princípios são flexíveis e admitem que alternativas não sejam comparáveis entre si (princípio da incomparabilidade). As versões I e IS

solucionam problemas de seleção, II, III e IV de ordenação e TRI de classificação (Berzins, 2009). Segue uma breve descrição dos métodos.

O método ELECTRE I tem como ideia principal separar, do conjunto total de alternativas, aquelas que são preferidas na maioria dos critérios de avaliação e que não causam um nível inaceitável de descontentamento nos outros critérios. Os conceitos de concordância e discordância são utilizados neste método (Souza *et al.*, 2001).

O método ELECTRE II produz uma ordenação completa das alternativas analisadas. Esse método baseia-se nas mesmas considerações do ELECTRE I, porém utiliza ainda outros conceitos acessórios como relações de comparação “forte” e “fraca”, e condições de concordância e discordância distintas (Hokkanen *et al.*, 1995; Cordeiro Netto *et al.*, 2000).

Ao evoluir para a versão III, o método ELECTRE apresenta uma graduação contínua da concordância entre as preferências forte e fraca, representadas por um segmento de reta inclinado, e não por patamares estanques, como nas versões anteriores. Distingue-se também ao apresentar o limiar de veto determinado na comparação, que permite introduzir a incomparabilidade de alternativas (Souza *et al.*, 2001).

A versão IV busca passar ao largo do problema da determinação de pesos para representar a importância relativa entre critérios, não empregando pesos. Assim, nenhum critério é desconsiderado em relação a outro em comparações, sendo importante em aplicações considerando critérios subjetivos de avaliação (Souza *et al.*, 2001).

Outra versão é a ELECTRE TRI, que será apresentada com um pouco mais de detalhamento por compor um dos métodos de avaliação empregados neste trabalho, porém a descrição completa do método pode ser encontrada nas publicações de Roy e Boussou (1993) e de Mousseau *et al.* (1999).

De um modo geral, o método se caracteriza por classificar as alternativas por meio da comparação de cada ação potencial com uma referência estável. As ações de referência são fictícias, definidas para delimitar as diversas categorias. Nesse caso, cada categoria está limitada inferior e superiormente por duas ações de referência e cada uma dessas ações

serve de limite a duas categorias, uma superior e outra inferior (Generino e Cordeiro Netto, 1994).

A alocação de uma alternativa “a” resulta da comparação de “a” com perfis definidos de limites das categorias. Dado um conjunto de critérios $\{g_1, \dots, g_i, \dots, g_m\}$ e um conjunto de perfis $\{b_1, \dots, b_h, \dots, b_p\}$, definem-se $(p+1)$ categorias, em que b_h representa o limite superior da categoria C_h e o limite inferior da categoria C_{h+1} , $h=1,2,\dots,p$. A Figura 3.2 ilustra a definição das categorias e dos limites dos perfis.

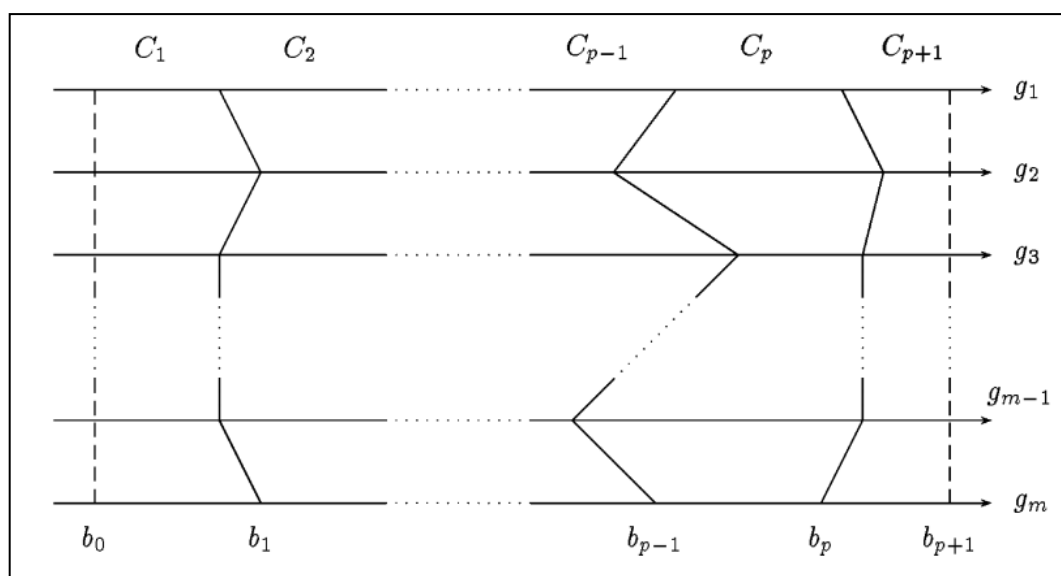


Figura 3.2 – Definição das categorias com o uso dos perfis (Mousseau e Slowinski, 1998)

As preferências por cada critério são definidas mediante um pseudocritério, no qual os limiares de preferência e indiferença $p_j[g(b_h)]$ e $q_j[g(b_h)]$ constituem as informações intracritérios. Assim, $q_j[g(b_h)]$ especifica a maior diferença $g_j(a)-g(b_h)$, que preserva a indiferença entre a e b_h no critério g_j e $p_j[g(b_h)]$ representa a menor diferença $g_j(a)-g(b_h)$, compatível com uma preferência de a no critério g_j .

A estrutura de preferência com pseudocritérios, modelo com duplo limiar $p_j[g(b_h)]$ e $q_j[g(b_h)]$, evita uma passagem repentina entre a indiferença e a preferência estrita, existindo uma zona de transição, representada pela preferência fraca, conforme demonstrado pelas relações de preferência e Figura 3.3 a seguir.

Relações de preferência:

$$\begin{aligned} \forall a, b \in A \quad a P b \text{ sse } & g(a) > g(b) + p[g(b)] \\ a Q b \text{ sse } & g(b) + p[g(b)] \geq g(a) > g(b) + q[g(b)] \\ a I b \text{ sse } & \begin{cases} g(b) + q[g(b)] \geq g(a) \\ g(a) + q[g(a)] \geq g(b) \end{cases} \end{aligned}$$

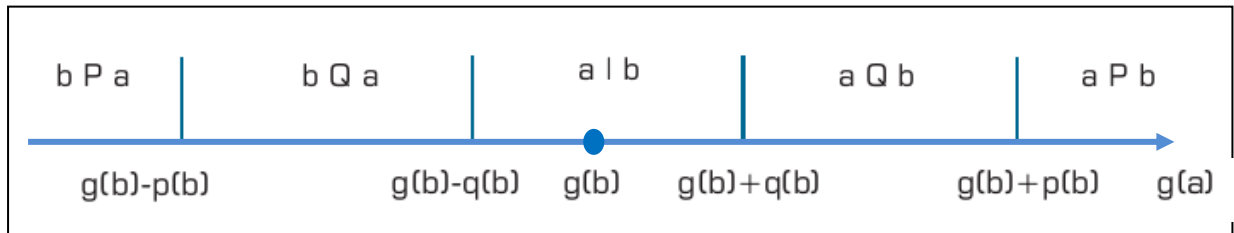


Figura 3.3 – Gráfico de preferências com pseudocritérios

A relação de subordinação entre as alternativas é denotada de sobreclassificação, S . Essa relação é construída para possibilitar a comparação de uma alternativa a com um limite padrão b_h . A afirmação de que aSb_h significa que “ a é ao menos tão bom quanto b_h ”. Para que esta relação seja válida, duas condições devem ser verificadas:

- Concordância: para uma sobreclassificação aSb_h ser aceita, a maioria dos critérios deve estar a favor da afirmação aSb_h ; e
- Não discordância: quando a condição de concordância não for atendida, nenhum dos critérios deve opor-se à afirmação aSb_h .

Dois tipos de parâmetros associados aos critérios intervêm na construção de S :

- O conjunto de coeficientes dos pesos ou importância (k_1, k_2, \dots, k_m), usado no teste de concordância quando se computa a importância relativa da união dos critérios que são a favor da afirmação aSb_h ; e
- O conjunto de limiares de veto ($v_1(b_h), v_2(b_h), \dots, v_m(b_h)$), usado no teste de discordância, em que $v_j(b_h)$ representa a menor diferença $g_j(b_h) - g_j(a)$, incompatível com a afirmação aSb_h .

Verifica-se a condição de Concordância dos critérios, calculando-se os índices de concordância parcial, $c_j(a,b)$ e $c_j(b, a)$. Esse índice, que varia de 0 a 1, mede o quanto se aceita que uma alternativa a supera b_h em um determinado critério.

Com base nos índices de concordância parciais obtidos, são calculados os índices de concordância globais $c(a,b)$ e $c(b,a)$, que indicam o quanto a avaliação das relações demonstram que a supera b_h para $c(a,b)$ e b_h supera a para $c(b,a)$.

Os índices de discordância $d_j(a,b)$ e $d_j(b,a)$ representam o quanto se opõe à afirmação “ a supera b_h ” e “ b_h supera a ”, respectivamente, em cada critério. Para isto, foi introduzido o limite de veto que, quando excedido, rejeita a hipótese acima.

Os índices de concordância parcial $c_j(a,b)$, concordância $c(a,b)$ e discordância parcial $d_j(a,b)$ são calculados pelas Equações 3.4, 3.5 e 3.6, respectivamente, apresentadas a seguir:

$$c_j(a,b) = \begin{cases} 0 & \text{if } g_j(b_h) - g_j(a) \geq p_j(b_h) \\ 1 & \text{if } g_j(b_h) - g_j(a) \leq q_j(b_h) \\ \frac{p_j(b_h) + g_j(a) - g_j(b_h)}{p_j(b_h) - q_j(b_h)} & \text{n.c} \end{cases} \quad (3.4)$$

$$c(a,b) = \frac{\sum_{j \in F} k_j c_j(a,b_h)}{\sum_{j \in F} k_j} \quad (3.5)$$

$$d_j(a,b) = \begin{cases} 0 & \text{if } g_j(b_h) - g_j(a) \leq p_j(b_h) \\ 1 & \text{if } g_j(b_h) - g_j(a) > v_j(b_h) \\ \frac{g_j(b_h) + g_j(a) - p_j(b_h)}{v_j(b_h) - p_j(b_h)} & \text{n.c} \end{cases} \quad (3.6)$$

Os índices de concordância parcial $c_j(b,a)$, concordância $c(b,a)$ e discordância parcial $d_j(b,a)$ são calculado de forma análoga, invertendo-se as letras das alternativas.

Outro índice importante no método é o de credibilidade, representado por $\sigma(a,b_h) \in [0,1]$. Esse índice indica o grau de credibilidade da afirmação que $aSb_h, \forall a \in A, \forall h \in B$. A (3.7 apresenta o cálculo necessário para sua obtenção.

$$\sigma(a, b_h) = c(a, b_h) \prod_{j \in \bar{F}} \frac{1 - d_j(a, b_h)}{1 - c(a, b_h)} \quad (3.7)$$

Onde:

$$\bar{F} = \{j \in F : d_j(a, b_h) > c(a, b_h)\}$$

O cálculo do índice de credibilidade $\sigma(a, b_h)$ é efetuado de acordo com os seguintes princípios:

- quando nenhum critério for discordante, a credibilidade da relação de subordinação $\sigma(a, b_h)$ é igual ao índice de concordância $c(a, b_h)$;
- quando um critério discordante se opõe ao veto para a afirmação “ a subordina b_h ” ($d_j(a, b_h) = 1$), então o índice de credibilidade $\sigma(a, b_h)$ torna-se nulo (a afirmação “ a subordina b_h ” não é totalmente acreditável); e
- quando um critério discordante é tal como $c_j(a, b_h) < d_j(a, b_h) < 1$, o índice de credibilidade $\sigma(a, b_h)$ torna-se mais baixo do que o índice de concordância $c_j(a, b_h)$, sendo justo o efeito de oposição desse critério.

Quando uma alternativa a é comparada a um perfil de referência b_h , a alternativa a será alocada à categoria na qual a afirmativa aSb_h , tiver “credibilidade”. Assim, o índice de credibilidade define justamente o procedimento de agregação multicritério do método ELECTRE TRI.

Para que a afirmação aSb_h seja considerada válida o índice $\sigma(a, b_h)$ deve ser maior ou igual ao nível de corte λ , $\sigma(a, b_h) \geq \lambda \Rightarrow aSb_h$, tal que $\lambda \in [0,5, 1]$. A tradução de uma relação de subordinação *fuzzy* obtida entre uma relação de subordinação S é feita sobre o significado do nível de corte, assim, λ é considerado como o menor valor do índice de credibilidade compatível com a afirmação de que “ a subordina b_h ”.

As relações de preferência entre cada alternativa a e perfil b_h são constituídas a partir da comparação de $\sigma(a, b_h)$, $\sigma(b_h, a)$ e λ , conforme se segue:

- $\sigma(a, b_h) \geq \lambda$ e $\sigma(b_h, a) \geq \lambda \Rightarrow aSb_h$ e $b_hSa \Rightarrow aIb_h$ (a é indiferente a b_h);
- $\sigma(a, b_h) \geq \lambda$ e $\sigma(b_h, a) < \lambda \Rightarrow aSb_h$ e não $b_hSa \Rightarrow a > b_h$ (a é preferível a b_h);
- $\sigma(a, b_h) < \lambda$ e $\sigma(b_h, a) \geq \lambda \Rightarrow$ não aSb_h e $b_hSa \Rightarrow b_h > a$ (b_h é preferível a a);

- $\sigma(a, b_h) < \lambda$ e $\sigma(b_h, a) < \lambda \Rightarrow$ não aSb_h e não $b_hSa \Rightarrow b_hRa$ (b_h e a são incomparáveis).

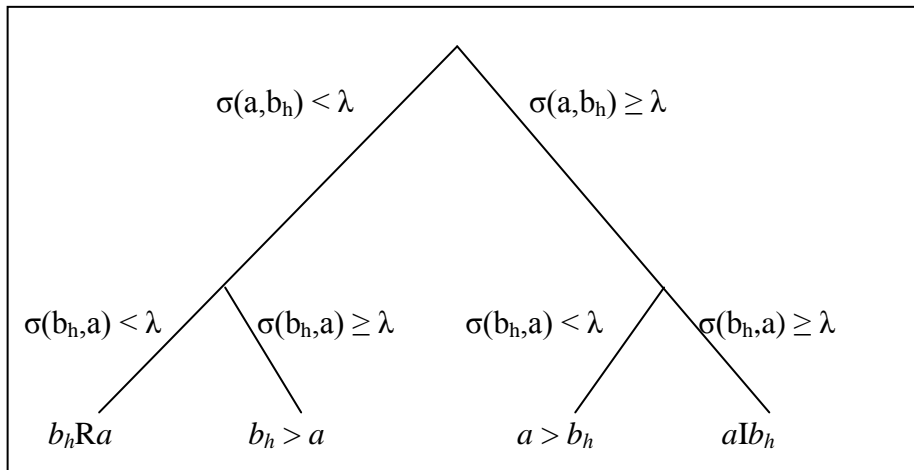


Figura 3.4 – Relações de preferência

A partir das relações de preferência estabelecidas, são feitas duas classificações, a pessimista e a otimista.

Na classificação pessimista é adotado o seguinte procedimento:

- a) comparar a alternativa a sucessivamente com os perfis b_h onde $h = p, p-1, \dots, 0$;
- b) identificar o primeiro perfil b_h onde aSb_h ;
- c) classificar a como pertencente a categoria C_{h-1} .

Na classificação otimista é adotado o seguinte procedimento:

- a) comparar a alternativa a sucessivamente com os perfis b_h onde $h = 1, 2, \dots, p$;
- b) identificar o primeiro perfil b_h onde $b_h > a$;
- c) classificar a como pertencente a categoria C_h .

3.3.1.3 - Série PROMETHEE (*Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluations*)

A família de métodos PROMETHEE (I, II, III, IV, V e VI) também pertence à Escola Francesa de análise multicritério e foi desenvolvida por Jean-Pierre Brans. Os métodos PROMETHEE I e II foram desenvolvidos em 1982 e apresentados em uma conferência na Universidade Laval (Québec, Canadá). Em seguida, o mesmo pesquisador, juntamente com Bertrand Mareschal, desenvolveram o método PROMETHEE III (classificação baseada em intervalos) e o PROMETHEE IV (variáveis contínuas). Os autores desenvolveram um

módulo visual interativo GAIA em 1988, que fornece uma apresentação gráfica para a metodologia PROMETHEE. Em 1992 e 1994, Brans e Mareschal ainda desenvolveram o PROMETHEE V (MCDA *including segmentation constraints*) e VI (representação do cérebro humano) (Brans e Mareschal, 2005).

No método PROMETHEE I, a ordenação obtida corresponde a um ordenamento parcial, já que se pode apresentar uma relação de incomparabilidade entre as alternativas. Isso não ocorre no PROMETHEE II, em que se obtém um ordenamento total, porque esse método não permite a relação de incomparabilidade. Em relação ao método PROMETHEE III, obtém-se uma ordem por intervalos, pois esse método trabalha com limites de variáveis. O método PROMETHEE IV, por sua vez, generaliza o PROMETHEE II para o caso de um número infinito de alternativas. O método PROMETHEE V amplia a aplicação do método PROMETHEE II, sendo apropriado para o caso em que se deseja selecionar um subconjunto de alternativas, dentre as consideradas em razão de restrições existentes no problema. Finalmente, o método PROMETHEE VI auxilia o agente de decisão na determinação do vetor de pesos dos critérios que melhor expresse suas preferências. Esse método admite analisar o grau de complexidade do problema estudado por meio de um procedimento gráfico denominado GAIA (*Geometrical Analysis for Interactive Aid*), que permite verificar a maior ou menor influência dos pesos dos critérios nos resultados finais.

De acordo com a descrição feita por Briggs *et al.* (1990), Cordeiro Neto *et al.* (2000) e Souza *et al.* (2001) o método PROMETHEE define uma função de preferência (P) entre duas alternativas (a e b), dada por $P(a, b) = 0$, se $f(a) \leq f(b)$, e $P(a, b) = p[f(a) - f(b)]$, se $f(a) > f(b)$, onde f é o critério de decisão analisado. A função P indica a intensidade da preferência da a sobre b , com base no desvio entre os valores de f . Isso é feito separadamente para cada critério, estando seu valor compreendido em um intervalo de zero (indiferença) a um (preferência total).

Para a classificação das alternativas, o método define ainda o “índice de preferência global” de a sobre b , $\pi(a,b)$, para cada $a, b \in X$ (sendo X o conjunto total de alternativas). Assim, o índice $\pi(a,b)$ se torna uma medida da preferência de a sobre b , em relação a todos os critérios. A classificação das alternativas é feita definindo-se o índice de preferência global de a sobre b , para cada critério i , dado pela expressão: $\pi(a, b) = \sum \omega_i \cdot P_i(a,b)$, onde ω_i são pesos associados a cada critério. Esse índice possibilita a avaliação de cada

alternativa, mediante a consideração de duas grandezas chamadas fluxo de importância positivo e fluxo de importância negativo que representam os somatórios dos índices de preferência de “a” em relação a “b” e de “b” em relação a “a”, sob todos os critérios. Escolhe-se a alternativa com o maior fluxo líquido de importância.

Com isso, a avaliação de cada alternativa pode ser efetuada considerando-se a determinação de dois outros valores: o “fluxo de importância positivo” $\emptyset^+(a)$, que estima o quanto uma alternativa a é preferível em relação a todas as outras; e o “fluxo de importância negativo” $\emptyset^-(a)$, que estima quanto cada alternativa domina as outras. A classificação das alternativas é feita considerando-se, para cada $a \in X$, o “fluxo de importância líquido”: $\emptyset = \emptyset^+(a) - \emptyset^-(a)$. A alternativa que alcançar o maior valor de \emptyset é considerada a favorita.

Esses métodos se fundamentam na noção de superação e comparabilidade entre as alternativas. No entanto, o desempenho de cada alternativa é comparado de acordo com a intensidade de preferência em relação a cada um dos critérios. De acordo com Zuffo *et al.* (2002), os métodos PROMETHEE possibilitam a adoção de critérios de diferentes naturezas, como por exemplo, quantitativos e qualitativos, booleanos ou nominais etc. São consagrados em problemas envolvendo recursos hídricos e meio ambiente.

3.3.1.4 - MAUT (*Multi-Attribute Utility Theory*)

O Método MAUT, desenvolvido por Keeney e Raiffa (1976), incorpora à teoria da utilidade a questão do tratamento de problemas com múltiplos objetivos. Yu e Tzeng (2006) caracterizam MAUT como um método que agrega todos os critérios em uma dimensão específica, denominada função utilidade.

O método MAUT considera que, para cada alternativa avaliada, existe um conjunto de critérios que a caracteriza e, para cada um dos critérios, existe uma função utilidade específica que associa uma medida de valor a esse critério. A função utilidade multiatributo é a agregação das diferentes funções utilidade de cada critério, ponderadas conforme o grau de importância do critério (Meirelles e Gomes, 2009).

Para definir uma função utilidade é importante diferenciar se o tipo de problema corresponde a um caso determinístico ou probabilístico. Quando os resultados não envolvem algum grau de risco, o problema de decisão pode ser abordado através de uma função de valor. Mas, se envolve algum risco, pode então ser utilizada uma função utilidade esperada. Contudo, as formas analíticas das funções de agregação podem ser de caráter aditivo, multiplicativo ou constituir-se, ainda, de modelos mais complexos.

No caso particular do uso de uma função de utilidade multiatributo aditiva é necessário que os critérios satisfaçam a condição de independência, que significa uma compensação entre quaisquer dois critérios que o decisor esteja disposto a aceitar, não podendo depender de qualquer outro para que se possa empregar a função multiatributo aditiva (Gomes *et al.*, 2006).

Duas condições constituem os princípios fundamentais do método: a ordenabilidade, segundo a qual as preferências modeladas por essa função são sempre completas, o que significa que não é permitida a incomparabilidade entre alternativas (para duas alternativas “a” e “b”, só existem as hipóteses de “a” ser preferível a “b”; “b” preferível a “a” ou “a” indiferente a “b”); e a transitividade, pois as preferências e indiferenças são obrigatoriamente transitivas (se “a” é preferível a “b” e “b” é preferível a “c”, então “a” deve ser preferível a “c”, transitividade da preferência; ou se “a” é indiferente a “b” e “b” é indiferente a “c”, então “a” é indiferente a “c”, transitividade da indiferença) (Gomes *et al.*, 2006; Saliba, 2009).

Segundo Ramos (2010), MAUT é um método de comparação quantitativo usado para combinar medidas dissimilares e as preferências individuais ou coletivas. Yu e Tzeng (2006) acrescentam que embora muitos trabalhos tenham sido propostos para discutir o operador de agregação do método, o principal problema é a suposição de independência preferencial entre os critérios.

3.3.1.5 - AHP (*Analytic Hierarchy Process*)

O método AHP é uma técnica de análise de decisão e planejamento de múltiplos critérios desenvolvido por Thomas L. Saaty em resposta ao planejamento de contingência militar e

empresarial, tomada de decisão, alocação de recursos escassos, resolução de conflitos e a necessária participação política nos acordos negociados (Bottero *et al.*, 2011).

Desde que foi introduzido em 1980, o método tem sido amplamente aplicado em grande variedade de decisões nos mais variados setores e empresas como: negócios, medicina, política, militar, social, esportiva e recentemente passou a ser aplicado em problemas ambientais (Figueiredo Junior, 2009).

O método AHP é uma das abordagens alternativas para quando o decisor utiliza seu julgamento e conhecimento para fazer uma avaliação binária entre critérios intangíveis (qualitativos) e tangíveis (quantitativos). Na resolução de um problema de ordenação, quando há a presença de uma grande quantidade de critérios, a comparação binária leva a resultados mais acurados do que quando a ordenação é realizada por métodos não binários (Millet, 1997).

O pressuposto básico do método é de que um problema complexo pode ser eficientemente resolvido quando é decomposto em diversas partes interligadas por uma estrutura hierárquica, determinando-se pesos específicos para cada um dos critérios, comparados par a par, para que ocorra a comparação entre as alternativas.

A aplicação do método é realizada em duas fases. A primeira é da construção da hierarquia e a segunda da avaliação. Na fase de construção, temos a estruturação do problema em níveis, compostos por metas, critérios e alternativas. A estrutura hierárquica forma uma árvore invertida, cuja estrutura vai descendo da meta de decisão para os critérios, subcritérios e alternativas, em sucessivos níveis, conforme demonstra a Figura 3.5.

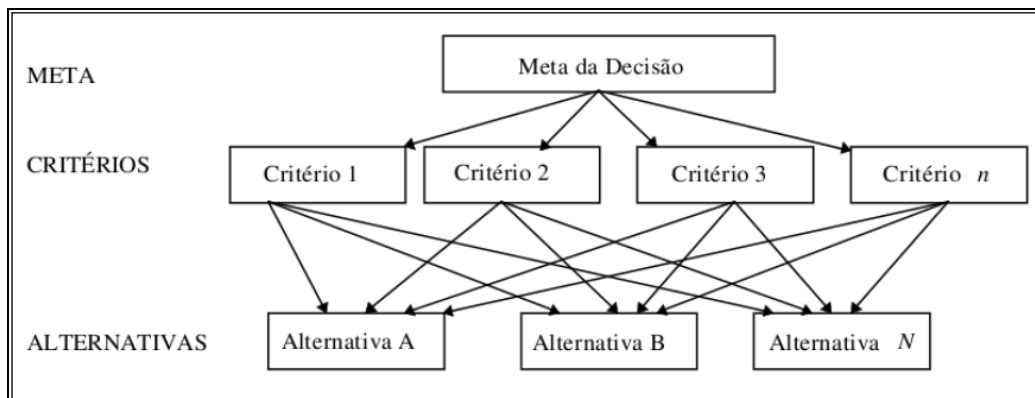


Figura 3.5 – Estrutura hierárquica do método AHP

Na fase de avaliação é realizada a comparação par a par entre os critérios, e também entre os subcritérios. Por meio dessa comparação são determinadas as importâncias relativas entre os critérios, também conhecidas como pesos. A comparação entre os critérios se dá conforme a Tabela 3.1.

Tabela 3.1 – Escala de comparação entre critérios

1	Igual importância entre as variáveis
3	Importância pequena de uma sobre a outra
5	Importância grande ou essencial
7	Importância muito grande ou demonstrada
9	Importância absoluta de uma sobre a outra
2,4,6,8	Valores intermediários de importância

Os resultados das comparações são apresentados na seguinte forma matricial:

$$A = \begin{bmatrix} 1 & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ \frac{1}{a_{21}} & & & a_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \frac{1}{a_{n1}} & \frac{1}{a_{n2}} & \dots & 1 \end{bmatrix}$$

Deverão ser atendidas as seguintes condições:

$$a_{ij} = \alpha$$

$$a_{ji} = 1/\alpha$$

$$a_{ij} = 1$$

onde:

a_{ij} = comparação par a par entre os critérios i e j ;

α = valor de intensidade de importância.

A resolução da matriz “A” resulta no autovetor de prioridades, que expressa as importâncias relativas de cada critério. O passo seguinte é calcular a razão de consistência (RC). A medição da consistência das preferências é fundamental, principalmente quando é necessária a realização de um grande número de comparações, podendo ocorrer inversões de preferência. A RC é a relação entre o índice de consistência (IC) e o índice aleatório ou randômico (IR) e permite avaliar o grau de violação da proporcionalidade e transitividade dos julgamentos dos atores, evidenciando a necessidade de novos julgamentos ou aquisição de informações mais apuradas sobre os critérios utilizados. Para Saaty (1991) a razão de consistência não deve ter valor maior do que 0,1, se isso ocorrer o avaliador deverá rever seus julgamentos. Assim, as avaliações produzidas com $RC \leq 0,1$ têm boa qualidade.

Por fim, faz-se a valoração das alternativas com o somatório do produto dos pesos pelos valores obtidos em cada critério. A sequência de resolução de problemas empregando o método AHP pode ser resumida no seguinte fluxograma apresentado na Figura 3.6 a seguir:

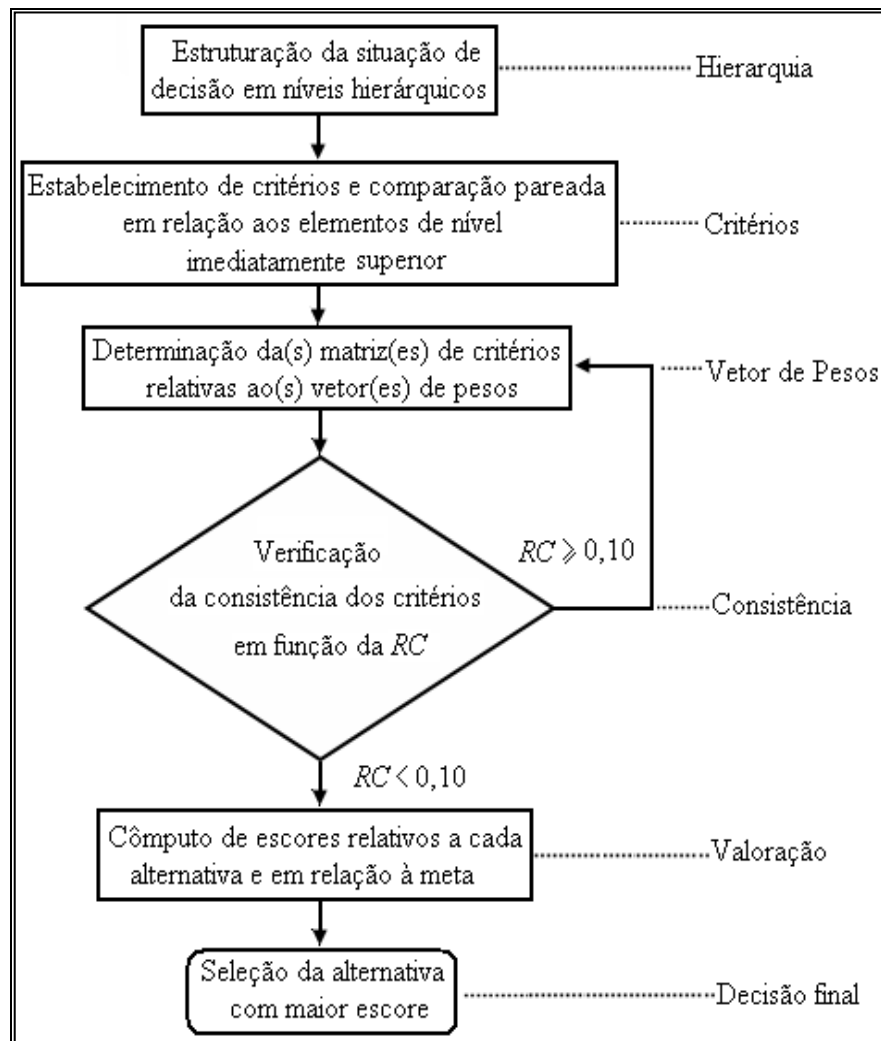


Figura 3.6 - Sequência de resolução do AHP (Bottero *et al.*, 2011)

3.3.1.6 - ANP (*Analytic Network Process*)

O método ANP apresenta um quadro geral para lidar com decisões sem fazer suposições sobre a independência de elementos de nível superior a partir de elementos de nível inferior e sobre a independência dos elementos dentro de um nível. Para isso, utiliza uma rede sem a necessidade de especificar os níveis, como no método AHP. Influência é um conceito central na ANP, visto ser um instrumento útil para a previsão e para representar uma variedade de concorrentes com seus pontos fortes para exercer influência na tomada de decisões (Saaty, 1999).

Os processos provenientes do método AHP servem como base para o ANP (Saaty, 1999). Ambos os métodos foram desenvolvidos por Thomas Saaty. O objetivo do método ANP,

bem como dos demais métodos multicriteriais existentes, é indicar a melhor ou as melhores alternativas para auxiliar à tomada de decisão em determinado problema. A inspiração surgiu a partir dos problemas relacionados com as importantes tomadas de decisões nas negociações mundiais sobre armas nucleares quando trabalhava na Agência de Desarmamentos e Controle de Armas em Washington de 1963 a 1969 (Figueiredo Junior, 2009).

A estrutura do método ANP é abrangente para analisar decisões coletivas e sociais, em que as conexões podem ser físicas, políticas ou mentais, permitindo analisar diferentes aspectos do conhecimento, comparando as intensidades de preferências e interligando diferentes tipos de magnitudes em diferentes propriedades, atributos ou critérios em sistema formal matemático.

Conforme Saaty (2004), muitos problemas não podem ser estruturados hierarquicamente porque eles envolvem interações e dependência de elementos de alto e baixo nível. Ainda segundo Saaty (2004), o método ANP é a primeira teoria matemática capaz de buscar sistematicamente o objetivo da análise com todos os tipos de dependências e com base no novo paradigma dos tempos atuais em que tudo está interconectado em tudo sobre um fluxo de influências, e na forma pela qual os seres humanos percebem e estruturam um problema complexo. Assim, a rede se espalha em todas as direções e envolve ciclos entre os grupos e loops dentro do mesmo grupo.

O ANP é um acoplamento de duas partes. A primeira consiste de uma hierarquia de controle ou rede de critérios e subcritérios que controlam as interações. A segunda é uma rede de influências entre os elementos e grupos. A rede varia de critério para critério e uma supermatriz é calculada para cada controle de critério. Por fim, cada uma destas supermatrizes é ponderada pela prioridade de seu critério de controle e os resultados são sintetizados através da adição de todos os critérios de controle (Saaty, 1999).

O método é composto de sete etapas básicas comuns a todas as análises, iniciando pela estruturação do modelo até a síntese, as quais estão descritas a seguir (Figueiredo Junior, 2009):

- 1) Estabelecimento da Rede de Controle, que é formada por grupos, elementos e conexões determinados pelo analista, conforme a Figura 3.7.

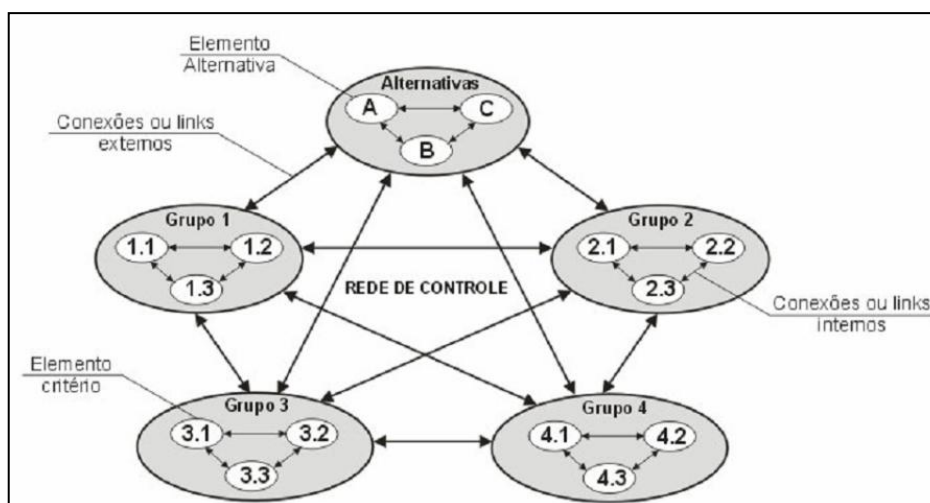


Figura 3.7 – Rede de controle (Figueiredo Junior, 2009)

- 2) Escala de Valores – Os julgamentos e suas medidas são derivados da escala fundamental de números absolutos de 1 ao 9 que busca o grau de influência de um elemento sobre o outro. Existe também o denominado limite psicológico, segundo o qual o ser humano pode, no máximo, julgar corretamente $27 \pm$ pontos. Deste modo Saaty definiu a Escala Fundamental em 1980, conforme apresentada na Tabela 3.1.
- 3) Comparações – Os Julgamentos são realizados por pares de comparações entre os elementos e os grupos da Rede de Controle por meio da escala de valores;
- 4) Matrizes de Comparação e Matrizes Normalizadas – As Matrizes de Comparação são geradas a partir dos resultados dos julgamentos realizados e as Matrizes Normalizadas calculam a média dos valores normalizados;
- 5) Supermatriz inicial – Posteriormente, os valores médios de todas as Matrizes Normalizadas são agrupados na matriz chamada de Supermatriz Inicial.
- 6) Supermatriz pesada – Supermatriz Pesada ou estocástica é gerada pela multiplicação dos valores dos blocos matriciais da Supermatriz Inicial com os resultados correspondentes da Matriz Normalizada dos Grupos;
- 7) Supermatriz Limite – A partir da Supermatriz Pesada é efetuado o cálculo de potência de matriz, gerando assim a Supermatriz Limite ou resultado final do processo.

Segundo Saaty (1999), algumas ideias fundamentais de apoio ao método ANP são:

- é construído sobre o AHP;

- ao permitir a dependência, o ANP vai além do AHP, incluindo a independência e, portanto, também o AHP como um caso especial;
- trabalha com a dependência dentro de um conjunto de elementos (dependência interior), e entre os diferentes conjuntos de elementos (dependência externa);
- a estrutura frouxa da rede do ANP faz a representação de qualquer possível problema de decisão sem se preocupar com o que vem primeiro e o que vem a seguir como em uma hierarquia;
- é uma estrutura não linear que trabalha com fontes, ciclos e sumidouros. A hierarquia é linear, com um objetivo em nível superior, e as alternativas no nível baixo;
- prioriza não apenas elementos, mas também grupos de elementos como muitas vezes é necessário no mundo real;
- utiliza a ideia de uma hierarquia de controle ou de uma rede de controle para trabalhar com diferentes critérios, o que levou à análise de benefícios, oportunidades, custos e riscos.

3.3.1.7 - MACBETH (*Measuring Attractiveness by a Categorical Based Evaluation Technique*)

O método MACBETH, desenvolvido por Bana e Costa e Vansnick (1994), é uma abordagem para transformação de julgamentos semânticos absolutos de diferenças de atratividade entre níveis de impacto e critérios em escalas de valor cardinal (escalas de intervalo), de modo a quantificar o valor de cada alternativa segundo cada critério. A técnica, ao envolver a comparação e o julgamento de apenas duas alternativas de cada vez, busca transpor as limitações encontradas em outros métodos que estabelecem juízos de valor sobre dois pares de ação ao mesmo tempo. O foco principal do método é a interação entre os agentes e o analista de decisão (Gomes, 2007).

O método ajuda na racionalização dos recursos e sistematização de procedimentos em contextos problemáticos complexos. É um método interativo, e uma das vantagens de procedimentos interativos é o estabelecimento do processo de aprendizagem, que permite gerar consenso entre os indivíduos envolvidos com o processo (Schimidt, 1995).

O método MACBETH é aplicado através de um software de interface amigável que provoca a interação entre agentes e analistas da decisão. Utiliza escala nominal

predefinida, porém maleável. Propõe-se a resolver problemas de seleção e ordenação (Gomes, 2007).

Segundo Schmidt (1995), o método MACBETH contém duas importantes fases: de estruturação e de avaliação. A estruturação é a fase de entendimento do problema, quando é analisado o ambiente onde está inserido e são identificadas as possíveis situações que exigem decisão, pela busca detalhada e concisa de informações, para que ela seja tomada de forma segura e precisa, e consiste em:

- identificação dos critérios de rejeição e da família de Pontos de Vista Fundamentais (PVFs), que são relevantes e que podem ser definidos como critérios de representação dos valores dos decisores;
- definição do indicador ou sistemas de indicadores que permitirão operacionalizar cada PVF pela construção de um descritor dos níveis de impacto plausíveis das alternativas segundo esse PVF;
- construção de uma matriz de juízo de preferência de cada PVF para avaliar a importância relativa dos níveis;
- ordenação dos PVFs segundo o juízo de valores dos decisores;
- construção de uma matriz de juízo de valores dos PVFs, para identificar a importância relativa dos PVFs ou equivalentemente suas taxas de substituição.

A avaliação ocorre quando as propostas são avaliadas comparativamente, pelos questionamentos feitos pelo analista aos decisores o que é feito de forma clara e direta, envolvendo apenas dois elementos em cada questão e utiliza a noção de diferença de atratividade. Consiste em:

- identificar o impacto das alternativas em cada PVF;
- calcular o valor global de cada alternativa segundo o modelo de juízo de preferência construído na fase de estruturação;
- hierarquizar as alternativas segundo seu valor global e analisar a sensibilidade de cada valor segundo os juízos de valores estabelecidos.

3.3.1.8 - TODIM (Tomada de Decisão Interativa e Multicritério)

O método TODIM é fundamentado na teoria dos Prospectos. Gomes (2007) descreve como se tomam decisões em meio ao risco. O método não decide pela solução de valor máximo,

mas sim por uma medida global de valor calculável, em que testa funções de perdas e ganhos a fim de construir uma função de diferença aditiva e fornecer medidas de dominância. Utilizado para ordenação de alternativa, permitindo a utilização da escala verbal na comparação binária.

Assim, enquanto praticamente todos os demais métodos multiobjetivo partem da premissa de que o tomador de decisão decide buscando sempre a solução correspondente ao máximo de alguma medida global de valor (por exemplo, o maior valor possível de uma função utilidade multiatributo – no caso do MAUT), o método TODIM faz uso da noção de uma medida global de valor calculável pela aplicação do paradigma em que consiste a Teoria dos Prospectos (Gomes, 2007).

Como o método AHP, o TODIM faz uso de comparações por pares entre critérios e a decisão, possuindo recursos tecnicamente simples e corretos para eliminar eventuais inconsistências provenientes dessas comparações. Também permite efetuar juízos de valor em uma escala verbal, utilizar, como o AHP, uma hierarquia de critérios, juízos de valor nebulosos e fazer uso de relações de interdependência entre alternativas.

3.3.1.9 - Métodos híbridos

Diversos trabalhos recentemente têm utilizado diferentes métodos multiobjetivo em conjunto nos seus processos de decisão. Os autores desses estudos têm percebido que as deficiências de alguns métodos podem ser supridas por pontos fortes de outros métodos. Assim, tem sido crescente a quantidade de trabalhos fazendo esta abordagem. Alguns exemplos podem ser encontrados na literatura e serão citados a seguir a fim de ilustrar esta proposta.

Um estudo conduzido por Önüt e Soner em 2007, aplicado em Istambul, Turquia, para escolha de locais adequados para deposição de lixo sólido, empregou o método AHP para determinar as ponderações aplicadas à matriz do método TOPSIS, com avaliações iniciais definidas por números triangulares *fuzzy*. O emprego do procedimento derivou da complexidade e das incertezas que envolviam o problema, razões pelas quais foi útil o uso de informações qualitativas extraídas dos *stakeholders* (Silva e Cavalcanti Netto, 2008).

Outros exemplos que podem ser citados são os estudos sobre avaliação de serviços de linhas aéreas em Tsaour *et al.* (2002), avaliação de países para desenvolvimento de negócios internacionais em Chen e Tzeng (2004) e gestão de cadeia de suprimentos global em Sheu (2008), que mostram o uso do método AHP junto com o método TOPSIS. Essa abordagem é aceitável para avaliar alternativas onde o aspecto subjetivo está presente, sem que fosse descartada a possibilidade de transformar tais aspectos em referências numéricas, para uma avaliação consistente, antes da tomada de uma decisão final (Silva e Cavalcanti Netto, 2008).

3.3.1.10 - Ferramentas computacionais de análise multiobjetivo

As técnicas multiobjetivo têm se apoiado em recursos computacionais tendo em vista a quantidade de operações a ser realizada e a complexidade dos cálculos. Diversos algoritmos têm sido implementados e para sua automatização programas têm sido desenvolvidos. Alguns deles serão elencados a seguir.

Almeida Filho *et al.* (2005) avaliam diversas ferramentas computacionais de apoio à decisão buscando selecionar aquela mais adequada aos propósitos especificados no trabalho. Utilizaram o método VIP Analysis para escolherem dentre os programas. Na pesquisa os autores consideraram as seguintes ferramentas: @RISK, Analytica, Crystal Ball Premium Edition, Crystal Ball Professional Edition, Crystal Ball Standard Edition, DEA Solver Pro, Decision Pro, Decision Tools Suite, DPL Professional, Equity, Frontier Analyst, HiPriority, Hiview, JBI Javabean Decision Tree, Netica, OnBalance, Precision Tree, Risk Sim, Tree Age Pro Suite e Tree Plan.

Outras ferramentas computacionais, além das citadas no trabalho de Almeida, podem ser citadas, como: Logical Decision, WEB-HIPRE, Expert Choice, Super Decision, MacModel, Naiade, SAD-PTARH, Sapiens, Vencim, Macbeth, ELECTRE, dentre outros.

3.3.2 - Conjuntos difusos (*fuzzy set*)

A utilização da lógica *fuzzy*, formalmente desenvolvida por Zadeh em 1960, tem tido especial relevância na mensuração de alguns problemas. A teoria dos conjuntos *fuzzy* foi desenvolvida por Zadeh para formalizar matematicamente situações envolvendo “graus de

verdade”. As funções *fuzzy* atribuem números reais, no intervalo entre [0,1], a graus de verdade de afirmações – não sendo verdadeiro (1) ou falso (0) poderia assumir um valor de verdade intermediário (entre 0 e 1) (Pacheco *et al.*, 2008).

De acordo com o que descrevem Ganga *et al.*, (2011) essa teoria se presta a formalizar situações como conceitos, fenômenos e afirmações envolvendo ambiguidade e imprecisão, e lida com situações de incerteza e subjetividade, típicas de medidas de natureza qualitativa e comparação pareada, como a utilizada no método AHP.

A lógica *fuzzy* tem como finalidade resolver problemas de modelagem complexa, com aspectos qualitativos e quantitativos, sujeitos às variações probabilísticas relevantes ou descritos por bases de dados diferentes e incompletas. As relações de preferência, portanto, são relações guiadas por uma função de pertinência, exprimindo o grau de verdade de uma comparação entre alternativas (sob a ótica de um dado critério) com relação a uma afirmação. Uma relação *fuzzy* $\mu(a,b) = 0.6$, por exemplo, expressa um grau de verdade de 0.6 da afirmação de que “a” é preferível a “b”. Um valor de $\mu(a,b) = 1$ seria equivalente a aRb , em termos de lógica clássica, do mesmo modo que $\mu(a,b) = 0$ seria equivalente a $aR^c b$ (Fernandes, 2009).

De acordo com Shimizu (2006), um conjunto $A \subset X$ é denominado conjunto difuso (*fuzzy set*) se cada elemento x de X for caracterizado por uma função de pertinência $u_a(x)$ cujo valor indica o grau de pertinência ou possibilidade de ocorrência desse elemento no conjunto A . Por exemplo:

x possui pertinência $u_a(x) = 1$, se houver certeza absoluta que pertence ao conjunto A ;
 x possui pertinência $u_a(x) = 0$, se houver certeza de que não pertence ao conjunto A ; e
 x possui pertinência $u_a(x)$ com valor entre zero e um, conforme pertença ao conjunto A com maior ou menor precisão de afinidade.

A função de pertinência não é igual à função de probabilidade, uma vez que a soma de todos os valores $u_a(x)$ de um conjunto A não é necessariamente igual a um. A função de pertinência relaciona a maior ou menor afinidade do elemento x em relação ao conjunto A (Shimizu, 2006).

Os conjuntos difusos são aplicados quando não é possível identificar as variáveis antecipadamente, ou as variáveis conhecidas não podem ser medidas corretamente, ou existem conceitos vagos (Gomes *et al.*, 2006).

O julgamento de valor, empregado nos métodos de avaliação de alternativas, como os métodos de auxílio à decisão, nem sempre pode ser expresso de forma segura e precisa. Por esse aspecto, os conjuntos difusos têm sido empregados na estruturação desses métodos. No presente estudo serão selecionados indicadores de desempenho e avaliadas estações de tratamento de esgotos. Nestes casos, a falta de informações não é incomum, havendo muitas situações em que os dados necessários são inexistentes. Além disso, os critérios muitas vezes são subjetivos, sendo útil o emprego dos conjuntos difusos.

O uso dos conjuntos difusos tem-se destacado na área de apoio à decisão nos sistemas de controle. Especificamente, na área de recursos hídricos e meio ambiente, os conjuntos difusos têm sido utilizados para quantificação de impacto ambiental, análise de risco e determinação de benefícios econômicos. Uma das grandes vantagens do método é possibilitar a incorporação de valores subjetivos, bom-senso e a opinião dos envolvidos, por meio das funções de pertinência, além da simplicidade e robustez do método. Por outro lado, quando não se dispõe de experiência no processo, a definição das funções de pertinência e regras do sistema difuso torna-se difícil, caracterizando uma desvantagem do sistema (Brostel, 2002).

Os métodos de auxílio à decisão apresentados servem como ferramentas de apoio para a avaliação de desempenho. Os métodos multiobjetivo foram escolhidos para subsidiar a avaliação, pela capacidade de estruturar o problema e por possibilitar soluções para problemas complexos. Foram utilizados três métodos neste trabalho: a) o método AHP com as técnicas de comparação pareada, para auxiliar na seleção e avaliação dos indicadores de desempenho; b) o método ELECTRE TRI, empregado como um método de alocação; e c) o método TOPSIS, que neste trabalho foi adaptado e empregado como um método de alocação, tendo a importante função de método confirmatório, ao comparar seus resultados com os do método ELECTRE TRI.

3.4 - MÉTODOS DE AUXÍLIO À DECISÃO EM GRUPO

Uma dificuldade natural enfrentada no processo de tomada de decisão surge quando o problema não é analisado por um indivíduo, mas por um grupo de pessoas, como um comitê, uma comissão, um grupo de sócios de uma empresa, representantes de classes, dentre outros. A decisão em grupo envolve, além da complexidade natural do problema, relações interpessoais dos decisores e os objetivos específicos de cada indivíduo.

Uma importante característica de decisão em grupo é que, mesmo quando todos os indivíduos pertencem a uma mesma organização (família, empresa, governo), eles podem diferir na percepção do problema e podem ter interesses diferentes, mas eles são todos responsáveis pelo bem da organização e por parte da decisão a ser tomada.

Segundo Saaty (2008), a qualidade das decisões do grupo depende da habilidade de seus decisores para trabalharem coletivamente, o que não significa concordarem, mas sim discutirem o assunto sem restrições, de maneira criativa e ativa.

Morais (2006) aponta que para as situações de decisão envolvendo múltiplos atores, cada um com sistemas de valores e informações diferentes, a decisão final será o resultado de uma interação entre essas preferências individuais, ocorrendo geralmente com conflitos. Nas organizações, os conflitos para a tomada de decisão são inevitáveis pela própria natureza humana, fazendo parte da interação do grupo.

De acordo com Gomes (1998), o gerenciamento de conflitos em um grupo deve ser estimulado, já que gera novas regras para a organização, estimula a inovação, diminui as resistências à mudança e elimina a estagnação.

3.4.1 - Métodos qualitativos

Os métodos qualitativos de decisão em grupo, assim denominados neste trabalho, são aqueles frequentemente utilizados para auxiliar na compreensão e estruturação do problema, e, ainda, que permitem uma participação mais efetiva e consensual de cada um dos atores envolvidos no processo decisório. A seguir, serão brevemente descritos alguns desses métodos.

3.4.1.1 - *Brainstorm*

De acordo com Warfield (1994), a concepção das reuniões *Brainstorm* foi atribuída a Alex Osborne nos anos 50. São reuniões onde a criatividade de impulso é estimulada para ampliar as opções ou soluções para um problema.

Segundo Morais (2006), o método *Brainstorm* (traduzido como tempestade de ideias) estimula a criatividade na resolução de problemas. O conceito por trás do método é que as pessoas têm mais ideias quando trabalham em grupo do que sozinhas.

De acordo com Gomes *et al.* (2006), o *brainstorm* é usado para auxiliar um grupo a imaginar/criar tantas ideias quanto possível em torno de um assunto ou problema. Deve ser usado quando for necessário conhecer melhor o universo de uma situação, colher informações, opiniões e sugestões dos participantes, identificando problemas existentes e encontrando soluções criativas para o problema identificado.

Para Mazzilli (1994), o método tem como vantagens a ruptura da inércia cognitiva e a redução do bloqueio mental, que decorre da falta de segurança pessoal que impede a expressão espontânea de ideias. É adequado para gerar rapidamente ideias de um grupo a respeito de um tema.

Segundo Hwanc e Lin (1987), o *brainstorm* baseia-se em dois princípios e quatro regras que devem ser compreendidos e seguidos pelos participantes. O primeiro princípio é o da proteção de julgamento, por meio do qual a parte criativa da mente das pessoas é incentivada, gerando ideias, sem que haja necessidade de julgar se são boas ou não. Elas são julgadas posteriormente, apenas depois que todas as ideias do grupo tiverem sido apresentadas. O segundo princípio indica que a quantidade gera qualidade; quanto maior o número de ideias, maior a chance de uma delas contribuir para a solução do problema. As regras básicas são:

- (1) as críticas são eliminadas do processo, a fim de que não haja comentários sobre a qualidade das ideias;
- (2) os pensamentos sem restrições são bem vindos, encorajando os participantes a dizerem qualquer ideia que lhes venha à mente;

(3) o que se quer é quantidade, pois quanto maior o número de ideias, maior a chance de aparecer ideias boas; e

(4) combinação e melhoria das ideias dos outros, pois os participantes podem aproveitá-las para criar outras diferentes ou aprimorar aquelas já apresentadas.

3.4.1.2 - Mapas cognitivos

Segundo Cruz (2011), os mapas cognitivos podem ser entendidos como representações gráficas de conjuntos de representações discursivas, feitas por um sujeito (o ator) com vistas a um objeto (o problema), em contextos de interações particulares.

O uso do mapa cognitivo como instrumento de apoio à decisão ganha valor quando o contexto decisório envolve problemas complexos e vários decisores. No grupo há diferença de personalidades, estilos de interação, poder, valores e de preocupações sobre a política interna da organização. Dessa forma, em um processo de apoio à decisão em grupo, devem ser considerados os valores dos decisores. Porém, é extremamente difícil decifrar com objetividade tais valores, pois fatores subjetivos influenciam no processo de tomada de decisão. Assim, é vital entender como os decisores percebem e interpretam o contexto da decisão em que estão envolvidos e como eles definem seu problema. Do exposto, nota-se que o mapa cognitivo é uma ferramenta utilizada para auxiliar a definir o problema desses decisores (Ensslin e Montibeller, 1998).

De acordo com Cruz (2011), na abordagem cognitiva é estabelecido um processo de negociação de uma situação problemática em que o facilitador e os atores se comprometem a construir a definição do problema, aceitando a intersubjetividade e o pressuposto da aprendizagem. Os mapas cognitivos podem, por esse meio, servir como instrumentos de negociação.

Os processos cognitivos podem ser representados conforme a Figura 3.8, a seguir:

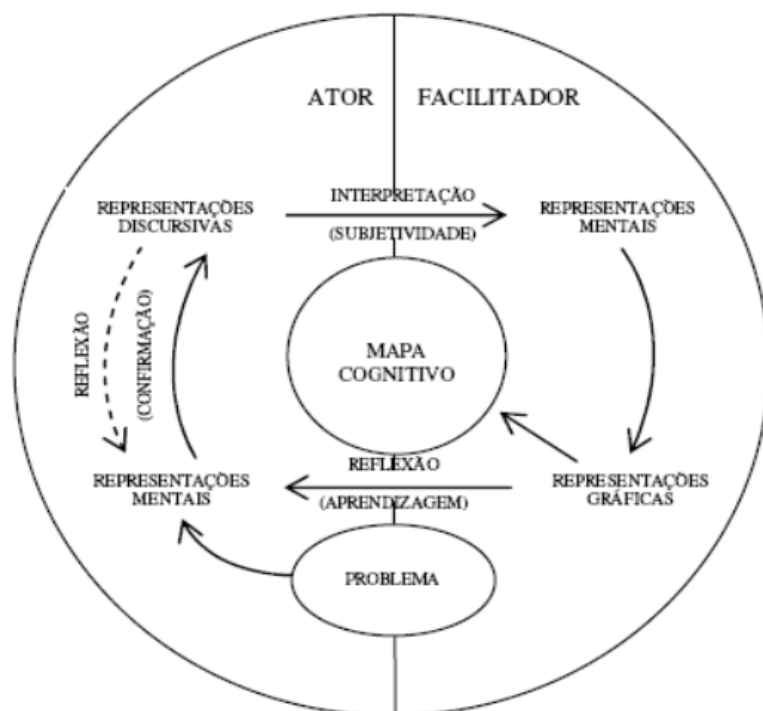


Figura 3.8 – Processo cognitivo de articulação de pensamento (Cruz , 2011).

Na construção do mapa cognitivo de um grupo existe uma grande quantidade de conceitos conflitantes, mas também uma grande quantidade de conceitos similares, que podem ser agregados. Apesar de os decisores perceberem e interpretarem o mesmo contexto decisório de forma diferente, para realizar alguma coisa tem de levar em conta como os outros decisores percebem e interpretam tal contexto. Há, na realidade, uma interdependência entre os decisores no que concerne às ações.

Zawadzki e Belderrain (2008) apresentam duas etapas para construção do Mapa Cognitivo, conforme apresentado a seguir:

Etapa 1 – Construção do Mapa Cognitivo:

- Passo 1: Definição do Rótulo do Problema;
- Passo 2: Identificação dos Elementos Primários de Avaliação (EPAS);
- Passo 3: Construção dos conceitos a partir do EPAs;
- Passo 4: Hierarquização dos conceitos (Cabeça e Cauda);
- Passo 5: Construção do mapa cognitivo de grupo.

Etapa 2 – Análise do Mapa Cognitivo:

- Passo 1: Identificação dos clusters;
- Passo 2: Identificação das linhas de argumentação;
- Passo 3: Identificação dos ramos;
- Passo 4: Análise avançada do Mapa Cognitivo;
- Passo 5: Ponto de Vistas Fundamentais.

3.4.1.3 - Método Delphi

O método Delphi, conforme Magalhães *et al.* (2003), constitui-se de um painel de consulta a especialistas desenvolvido na década de 1950 por Olaf Helmer e Norman Dalkey, ambos os cientistas da empresa americana Rand Corporation. O painel Delphi é a técnica de consulta mais conhecida no mundo, tendo sido inspirada nas consultas dos gregos aos oráculos (oráculo Delphi).

Delphi é uma técnica para a busca de um consenso de opiniões de um grupo de especialistas a respeito de eventos futuros. O objetivo original do método era desenvolver uma técnica para aprimorar o uso da opinião de especialistas na previsão tecnológica. A técnica baseia-se no uso estruturado do conhecimento, da experiência e da criatividade de um painel de especialistas, pressupondo-se que o julgamento coletivo, quando organizado adequadamente, é melhor que a opinião de um só indivíduo (Wright e Giovinazzo, 2000).

Warfield (1994) descreve Delphi como um método de geração, esclarecimento, estruturação (limitado) e contribuição de ideias, sendo utilizado para coletar e avaliar informações ou opiniões dos especialistas a respeito de um tema.

Segundo Gordon (1994), os pontos fundamentais do método Delphi são o anonimato dos participantes, a realização de várias rodadas e a realimentação da informação da rodada anterior para reavaliação nas subsequentes.

Bollmann e Marques (2000) aplicaram o método Delphi para compor o processo de seleção de indicadores de qualidade de águas seguindo as seguintes etapas:

- a) estabelecimento do perfil dos especialistas que serão consultados na pesquisa, considerando três aspectos fundamentais: multiplicidade de formação acadêmica; multiplicidade de atuação profissional; e experiência profissional;
- b) solicitar aos participantes que classifiquem as variáveis apresentadas em três categorias: “incluir”, “não incluir” e “indeciso”. Desta forma, todas as variáveis apresentadas podem ser avaliadas na opinião de cada participante.
- c) Em uma terceira etapa, elabora-se a listagem das variáveis selecionadas (novos parâmetros indicados além dos originalmente escolhidos) classificadas por ordem de importância, que pode ser obtida pela significância média calculada como uma média ponderada entre os níveis escolhidos (de 1 a 5) e o número de opiniões tabuladas. Esta listagem é novamente enviada aos especialistas para que escolham um número n de variáveis finais, que serão então consideradas para compor os indicadores finais. O processo (na fase de escolhas das variáveis) se encerra com a convergência dos m indicadores ($m \leq n$) apontados com consenso.

Brostel *et al.* (2002) citam as seguintes etapas para o método:

- Desenvolvimento de questionário Delphi;
- Selecionar e contatar os participantes;
- Selecionar o tamanho da amostra;
- Desenvolver o questionário, testá-lo e analisar as respostas. Esta fase é repetida por três vezes, para que se chegue à concordância; e
- Elaboração do relatório final.

3.4.2 - Métodos quantitativos

Os métodos quantitativos de decisão em grupo visam à obtenção de valores que representem a decisão conjunta. Nesses métodos, as preferências individuais são agregadas com o emprego de modelos matemáticos.

Existem basicamente duas abordagens para agregar as preferências individuais quando mais de um indivíduo participa de uma decisão. Lopez e González (2003) descrevem cada uma das abordagens da seguinte forma:

1. O grupo de decisores deve concordar em relação a alternativas, critérios, performances, pesos, limiares e demais parâmetros necessários antes de o modelo prover uma solução. Uma vez que a discussão é finalizada e toda a informação individual é reunida, uma técnica é utilizada para a obtenção dos valores dos parâmetros desse modelo os quais devem representar a opinião coletiva. Com essa informação, um modelo de decisão multiobjetivo fornece a solução para o grupo.

2. Cada membro define seu próprio critério, as avaliações apropriadas e os parâmetros dos modelos, e um método multiobjetivo é usado para se obter a ordenação pessoal. Depois, cada ator é considerado como um critério separado, e a informação contida na sua ordenação individual é agregada a uma ordem coletiva final, utilizando-se o mesmo ou outro método multiobjetivo de decisão.

Forman e Peniwati (1998), afirmam que o comportamento do grupo é o fator que determinará a forma com que as informações serão analisadas e agregadas. No caso de um grupo que atua como uma unidade, utiliza-se a abordagem conhecida como Agregação Individual de Julgamentos (AIJ). Já para grupos que preferem manter a análise individual, existe a Agregação Individual de Prioridades (AIP). Em ambos os casos, pode-se atribuir diferentes pesos aos decisores no processo ou então considerá-los de mesmo grau de importância para a decisão.

Os autores ainda citam uma série de três perguntas que devem ser feitas a um grupo de modo a verificar qual dos dois métodos se encaixa melhor de acordo com a característica do grupo. São elas:

- O grupo se comporta sinergicamente como uma unidade ou apenas como uma coleção de indivíduos?
- Qual processo matemático deveria ser usado para agregar as informações, AIJ ou AIP? A resposta para esta questão depende da resposta da questão anterior.
- Se os indivíduos apresentam diferentes graus de influência para a decisão, como obter os pesos destes graus de influência e como incorporá-los ao processo de agregação?

Conforme apresentado, os métodos quantitativos de decisão em grupo tratam matematicamente a agregação individual de formas distintas. Segue uma breve descrição de cada uma delas, levando em consideração como a agregação é realizada.

3.4.2.1 - Agregação Individual de Julgamentos (AIJ)

Na AIJ os indivíduos estão dispostos a renunciar às suas próprias preferências para o bem da organização. Eles agem em conjunto e agrupam os seus julgamentos de tal modo que o grupo se torne um “novo” indivíduo e se comporte como um só. Há uma sinergia na agregação dos julgamentos dos indivíduos. As identidades individuais são perdidas na fase de agregação, e uma síntese dos pontos de vista resulta na prioridade do grupo. As prioridades individuais não são relevantes.

Nesta abordagem, o princípio de Pareto é violado. Tal princípio alega que dadas duas alternativas A e B, se cada membro de um grupo prefere A a B, então o grupo deve preferir A a B. No entanto, no caso do AIJ, os indivíduos estão dispostos a renegarem suas próprias preferências para o bem comum do grupo.

Se forem verificadas inconsistências em um rol de julgamentos realizados por determinado indivíduo, o grupo pode intervir e solicitar a este indivíduo que revise os seus julgamentos, caso tais inconsistências sejam consideradas de grau elevado. O grupo ainda poderia optar por excluir os julgamentos de algum indivíduo. Logo, não há uma síntese a partir de cada indivíduo, o que torna o princípio de Pareto não aplicável.

O consenso do grupo pode ser simulado de acordo com a média geométrica dos julgamentos individuais. É corrente o fato de que apenas a agregação dos julgamentos por média geométrica satisfaz duas importantes condições:

- Condição de unanimidade (Princípio de Pareto):

Se $a_i \geq b_i$, $i = 1, 2, \dots, n$, então: $\sqrt[n]{\prod_{i=1}^n a_i} \geq \sqrt[n]{\prod_{i=1}^n b_i}$, dado que $a_i \geq 0$ e $b_i \geq 0$, $i=1, 2, \dots, n$.

- Condição de homogeneidade: se todos os indivíduos julgarem um critério A como n vezes mais importante que o critério B, então o julgamento final após a agregação dos julgamentos individuais também deve apresentar A n vezes mais importante que B.

Considerando tais fatores, conclui-se que para o método AIJ, é imperativo que a agregação dos julgamentos seja feita por meio da média geométrica. Embora o princípio de Pareto

seja inaplicável para o AIJ como um todo, para a agregação de julgamentos ele se faz matematicamente necessário.

3.4.2.2 - Agregação Individual de Prioridades (AIP)

Na AIP cada um dos indivíduos age do seu próprio modo, com sistemas de valores diferentes. Nesse caso, a agregação é caracterizada pela coleção de indivíduos independentes e o interesse está no resultado das prioridades das alternativas de cada participante.

Em grupos que se comportam dessa forma é praticamente utópica a definição de um consenso para o bem do grupo. Assim, o método AIP considera a análise de decisão de cada indivíduo separadamente.

No contexto do AIP, as prioridades individuais podem ser sintetizadas tanto por meio de média geométrica quanto aritmética. De acordo com Forman e Peniwati (1998), as pessoas normalmente sentem-se confortáveis em utilizar média aritmética para calcular médias, de uma forma geral. Isto, pois geralmente trabalham com medidas e números em escalas com significado intervalar. No entanto, quando se trabalha com medidas em escalas de magnitudes, como é o caso do método multiobjetivo AHP, tanto a média geométrica como a aritmética tem significado.

3.4.2.3 - Outros métodos que se enquadram na abordagem AIP

A unanimidade é sempre visada nos métodos de decisão em grupo, porém é bastante rara, sendo necessário confiar nos métodos de agregação para representar a vontade da maioria. Quando as formas democráticas procuram uma maneira de legitimar um resultado final, por meio da confirmação do aval da vontade coletiva, o voto livre e universal é um dos métodos mais importantes para se atingir esse objetivo (Morais, 2006).

De acordo com Saari (1999), o processo de votação é a abordagem mais comumente utilizada para a agregação de preferências individuais. No sistema de votação, os métodos mais conhecidos são: o método pluralista, de Borda, Condorcet e Copeland, que serão brevemente descritos.

a) Método Pluralista

É um dos métodos mais simples, pois a vontade coletiva é aferida por meio do voto. Nele, a opção que receber o maior número de votos vence. Tal sistema oferece sérios inconvenientes, pois permite que alternativas com baixo percentual de escolha seja vencedora (Smith, 1973). Por exemplo, numa disputa com mais de cinco alternativas, uma delas consegue vencer com o baixo percentual de 20% dos votos desde que as outras tenham percentuais inferiores.

b) Método de Borda

Conforme descrevem Valladares *et al.* (2008), o método de Borda é, em sua essência, uma soma de pontos. Também possui a grande vantagem da simplicidade. Para uso deste método, o decisor deve ordenar as alternativas de acordo com as suas preferências; a alternativa preferida recebe um ponto, a segunda, dois pontos, e assim sucessivamente. Os pontos atribuídos pelos decisores a cada alternativa são somados, e a alternativa que tiver obtido a menor pontuação é a escolhida

c) Método de Condorcet (regra da maioria)

O método de Condorcet trabalha com relações de superação. As alternativas são comparadas sempre duas a duas e constrói-se um gráfico que expressa a relação entre elas. Este método tem a vantagem de impedir distorções ao fazer com que a posição relativa de duas alternativas independa de suas posições relativas a qualquer outra. No entanto, pode conduzir ao chamado “paradoxo de Condorcet”, situação que gera ciclos de intransitividade. Essa situação, embora possa ser aproveitada em certos problemas, impossibilita gerar uma ordenação das alternativas.

d) Método de Copeland

Este método é derivado do método de Condorcet e consiste em calcular a soma das vitórias menos as derrotas em uma votação por maioria simples. As alternativas são ordenadas pelo resultado dessa soma. Mesmo que existam ciclos de intransitividade, o método de Copeland permite fazer a ordenação e mantém a classificação das alternativas que não

pertencem a nenhum ciclo de intransitividade. Apesar de computacionalmente mais exigente que o Borda, esse método fornece sempre uma resposta. O método de Copeland pode ser considerado um compromisso entre as filosofias opostas de Borda e Condorcet, reunindo, dentro do possível, as vantagens dos dois.

Além dos métodos apresentados, outros têm sido estudados para o problema da agregação das prioridades individuais dentro de um grupo, a fim de chegar a uma prioridade coletiva (Smith, 1973; Cook e Seiford, 1984; Kruger e Kearney, 2008; Cook *et al.*, 2007; Cook, 2006; Escobar e Jiménez, 2006; Ramanathan e Ganesh, 1994). Dentre os métodos citados na literatura destacam-se: método baseado na distância das ordenações, método baseado nas distâncias ordinais com intensidade de preferência, métodos de sobreclassificação, método de agregação aditiva e métodos baseados nas diferenças cardinais.

Os métodos de auxílio à decisão em grupo são fundamentais para apoiar as avaliações realizadas neste trabalho. Isso se deve porque todas as avaliações realizadas neste trabalho envolveram mais de um indivíduo, sendo necessário equalizar os julgamentos dos múltiplos atores envolvidos no processo. Dentre os métodos qualitativos de decisão em grupo, utilizados para auxiliar a compreensão e estruturação do problema, foi empregado o método Delphi. Algumas adaptações e simplificações foram necessárias, motivadas pelo tempo disponível para conclusão da pesquisa e das ferramentas computacionais utilizadas, como o programa Lime Survey e do processamento das respostas com planilhas eletrônicas. Em relação aos métodos quantitativos de decisão em grupo, foram empregadas as duas abordagens descritas, AIP e AIJ. A abordagem AIP foi utilizada quando havia sinergia no grupo de avaliação e a AIJ quando o grupo tinha posicionamentos divergentes.

4 - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

4.1 - SISTEMAS DE INDICADORES DE DESEMPENHO

A primeira tentativa de desenvolvimento de sistema de indicadores ambientais urbanos teve lugar no início dos anos 1970, por meio de estudos concluídos pela OCDE. Segundo Lima (2009), essa tentativa não deu bons resultados em virtude dos projetos terem sido considerados demasiadamente ambiciosos e mal focados, além da falta de vontade política para realizá-los. Entretanto, nas duas últimas décadas, foram desenvolvidas novas tentativas de construção de um sistema de indicadores, constituindo-se vários grupos de trabalho internacionais.

De acordo com Alegre *et al.* (2006), a finalidade principal da constituição de um sistema de indicadores é prover informações sobre o ente avaliado. Um sistema de indicadores não apenas provê dados, mas um conjunto de informações que auxiliam nas tomadas de decisão dos gestores.

O interesse por sistemas de indicadores para o planejamento e avaliação de políticas públicas no Brasil é crescente. De acordo com Borja e Moraes (1999), os objetivos da aplicação dos indicadores estão relativamente esclarecidos. Por outro lado, os modelos de sistemas ainda estão por ser validados, pois carecem de marcos teóricos, não só para a seleção dos indicadores mais relevantes, como, também, para a definição de métodos de agregação.

De acordo com Alegre *et al.* (2004), a análise de um único indicador tem pouco interesse prático, podendo até conduzir a conclusões erradas. A interpretação do desempenho de uma entidade gestora deve ser feita com base em um conjunto de indicadores, com conhecimento de causa, considerando o contexto em que estão inseridos, bem como as características mais relevantes do sistema e da região em questão.

Santos e Cardoso (2001) afirmam que uma das ferramentas mais utilizadas para o desenvolvimento de uma gestão pública eficiente e comprometida com resultados é a mensuração e a avaliação de desempenho institucional por meio de um conjunto de

indicadores. Como exemplo, em 26 de junho de 2006, o Município de São Paulo sancionou a Lei nº 14.173, a qual estabelece indicadores de desempenho relativos à qualidade dos serviços públicos naquele Município. No contexto dessa lei, os indicadores de desempenho são instrumentos utilizados para medir a qualidade de determinados serviços públicos. O artigo 2º aponta que os indicadores têm por objetivo possibilitar:

- I - a defesa preventiva dos consumidores e dos usuários de serviços públicos;
- II - níveis crescentes de: - universalização dos serviços públicos; - continuidade dos serviços públicos; - rapidez no restabelecimento dos serviços públicos; - qualidade dos bens e serviços públicos;
- III - a redução gradativa dos: - custos operacionais dos bens e serviços públicos; - redução do desperdício de produtos e serviços;
- IV - a melhoria da qualidade do meio ambiente e das condições de vida da população (Art. 2º, Lei nº 14.173/2006).

Um sistema de IDs bem planejado e bem estruturado oferece a possibilidade de um grau maior de compromisso com resultados durante a discussão e a execução de programas mediante a determinação de metas de desempenho que expressem os sucessos esperados em termos da quantidade e qualidade dos serviços prestados à comunidade e da efetividade e eficiência com que são oferecidos (Santos e Cardoso, 2001). Os autores acrescentam que a adoção de um sistema de indicadores de gestão, que avalie permanentemente a eficiência, a eficácia e a qualidade dos serviços prestados à comunidade tem um enorme potencial como ferramenta para melhorar a gestão pública. As organizações públicas devem cumprir seus objetivos ao menor custo possível e definir critérios de eficiência na avaliação dos resultados. Isso contribui para o reforço do objetivo de alcançar a máxima eficiência no uso dos recursos fiscais.

Ressalta-se, entretanto, que, devido à existência de um universo amplo e complexo de indicadores de desempenho, a construção de um sistema deve ser realizada de forma criteriosa em relação ao objeto específico de cada segmento do processo (Silva, 2006).

Para construção de um sistema de indicadores, devem ser observadas algumas características, dentre as quais alguns autores (Meadows, 1998; Bossel, 1999; Brostel, 2002; Miranda e Teixeira, 2004; Malheiros *et al.*, 2006; e von Sperling, 2010) apontam as seguintes, como indispensáveis na escolha dos indicadores:

- grau de importância (relevância);
- recorrência (número de entidades que empregam);
- representatividade (dos processos e das atividades);
- validade científica (possuir embasamento técnico e científico);
- facilidade de interpretação (clareza na comunicação, compreensão, facilidade de entendimento);
- demonstração de tendências temporais;
- preditividade (apresentação de avisos antecipados sobre tendências);
- sensibilidade a modificações ambientais ou econômicas;
- disponibilidade de dados para medição e monitoramento (acessibilidade dos dados, facilidade de obtenção);
- custo para medição e monitoramento (viabilidade econômica);
- qualidade dos dados;
- adaptabilidade (possibilidade de atualização em intervalos regulares);
- referência para medição (existência de nível de referência);
- suficiência;
- oportunidade (oportuno temporalmente, integrado com o planejamento);
- apropriação na escala (apropriado aos diferentes usuários potenciais);
- democracia (diversidade e ampla participação na escolha e acesso aos resultados);
- medida física (balancear, na medida do possível, unidades físicas e monetárias);
- adaptabilidade (não deve pretender ser uma ferramenta estanque, flexibilidade);
- amplitude geográfica;
- confiabilidade da fonte;
- segurança (seguro e estável);
- pró-atividade;
- aplicabilidade (viabilidade de aplicação, coerência com a realidade local);
- definição de metas (capacidade de permitir estabelecer metas a serem alcançadas);
- rastreabilidade;
- efetividade (eficiência e eficácia);
- grau de liberdade (possui real liberdade para responder e reagir às necessidades); e
- necessidade psicológica (é compatível com a necessidade psicológica e cultural das pessoas).

De acordo com Meadows (1998) e Malheiros *et al.* (2006), devem ser evitados erros comuns no processo de escolha de indicadores, tais como:

1. Agregação exagerada: Se muitos dados forem reunidos, a mensagem final que ele acarreta pode ser indecifrável. Um bom exemplo é o PIB (produto interno bruto), que junta tanto o fluxo monetário por mudanças boas (educação, saúde etc), quanto pelas mudanças ruins (aumento do número de internações, do crime etc);
2. Medir o que é mensurável em detrimento de medir o que é importante: como exemplo clássico tem-se a medida da riqueza das pessoas em valores monetários, em vez de medi-la pela qualidade de vida;
3. Depender de falsos modelos: por exemplo, pensar que a taxa de natalidade reflete a disponibilidade de programas de planejamento familiar, quando, na verdade, reflete a liberdade da mulher em utilizar tais programas;
4. Falsificação deliberada: se um índice carrega más notícias, alguns maus governantes são tentados a perdê-los ou suprimi-los, mudando seus termos e definições. Como exemplo, cita-se que no Brasil são contados como desempregados somente os que efetivamente procuram emprego, não sendo computados os que, embora ainda desempregados, desistiram de procurar;
5. Desviar a atenção da experiência direta: percepções e experiências devem ser adequadamente inseridas na escolha, análise e comunicação dos indicadores;
6. Confiar demais nos indicadores: levar em consideração a possibilidade de que os indicadores possam estar incorretos;
7. Incompletos: como reflexo parcial da realidade, podem deixar de apresentar detalhes.

Meadows (1998) e Malheiros *et al.* (2006) consideram, ainda, como requisitos mínimos para a escolha dos indicadores: o gradualismo, permitindo que se possa partir de um número limitado de indicadores a serem aprimorados ao longo do tempo; a qualidade e o número mínimo de dados disponíveis, uma vez que os indicadores requerem um mínimo de informação primária, confiável e sistematizada; a capacidade de associação, que envolve o engajamento de “sócios” institucionais com uma liderança; o planejamento de acordo com as necessidades dos usuários; a continuidade, que deve ser garantida ao longo do tempo; e o intercâmbio de experiências anteriores.

4.1.1 - Sistemas de indicadores na área de saneamento ambiental

A construção de um sistema de indicadores na área de saneamento ambiental colabora para o processo de avaliação de setores específicos, como o de abastecimento de água e o de esgotamento sanitário. O sistema de indicadores proporciona a comparação regional, a comparação entre setores, tanto internos como externos, a avaliação da eficiência (uso adequado dos recursos de entrada em relação às saídas, em um determinado processo) e eficácia (grau de atendimento ao desempenho estabelecido para um determinado produto) dos modelos de gestão adotados e a evolução dos desempenhos na linha do tempo .

Brostel (2002) em seu trabalho propôs o desenvolvimento de uma metodologia de avaliação de um dos componentes do sistema de esgotamento, as ETEs. Na metodologia empregada foram utilizados dezoito critérios de avaliação, identificados a partir das expectativas dos atores presentes no contexto das ETEs. Esses critérios foram submetidos à opinião de uma equipe de especialistas para determinação da relação de importância entre eles. Para cada critério foi utilizada uma metodologia de avaliação específica, dentre elas os indicadores de desempenho. Porém, a metodologia desenvolvida não contou apenas com um sistema de indicadores para a avaliação, mesclando outros métodos, como a matriz de interação e planilhas de avaliação, que são semelhantes às metodologias utilizadas em auditorias. Na conclusão de seu trabalho, Brostel propõe o desenvolvimento futuro de uma metodologia de avaliação em que os critérios fossem mensurados apenas com indicadores de desempenho, permitindo identificar, de forma rápida e menos onerosa, o desempenho global de uma ETE.

Diversas iniciativas têm partido de grupos distintos, de governo ou entidades privadas, no sentido de gerar sistemas de indicadores de desempenho no setor de saneamento ambiental. Alguns trabalhos têm apontado esses indicadores (Alegre, 2004; Vieira, 2006; Silva, 2007; Quadros *et al.*, 2008; von Sperling, 2010; Zimmermann, 2010), conforme apresentado nas Tabelas 4.1, 4.2 e 4.3 a seguir.

Tabela 4.1 – Iniciativas internacionais para construção de sistemas de IDs.

Iniciativas internacionais		
Organização	Escopo	Projeto/Produtos
<i>IWA- International Water Association</i>	AA e ES	Indicadores de desempenho para abastecimento de água. Criação de um manual de boas práticas dos serviços de abastecimento de água em 2000 e dos serviços de esgotamento sanitário em 2002. (www.iwapublishing.com)
<i>Asia Development Bank</i>	AA	Publicação de um relatório com dados asiáticos e da região do Pacífico dos serviços de abastecimento de água em 1997.
<i>The World Bank</i>	AA e ES	Projeto: “ <i>Benchmarking</i> de abastecimento de água e serviços de esgotamento sanitário”. (www.worldbank.org)
<i>WUP - The Water Utility Partner ship for Capacity Building in Africa</i>	AA e ES	Serviço provedor de indicadores de desempenho e de rede de <i>Benchmarking</i> (SPBNET). (www.wupafrica.org)
<i>WHO - World Health Organization</i>	AA e ES	A organização mundial de saúde e a UNICEF trabalham juntos monitorando os programas de suprimento de água e de tratamento de esgotos no mundo, gerando uma fotografia desses sistemas com diferentes fontes de informação. Um programa de monitoramento JMP foi criado em 2001, sendo atualizado periodicamente. (www.who.int/water_sanitation_health/Globassessment/GlobalTOC.htm)
<i>ISO - International Standardization Organization</i>	AA e ES	A ISO estabelece desde 2001 um grupo de trabalho para preparação de normas para a avaliação dos desempenhos dos serviços de abastecimento de água e de esgotamento sanitário.
<i>Six Scandinavian cities group</i>	AA e ES	Grupo de seis países escandinavos que estabeleceram uma rotina sistemática anual de avaliação de indicadores de desempenho para o abastecimento de água e esgotamento sanitário.

Legenda: AA – Abastecimento de água, ES – Esgotamento Sanitário.

Tabela 4.2 – Iniciativas nacionais para construção de sistemas de IDs.

Iniciativas Nacionais		
País	Escopo	Projeto
África do Sul	AA e ES	Elabora relatórios anuais por meio do Departamento de Assuntos de Água (AA e ES) Autoridade locais elaborou um guia de <i>benchmarking</i> de AA e ES.
Alemanha	AA e ES	Realiza três avaliações de desempenho anualmente para o setor de AA. Possui diversos projetos de <i>benchmarking</i> para avaliação de desempenho de sistemas de ES, como AV + EG/LV, Vk Y, dentre outros. Participa dos testes da IWA-PI.
Argentina	AA e ES	Em andamento o projeto para estabelecer uma plataforma comum de IDs para AA e ES para ser adotado pela agência de regulação argentina como padrão para as avaliações. Participa dos testes da IWA-PI (ETOSS, La Plata, Trelew e Tucumán) e do grupo do projeto IWA-PI-WW.
Austrália	AA e ES	Gera um relatório anual de desempenho através das entidades WSAA, NMU, Vicwater, Queensland Performance Monitoring System e ANCID (entidades de regulação e de avaliação dos serviços de abastecimento de água e de esgotamento sanitário).
Áustria	AA e ES	<i>Austrian System</i> promove um programa de benchmarking.
Brasil	AA e ES	Possui diversas iniciativas como o PNQS – Plano Nacional de Qualidade em Saneamento, que visa assegurar a implantação efetiva de um sistema de medição de desempenho aplicável a todas as organizações de saneamento, SNIS – Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento, que realiza o diagnóstico dos serviços de saneamento periodicamente, ABAR – Associação Brasileira das agências de Regulação, que promove a mútua colaboração entre as associadas e os poderes públicos, na busca do aprimoramento da atividade regulatória em todo o Brasil, dentre outras. Participa do projeto IWA-PI (SABESP, COPASA e CAESB). Publicou a nível nacional a serie ISO 24500, denominando Normas Brasileiras ABNT NBR ISO 24510, 24511 e 24512.
Dinamarca	AA e ES	Participa do <i>six Scandinavian group</i> , do <i>seven Danish cities group</i> na area de AA, 18 Danish wastewater plants na area de ES, e de projetos DWSA e DWWA.
Espanha	AA e ES	Desenvolvimento do programa SIGMA para avaliação dos IWA-PIs, participa do grupo de projeto do IWA-PI com 12 instituições.
Estados Unidos	AA e ES	Possui diversos projetos patrocinados pela AWWA e WERF.
França	AA e ES	Possui projetos de gerenciamento de qualidade para o setor de AA, participa do projeto IWA-PI (PAGEP – Paris), realiza workshops para avaliação de desempenhos e desenvolve normas nacionais (AFNOR) para regular os desempenhos e qualidade dos serviços.
Finlândia	AA e ES	Participa do <i>six Scandinavian cities group</i> .
Holanda	AA e ES	Relatórios produzidos pela companhia holandesa (relatório anual inclui apenas os indicadores econômicos, os demais são trianuais). O primeiro projeto piloto de avaliação de desempenho dos serviços de esgotamento ocorreu em 2001.
Itália	AA	Iniciativa de <i>benchmarking</i> do grupo italiano que trabalha com abastecimento de água FEDERGASAQUA, paritipa do projeto IWA-PI (Turin, SIDRA, AGAC e SOGEAS).
Malásia	AA	Publicação em 1996 referente a indicadores de desempenho para suprimento de água e de um guia da indústria da água em 2001.
México	AA	Projeto do IMTA, Instituto Mexicano de Tecnologia da Água, com o objetivo de definir um reduzido número de indicadores e de sua aplicabilidade, dependendo do tamanho e do nível de desenvolvimento do sistema de abastecimento.
Portugal	AA e ES	Projeto de AA pelo LNEC – Laboratório Nacional de Engenharia Civil, com o objetivo de implantar o IWA-PI a nível nacional, testar os IDs em diferentes contextos nacionais. Elaboração de uma versão portuguesa do programa IWA-PI SIGMA. ERSAR – Entidade Reguladora de Águas e Resíduos promove a avaliação do desempenho dos serviços de água, águas residuárias e de resíduos sólidos no país.
Polônia	AA e ES	Projetos de gerenciamento de qualidade para os sistemas de AA e ES, projetos privados como SNG.
Romênia	AA e ES	Um conjunto de 19 IDs são avaliados sistematicamente no <i>Romanian cities group</i> .
Reino Unido	AA e ES	OFWAT realiza os projetos de avaliação de desempenho e relatórios periódicos.
República Theca	AA	Estudos de caso em 1997-1999 para basear a versão preliminar do sistema IWA-PI.
Suécia	AA e ES	Participa do <i>six Scandinavian cities group</i> , DRIVA, VASAM, VA-Plan 2050 e SWWA.

Tabela 4.3- Entidades, localidades e objetivos da utilização de sistemas de IDs.

Entidade	Localidade	Objetivo
SNIS - Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento	Brasil	Recolher e publicar anualmente informações dos operadores de todo o país, sob a forma de um estudo comparativo situacional do setor.
ABAR - Associação Brasileira de Agências de Regulação	Brasil	Promover a mútua colaboração entre as associadas e os poderes públicos, na busca do aprimoramento da atividade regulatória em todo o Brasil.
PNQS - Prêmio Nacional de Qualidade em Saneamento	Brasil	Estimular as melhores práticas no setor do saneamento no Brasil, promovendo a premiação das prestadoras de serviço.
IWA - <i>International Water Association</i>	Global	Constituir um quadro de referência de ID para serviços de água e esgotos, unificando critérios e definições.
IRAR - Instituto de Regulação de Águas e Resíduos de Portugal / ERSAR – Entidade Reguladora dos Serviços de Água e Resíduos	Portugal	Regular os serviços de abastecimento de água, esgotamento sanitário e gerenciamento de resíduos sólidos de Portugal.
ADERASA - <i>Asociación de Entes Reguladores de Agua Potable e Saneamiento de las Americas</i>	América Latina	Integrar e incentivar a cooperação entre os países membros para a regulação do setor do saneamento.
IBNET - <i>International Benchmarking Network for Water and Sanitation Utilities</i>	Global	Apoiar o benchmarking e o livre acesso à informação, o que irá ajudar a promover as melhores práticas nos serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário.
<i>Six-Cities Group</i>	Escandinávia	Estabelecer uma rotina de benchmarking entre as prestadoras de serviços de água e esgotos de quatro países escandinavos.
WSAA - <i>Water Services Association of Australia</i>	Austrália	Promover um benchmarking entre os prestadores membros dos serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário.
AWWA - <i>American Water Works Association</i>	EUA	Estabelecer um programa voluntário de benchmarking entre os prestadores de serviço de abastecimento de água e esgotamento sanitário dos EUA.
OFWAT - <i>Office of Water Services</i>	Inglaterra e País de Gales	Regular os serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário da Inglaterra e País de Gales.
NORMAS ISO (série 24500)	Global	Estabelecer critérios comuns para a boa prestação dos serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário.
WERF – <i>Water Environment Research Foundation</i>	EUA	Benchmarking relacionado à operação de sistemas de esgotos - gerenciamento da coleta, do tratamento e dos biossólidos.
ADASA	Brasil - DF	Fiscalizar a prestação de serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário do Distrito Federal.
CAESB – Companhia de Saneamento Ambiental do Distrito Federal	Brasil - DF	Promover o monitoramento, avaliação e melhoria da prestação de serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário do Distrito Federal.
ANA – Agência Nacional das Águas / PRODES – Programa de Despoluição de Bacias Hidrográficas	Brasil	Reduzir os níveis de poluição hídrica no país instituindo metas de abatimento de carga poluidora e padrões de eficiência de tratamento de esgotos.
LNEC – Laboratório Nacional de Engenharia Civil de Portugal / ERSAR / APESB – Associação Portuguesa para Estudos de Saneamento Básico / APRH – Associação Portuguesa de Recursos Hídricos	Portugal	Estabelecer um sistema de avaliação de desempenho de ETEs urbanas.
SWWA – <i>Swedish Water & Wastewater Association</i>	Suécia	Estabelecer um programa de benchmarking entre os prestadores de serviço de abastecimento de água e esgotamento sanitário da Suécia.
<i>Austrian System</i>	Austria	Programa de benchmarking de ETEs na Áustria.

Os IDs utilizados nesses sistemas são a base para seleção dos indicadores empregados neste trabalho e estão apresentados no Apêndice A.

Um dos trabalhos citados que teve como produto o desenvolvimento de um sistema de indicadores na área de saneamento foi o de von Sperling (2010). O autor desenvolveu um estudo comparativo da utilização de indicadores de desempenho em sistemas de esgotamento sanitário por diversas entidades e organizações envolvidas com o saneamento, com a finalidade de se propor um conjunto único. Em âmbito nacional, as entidades e organizações consideradas foram o Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS), Associação Brasileira de Agências de Regulação (ABAR) e o Prêmio Nacional de Qualidade do Saneamento (PNQS). Em âmbito global, Von Sperling (2010) considerou a International Water Association (IWA), o Instituto de Regulação de Águas e Resíduos de Portugal (IRAR), a Asociación de Entes Reguladores de Agua Potable e Saneamiento de las Americas (ADERASA), o International Benchmarking Network for Water and Sanitation Utilities (IBNET), o Six-Cities Group da Escandinávia, a Water Services Association of Australia (WSAA), a American Water Works Association (AWWA) e a Office of Water Services (OFWAT).

Como resultado da pesquisa, von Sperling (2010) levantou 699 indicadores de desempenho da área de saneamento, sendo 483 relacionados aos serviços de esgotamento sanitário. Após pré-seleção e avaliação, com a participação de especialistas da área, Von Sperling (2010) propôs um grupo de 46 indicadores para avaliar o sistema de esgotamento sanitário como um todo.

Barros (2012), também participante do Projeto da ADASA que visa desenvolver uma metodologia de avaliação de desempenho de estações de tratamento de esgotos e de água, desenvolveu em seu trabalho um sistema de indicadores de desempenho. O sistema teve como objetivo avaliar ETEs, componente principal do sistema de esgotamento. O levantamento de indicadores abrangeu sistemas de 16 organizações de saneamento, nacionais e internacionais, sendo quatro específicos para avaliação das referidas estruturas. Em um total de 713 indicadores, foram identificados 275 específicos para ETEs. Ao se excluírem os coincidentes, Barros (2012) pré-selecionou 163 indicadores de tipos distintos.

Os indicadores pré-selecionados foram analisados sob a perspectiva da regulação, associando-os a 5 objetivos e 10 critérios de avaliação identificados previamente. Por fim, Barros selecionou um grupo de 39 indicadores de desempenho para a avaliação.

Dois sistemas, dentre os gerados pelas entidades citadas na Tabela 4.3, merecem destaque: a série normativa ISO 24500, por ser um modelo de avaliação global, e o sistema de indicadores elaborado pela Entidade Reguladora dos Serviços de Água e Resíduos de Portugal (ERSAR), por contemplar indicadores específicos para o esgotamento sanitário, por constituir um sistema de avaliação na perspectiva de um regulador dos serviços e por estar na 2ª geração do sistema, demonstrando avanço no seu desenvolvimento. Segue uma breve descrição desses sistemas.

4.1.1.1 - Normas da Série ISO 24500

A série normativa ISO 24500 trata das atividades relacionadas aos serviços de água potável e de esgoto, sendo composta de três normas, a ISO 24510, que trata de diretrizes para a avaliação e para melhoria dos serviços prestados aos usuários, a ISO 24511, que trata das diretrizes para a gestão dos prestadores de serviços de esgoto e para avaliação dos serviços de esgoto, e a ISO 24512, tratando das diretrizes para a gestão dos prestadores de serviços de água e para avaliação dos serviços de água potável.

A série ISO 24500 foi adotada pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), sendo traduzida e publicada pela ABNT em dezembro de 2012, com validade no Território Nacional a partir de 10 de janeiro de 2013. A adoção da ABNT é idêntica em conteúdo técnico, estrutura e redação às normas ISO, sendo designadas como ABNT NBR ISO 24510, 24511 e 24512.

A série ISO 24500 tem como objetivo fornecer às partes interessadas as diretrizes para avaliar e melhorar os serviços prestados aos usuários, bem como orientar a gestão dos prestadores de serviços de água e esgoto. As normas destinam-se, ainda, a facilitar o diálogo entre as partes interessadas, permitindo-lhes o desenvolvimento mútuo da compreensão das funções e tarefas que se inserem no escopo dos prestadores de serviços de água e de esgoto. A fim de avaliar e melhorar os serviços prestados e para garantir um acompanhamento adequado das melhorias, as normas sugerem o uso de um sistema de indicadores de desempenho (ABNT ISO 24510, 2012).

De acordo com a metodologia sugerida pelas normas, os IDs se relacionam com os objetivos para os quais são definidos, através de critérios de avaliação, e são utilizados para medir o desempenho. Os IDs também podem ser empregados para definir metas requeridas ou almeçadas.

De acordo com a norma ISO 24511, que trata especificamente da avaliação do sistema de esgotamento sanitário, os IDs são utilizados para medir a eficiência e eficácia do prestador de serviços em atingir seus objetivos, sendo conveniente a aplicação de sistemas de indicadores como ferramenta essencial para avaliação.

A Figura 4.1 resume o conteúdo e aplicação das normas.

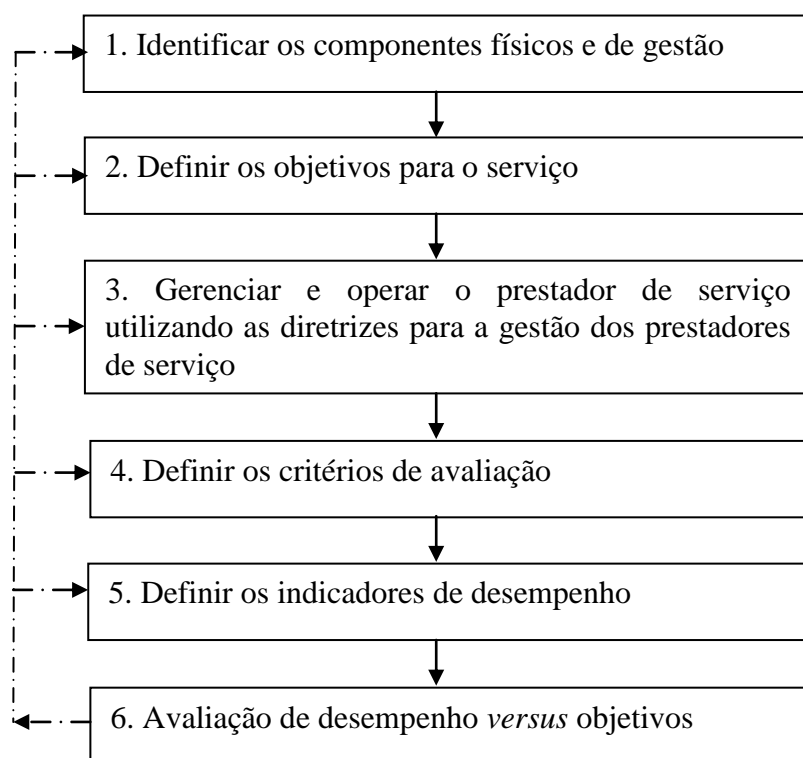


Figura 4.1 – Conteúdo e aplicação das normas (ABNT NBR ISO 24511, 2012)

De acordo com o conteúdo e aplicação das normas, percebe-se a compatibilidade com a abordagem do princípio do “planejar-fazer-chechar-agir” (PDCA), que propõe um processo progressivo, desde a identificação dos componentes e definição dos objetivos do prestador de esgoto até o estabelecimento de indicadores de desempenho, retornando aos objetivos e à gestão, depois de avaliados os desempenhos.

A norma ABNT NBR ISO 24511 apresenta um sistema de indicadores compreendendo um conjunto de componentes essenciais, integrando indicadores de desempenho, informações de contexto e variáveis. Além disso, sugere o estabelecimento de metas específicas para cada indicador e que sejam monitoradas rotineiramente, controladas e ajustadas conforme a necessidade.

A Figura 4.2 apresenta um exemplo presente na norma de possíveis relações entre as partes interessadas para o estabelecimento de objetivos, e também mostra as relações entre os objetivos, os critérios de avaliação dos serviços e os indicadores de desempenho.

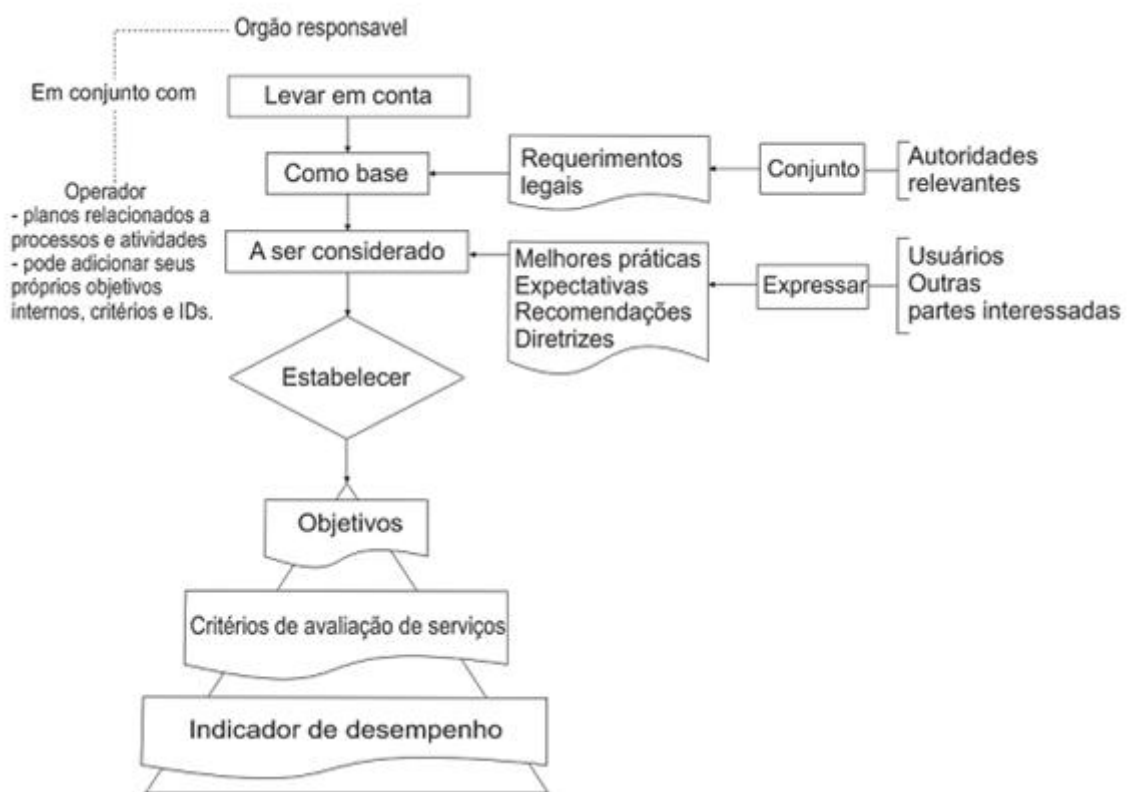


Figura 4.2 – Exemplos de relações pertinentes entre as partes interessadas para o estabelecimento dos objetivos, dos critérios de avaliação dos serviços e dos indicadores de desempenho (ABNT NBR ISO 24511, 2012).

A relação de indicadores de desempenho sugerida na norma ABNT NBR ISO 24511, específica para sistemas de esgotamento sanitário, encontra-se no Apêndice A. Os indicadores propostos foram apresentados de acordo com os objetivos apresentados na norma, segundo seis dimensões distintas, proteção da saúde pública, atendimento às necessidades e expectativas dos usuários, prestação de serviços em situações normais e de emergência, sustentabilidade dos serviços de esgotamento sanitário, promoção do desenvolvimento sustentável da comunidade e proteção do meio ambiente.

4.1.1.2 - Sistema de IDs da Entidade Reguladora dos Serviços de Água e Resíduos (ERSAR)

A ERSAR tem como atribuições assegurar a regulação da qualidade dos serviços prestados aos usuários pelas entidades gestoras de abastecimento de água e esgotamento sanitário e avaliar o desempenho dessas entidades, em Portugal, promovendo a melhoria dos níveis de serviço.

Baseada nas suas atribuições, a entidade elaborou um sistema de avaliação da qualidade dos serviços prestados, fazendo uso de um sistema de indicadores de desempenho. A primeira versão do sistema foi aplicada a partir de 2004, sendo aperfeiçoada e tendo como produto uma segunda versão, publicada em março de 2013 (LNEC e ERSAR, 2013)

O sistema de avaliação da qualidade dos serviços empregado pela ERSAR tem como núcleo os indicadores de desempenho, que permitem avaliar de modo quantificado o cumprimento dos principais objetivos do serviço. A Figura 4.3 apresenta esquematicamente os componentes do sistema de avaliação e os fluxos de dados.

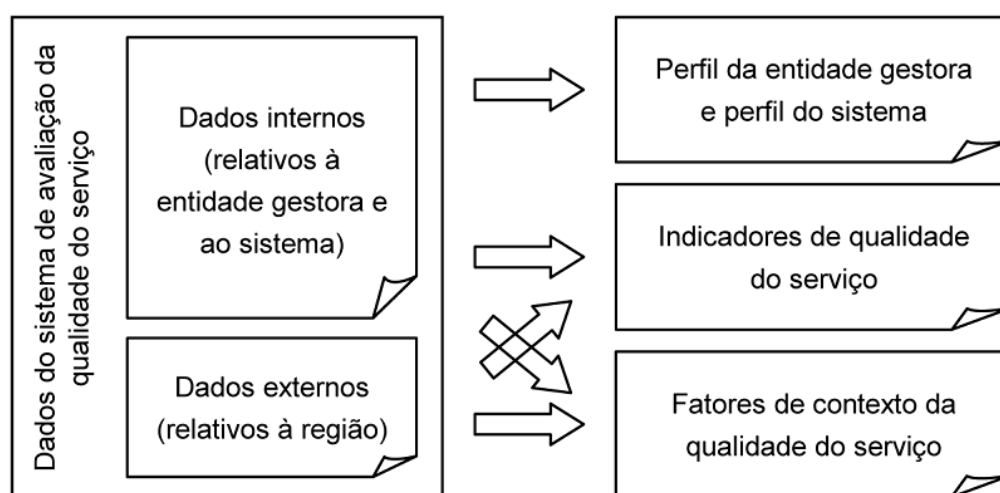


Figura 4.3 - Componentes do sistema de avaliação da qualidade do serviço (LNEC e ERSAR, 2013)

De acordo com o que demonstra a Figura 4.3, a avaliação da qualidade do serviço promovida pela ERSAR é amparada na implementação de um sistema constituído por um conjunto de indicadores de qualidade do serviço, bem como por informação de apoio à

interpretação dos resultados, composta pelo perfil da entidade gestora, pelo perfil do sistema, por outros fatores de contexto não incluídos nos perfis referidos, e pelos dados de base que alimentam esta informação.

Os fatores de contexto têm por objetivo auxiliar a interpretação de alguns indicadores. Os perfis da entidade gestora e do sistema já contemplam os principais fatores de contexto que a ERSAR terá genericamente de considerar nesse processo. Porém, o presente sistema de avaliação de qualidade do serviço prevê a possibilidade de incluir outros fatores de contexto não contemplados inicialmente.

Para caracterizar o perfil da entidade gestora, o perfil do sistema, os indicadores de qualidade do serviço e os fatores de contexto da qualidade do serviço, a entidade gestora necessita de recolher, compilar e enviar à ERSAR um conjunto de dados internos relativos à própria entidade gestora e ao sistema que opera.

A autoavaliação, pela própria entidade gestora, da qualidade dos dados de base utilizados para o cálculo dos indicadores é indispensável para que os utilizadores da informação produzida estejam cientes da confiança que lhe está associada, evitando interpretações erradas. A qualidade dos dados a fornecer pelas entidades gestoras à ERSAR deve pois ser explicitada em termos da exatidão dos dados e da confiabilidade da sua fonte de informação.

O sistema de indicadores implementado pela ERSAR apresenta como características:

- a organização de acordo com os princípios das normas ISO 24500, que estabelecem a identificação dos objetivos da avaliação, dos critérios adotados para avaliar o cumprimento de cada objetivo e dos indicadores de desempenho correspondentes a cada critério;
- a adoção de um número reduzido de indicadores a serem avaliados, o que corresponde a uma simplificação do sistema;
- o destaque de aspectos específicos considerados relevantes (ex. acessibilidade ao serviço, que passa a contemplar acessibilidade física e acessibilidade econômica); e
- o estabelecimento de critérios mínimos de aceitabilidade dos dados, ou seja, serão considerados como não disponíveis dados com confiabilidade inferior aos mínimos definidos.

De acordo com o que descreve o Guia de avaliação da qualidade dos serviços de águas e resíduos prestados aos utilizadores (LNEC e ERSAR, 2013), os objetivos e critérios escolhidos pela entidade visam a promover a sustentabilidade e adequabilidade dos serviços e correspondem a práticas ambientalmente corretas, conforme apresentado a seguir:

- Adequação da interface com o utilizador, a avaliar com base nos critérios de acessibilidade (física e econômica) e de qualidade do serviço prestado aos utilizadores;
- Sustentabilidade da gestão do serviço, a avaliar com base nos critérios de sustentabilidade econômica do serviço, sustentabilidade infraestrutural e de produtividade física dos recursos humanos; e
- Sustentabilidade ambiental, a avaliar de acordo com os critérios de eficiência na utilização dos recursos ambientais e na prevenção da poluição.

As entidades que terão os sistemas de gestão avaliados tem o seu perfil identificado, sendo caracterizadas sumaria e univocamente. São levantadas informações, como modelo de governança, caracterização do utilizador do sistema, a tipologia da área de intervenção, o volume da atividade, a composição acionista, o período de vigência de contrato e as certificações existentes. As entidades gestoras são classificadas em função do tipo de sistemas geridos, sendo adotados os seguintes agrupamentos:

- entidades gestoras de sistemas em alta: inclui as entidades gestoras prestadoras de serviços em alta, de titularidade estatal ou municipal, sem prejuízo de prestarem marginalmente alguns serviços em baixa. Os sistemas em alta são o conjunto de infraestruturas destinadas essencialmente à interseção, ao tratamento e ao destino final de águas residuais, sob exploração e gestão de uma entidade gestora.
- entidades gestoras de sistemas em baixa: inclui as entidades gestoras prestadoras de serviços em baixa, de titularidade estatal ou municipal, sem prejuízo de possuírem marginalmente algumas infraestruturas em alta. Os sistemas em baixa são o conjunto de infraestruturas destinadas essencialmente à coleta e à drenagem das águas residuais diretamente aos utilizadores finais, sob exploração e gestão de uma entidade gestora. Pode eventualmente integrar algumas infraestruturas de interseção, tratamento e destino final das águas residuais.

Além do perfil da entidade gestora, a ERSAR traça o perfil do sistema a ser avaliado, que pode ser definido como as principais características que descrevem o conjunto de infraestruturas e equipamentos de suporte ao serviço prestado.

A ERSAR define três grupos de indicadores de qualidade do serviço:

- indicadores que traduzem a adequação da interface com o usuário: com este grupo de indicadores pretende-se avaliar se o serviço prestado aos usuários no ano a que se refere a avaliação foi adequado ao nível da maior ou menor acessibilidade física e econômica que tem ao serviço e da qualidade com que o mesmo lhes é fornecido; subdivide-se este grupo nos dois aspectos referidos: acessibilidade do serviço aos usuários e qualidade do serviço prestado aos usuários.

- indicadores que traduzem a sustentabilidade da gestão do serviço: com este grupo de indicadores pretende-se avaliar se estão sendo adotadas as medidas básicas para que a prestação do serviço seja sustentável; subdivide-se este grupo nos aspectos de sustentabilidade econômica do serviço, de sustentabilidade infraestrutural do serviço e de produtividade física dos recursos humanos.

- indicadores que traduzem a sustentabilidade ambiental: com este grupo de indicadores pretende-se avaliar o nível de salvaguarda dos aspectos ambientais associados às atividades da entidade gestora; subdivide-se este grupo em aspectos de eficiência na utilização de recursos ambientais e na prevenção da poluição.

O conjunto de indicadores definidos pela ERSAR em sua 1ª edição está listado na Tabela A.1, do Anexo A. Com o objetivo de simplificar o sistema, a segunda edição publicada reduziu o número de indicadores, sendo escolhidos os seguintes, com a indicação do seu grupo de aplicação:

Adequação da interface com o usuário

Acessibilidade do serviço aos usuários

AR01 – Acessibilidade física do serviço (%)

AR02 – Acessibilidade econômica do serviço (%)

Qualidade do serviço prestado aos usuários

AR03 – Ocorrência de inundações [n.º/(100 km de coletor · ano)] [n.º/(1000 ramais · ano)]

AR04 – Resposta a reclamações e sugestões (%)

Sustentabilidade da gestão do serviço

Sustentabilidade econômica

AR05 – Cobertura dos gastos totais (-)

AR06 – Adesão ao serviço (%)

Sustentabilidade infraestrutural

AR07 – Adequação da capacidade de tratamento (%)

AR08 – Reabilitação de coletores (%/ano)

AR09 – Ocorrência de colapsos estruturais em coletores [n.º/(100 km · ano)]

Produtividade física dos recursos humanos

AR10 – Adequação dos recursos humanos [n.º/(10⁶m³ · ano)] [n.º/(100 km · ano)]

Sustentabilidade ambiental

Eficiência na utilização de recursos ambientais

AR11 – Eficiência energética de instalações elevatórias [(kWh/(m³ · 100 m)]

Eficiência na prevenção da poluição

AR12 – Destino adequado de águas residuais recolhidas (%)

AR13 – Controle de descargas de emergência (%)

AR14 – Análises de águas residuais realizadas (%)

AR15 – Cumprimento dos parâmetros de descarga (%)

AR16 – Destino de lamas do tratamento (%)

Coletivamente, os indicadores foram definidos de forma a garantir os seguintes requisitos:

- adequação à representação dos principais aspectos relevantes da qualidade do serviço, permitindo uma representação global;
- ausência de sobreposição em significado ou em objetivos entre indicadores;
- referência ao mesmo período de tempo (um ano civil é o período de avaliação adotado pela ERSAR);
- referência à mesma zona geográfica, que deve estar bem delimitada e coincidir com a área de intervenção da entidade gestora relativa ao serviço em análise; e
- aplicabilidade a entidades gestoras com características e graus de desenvolvimento diversos.

Apesar de empregar um conjunto reduzido de indicadores de desempenho para avaliar o sistema de esgotamento, é recomendado pela própria ERSAR a aplicação de um conjunto

mais abrangente, quando aplicado pelas entidades gestoras para a avaliação do cumprimento dos seus próprios objetivos de gestão e para gerar a melhoria contínua do sistema.

A Figura 4.4 apresenta a metodologia aplicada pela ERSAR no processo de avaliação da qualidade do serviço, sendo apresentados os procedimentos necessários à implementação da metodologia, desde a coleta de dados pela entidade gestora até a divulgação dos resultados finais pela ERSAR.

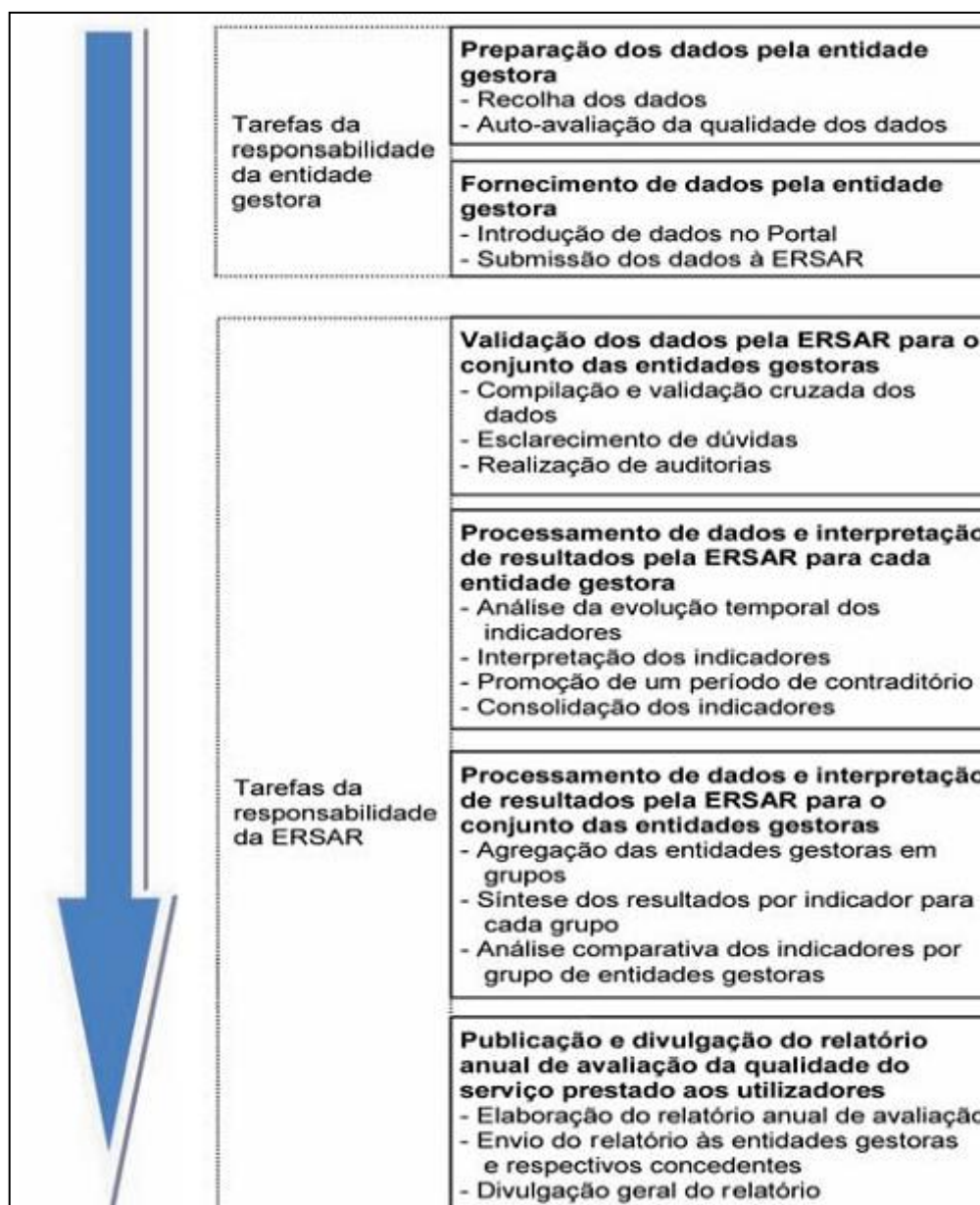


Figura 4.4 - Fluxograma de procedimentos de implementação do sistema de avaliação (LNEC e ERSAR, 2013)

4.1.2 - Sistemas de indicadores específicos para ETEs

Barros (2012) destaca que poucos sistemas de IDs foram desenvolvidos por uma entidade especificamente para a avaliação de Estações de Tratamento de Esgotos (ETEs), destacando os elaborados pela *Austrian Water and Waste Association* (AWWA), pela *Swedish Water & Wastewater Association* (SWWA), e pelo Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC) de Portugal. Os indicadores pertencentes aos sistemas gerados por essas entidades estão listados no Apêndice A. A seguir será apresentada uma breve descrição dessas entidades e dos sistemas gerados.

4.1.2.1 - *Austrian Water and Waste Association* (AWWA)

O Sistema austríaco para avaliação de desempenho e *benchmarking* de ETEs iniciou seu desenvolvimento com um projeto de pesquisa, em 1999. A partir de 2004 o sistema começou a ser operado através de uma plataforma na internet (Lindtner *et al.*, 2008).

O Sistema austríaco foi aplicado na prática a mais de 80 ETEs e tem se apresentado como uma poderosa ferramenta para redução de custos na gestão das estações. A plataforma de *benchmarking* alojada na internet tem gerado economia na transferência de dados e na gestão das informações. O fato da maioria das ETEs serem públicas também beneficiou a implantação do sistema na Áustria. Com isso, a troca de experiências entre os participantes do processo de *benchmarking* não foi prejudicado, pois não havia concorrência direta entre os prestadores de serviço.

Os principais objetivos do sistema austríaco são o desenvolvimento de indicadores de processos, identificação de melhor desempenho e determinação de potenciais redutores de custos.

Lindtner (2008) descreve três fases consecutivas para alimentação do sistema e realização de *benchmarking*:

1. aquisição de dados;
2. processamento de dados; e
3. troca de experiências.

A aquisição de dados é realizada no início do processo e é organizada através da plataforma na internet. As informações são armazenadas em um banco de dados do sistema. Após a avaliação da qualidade dos dados, esses são agregados e usados para calcular os indicadores de desempenho e *benchmarks*.

Para o processamento dos dados, um sistema de contabilidade eletrônico específico é implementado. A interface necessária é criada e os dados podem ser atualizados automaticamente para aferição contínua. Uma vez que a qualidade dos dados é um dos fatores chave para obter resultados representativos, a segunda fase - processamento de dados - inicia-se com a verificação de viabilidade. Balanços de massa para sólidos, nitrogênio, fósforo são exemplos de ferramenta empregadas na avaliação da plausibilidade dos dados.

Após a avaliação da qualidade dos dados, esses são agregados e utilizados para calcular os indicadores de desempenho e *benchmarks*. O sistema de indicadores possui três categorias principais, a financeira, a técnica e a de processos. Os indicadores financeiros relacionam custos para processos específicos, enquanto os indicadores técnicos correlacionam dados técnicos específicos. Os indicadores de processo interagem com os indicadores técnicos, trazendo informações sobre o desempenho do sistema.

A terceira fase se constitui na troca de experiências. Isso inclui uma consultoria individual, realizada por um especialista em visita à ETE. Um relatório individual e problemas de qualidade de dados são discutidos. A segunda parte da troca de experiência é coberta por oficinas com participantes de diversos grupos. Essa é uma parte indispensável, uma vez que facilita o aperfeiçoamento do processo.

4.1.2.2 - *Swedish Water & Wastewater Association (SWWA)*

A Suécia tem uma forte tradição no uso de IDs na área de saneamento, tendo origem no trabalho do *Six Cities Group*. Em 2003, a SWWA iniciou a coleta dados para avaliação de desempenho de prestadores de serviço de água e esgotos de 290 municípios, com um sistema baseado na web chamado VASS (Balmér e Hellström, 2012).

De acordo com Balmér e Hellström (2012), o sistema VASS tem sido bem recebido, tendo adesão de mais de 80% das concessionárias suecas. Uma das características do sistema VASS é a abertura completa para todos os participantes. Isto significa que qualquer usuário pode extrair os dados, comparar os IDs e produzir seus próprios relatórios do banco de dados VASS, o que é facilitado pelo fato de cada município possuir sua companhia de água e esgoto e a maioria ainda ser estatal. Com o monopólio natural, a divulgação de dados não é um problema do ponto de vista de concorrência.

Para a coleta de dados são requeridas explicações de alguns fatores, informações de contexto e a conferência da qualidade dos dados. Segundo Balmér e Hellström (2012), os dados devem ser ajustados em função das diferenças locais. Como exemplo, são citadas as seguintes situações:

- estações com recebimento de lodos de estações menores e efluentes de fossas sépticas.
- consumos energéticos variados em função do sistema de tratamento de cada ETE e outras características como a necessidade de utilização de bombas para recalque do efluente e de sistema de aeração para nitrificação, dentre outras. Para compensar tais diferenças, os autores recomendam o ajuste dos dados para a quantidade de quilowatts-horas necessários para realização da operação que demanda energia, assim pode-se trabalhar com kWh por população equivalente e ano. Acredita-se que dessa forma o ID não será perfeito mas será mais relevante.
- funcionários de uma ETE responsáveis, também, por estações elevatórias externas à ETE ou grupo de funcionários responsável por mais de uma ETE. Ou, em ETEs maiores, a equipe de funcionários pode ser dedicada a atividades de gestão e planejamento, enquanto em ETEs menores essas atividades podem ser realizadas por consultores. Para se obter IDs de pessoal e de custo e receita comparáveis, é necessário se considerarem questões que esclareçam tais situações.

Conforme comenta Barros (2012), a proposição do sistema de IDs para caracterização de ETEs pela SWWA apresenta-se em conformidade com recomendações da ISO e da IWA, pois, além de considerar diversas dimensões, procura agregar ao sistema informações de contexto e verificação da qualidade dos dados.

4.1.2.3 - Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC)

O LNEC coordenou os trabalhos de elaboração dos sistemas de avaliação de desempenho de estações de tratamento de água (ETAs) e de estações de tratamento esgotos (ETEs) urbanas em Portugal. O sistema denominado PAST21 foi elaborado com a finalidade de promover a avaliação de desempenho e o *benchmarking* de forma sistemática e em âmbito nacional, envolvendo 10 ETAs e 17 ETEs exploradas por doze entidades gestoras.

De acordo com Silva *et al.* (2011), os sistemas de avaliação de desempenho do LNEC assumiram como objetivos gerais da entidade gestora garantir o tratamento eficaz da água residuária bruta, de forma a cumprir os requisitos da legislação no ponto de descarga, utilizando os recursos (naturais, tecnológicos, materiais, energéticos, humanos, económico-financeiros) disponíveis de forma eficiente e causando o menor impacto ambiental.

Em face desses objetivos, foram propostos indicadores de desempenho globais em oito domínios de avaliação de desempenho: qualidade da água residual tratada; eficiência e confiabilidade; utilização de água, energia e materiais; gestão de subprodutos; segurança; recursos humanos; recursos económico-financeiros; e apoio ao planeamento e projeto .

Os resultados são organizados por domínio de avaliação de desempenho. Os valores obtidos para cada ID, e para cada ano, são representados em diagramas de caixa estatística, onde constam a mediana, percentis 25 e 75, máximos e mínimos e percentagem de cálculo (corresponde à % de casos de estudo que entraram para o cálculo do ID). O cálculo e visualização desses resultados são efetuados utilizando a ferramenta de cálculo automático PASTool também desenvolvida no âmbito do PAST21.

No âmbito do PAST21, identificaram-se oportunidades de melhoria na formulação e clareza dos indicadores propostos e suas variáveis, bem como de novos indicadores, dando origem à segunda geração dos IDs globais para ETA e ETEs urbanas.

O conjunto de indicadores do LNEC está apresentado no Apêndice A deste trabalho.

5 - METODOLOGIA DE PESQUISA

Este capítulo apresenta a metodologia de pesquisa utilizada para realizar a avaliação de desempenho de ETEs. A Figura 5.1 contém um diagrama ilustrando as fases de avaliação, subdivididas em etapas, bem como os métodos de apoio empregados.

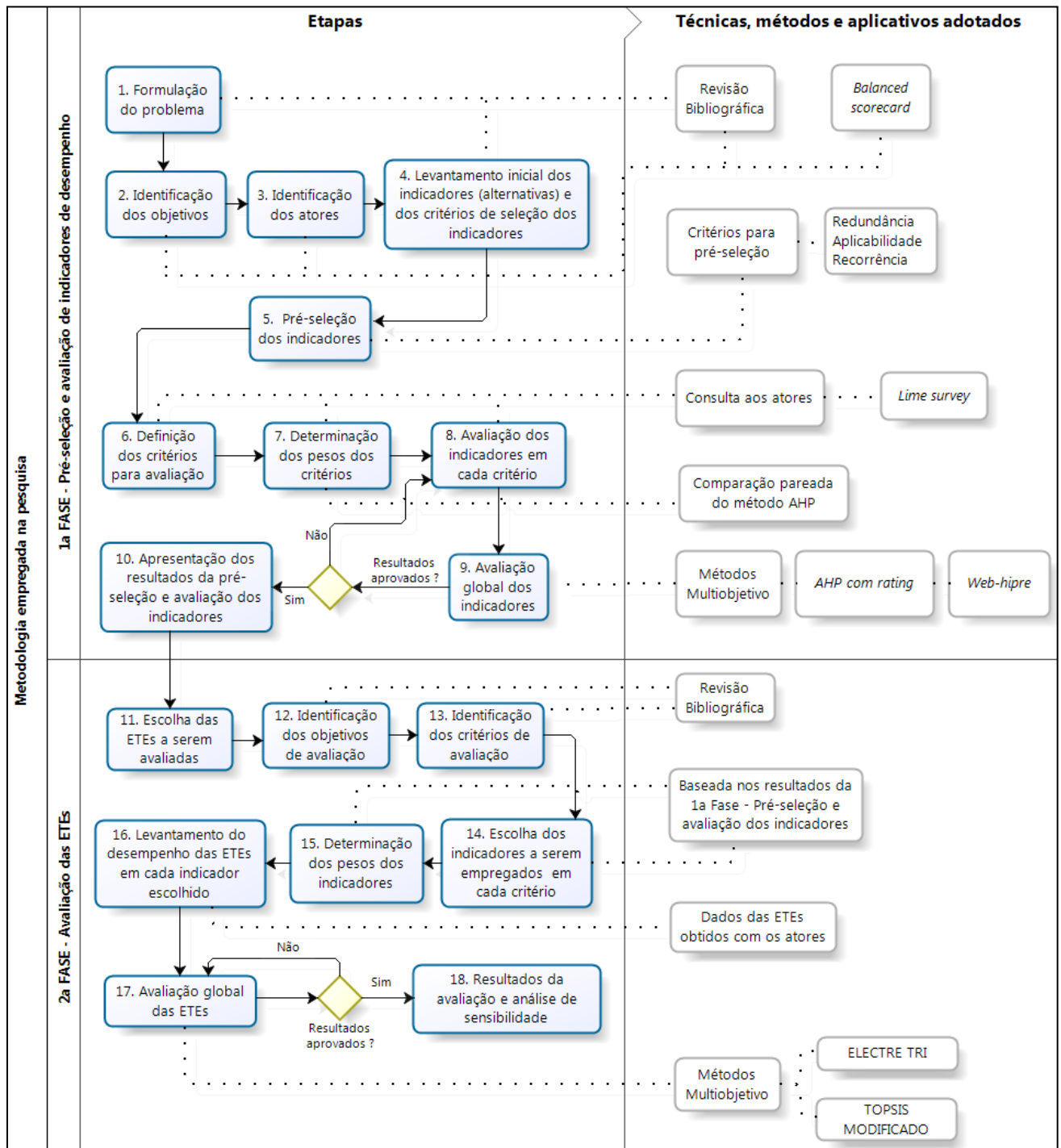


Figura 5.1 – Diagrama com as etapas metodológicas e métodos de apoio

Toda sistemática desenvolvida para abordagem do tema, tendo como foco a avaliação de desempenho de ETEs, amparou-se na revisão bibliográfica, apresentada no capítulo 3 deste trabalho. A partir da fundamentação conceitual, foram escolhidos os métodos mais apropriados e contextualmente viáveis para aplicação na presente pesquisa. Esses métodos, bem como todas as etapas metodológicas apresentadas na Figura 5.1 serão descritos neste capítulo.

O trabalho foi dividido em duas fases principais. A primeira teve o objetivo de selecionar os indicadores de desempenho mais adequados para a avaliação das ETEs, e a segunda, o de avaliar as ETEs utilizando os indicadores selecionados na fase anterior. Cada fase foi sequenciada em etapas. A primeira fase constituiu-se de dez etapas e a segunda de oito, totalizando 18 etapas necessárias para a avaliação. Todas as etapas estão alocadas na coluna da esquerda do diagrama e indicadas em sequência numérica. A coluna da direita contém quadros que explicitam os métodos de apoio utilizados nas etapas.

As etapas foram inseridas de acordo com a lógica dos métodos multiobjetivo de auxílio à decisão, que apresentam uma sequência racional para a solução de problemas. O processo decisório nestes métodos é iniciado a partir de sua estruturação, que abrange a formulação ou contextualização do problema e a identificação dos objetivos, atores, critérios e alternativas. Em seguida, são realizadas as avaliações das alternativas em cada critério. Por fim, são apresentadas as soluções, depois de realizado o processamento matemático do método escolhido e a análise de sensibilidade. A Figura 5.2 ilustra o processo de análise de decisão adotado neste trabalho contendo todas as etapas de avaliação.

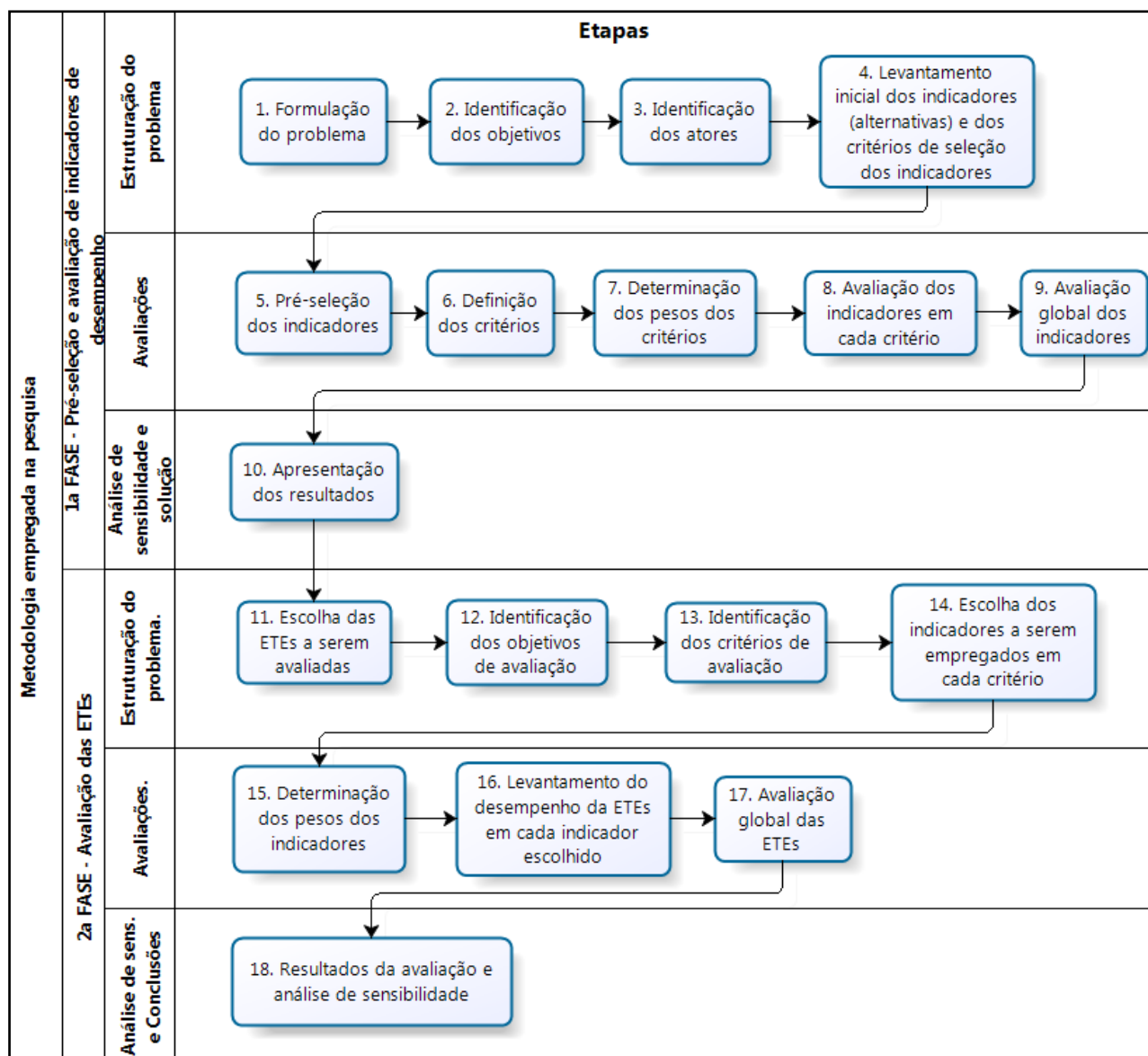


Figura 5.2 – Processo de análise de decisão com as fases subdivididas

O principal propósito da estruturação do problema é criar uma compreensão melhor do processo decisório. Respostas para as seguintes perguntas são evidenciadas nessa fase:

- Qual é o real problema?
- O que é importante ou relevante?
- Quais são os objetivos?
- Quem participa do problema?
- Que informações devem ser avaliadas?
- Que critérios serão considerados na avaliação?

Depois da situação de decisão e da natureza do problema serem estabelecidos, os objetivos, os critérios de decisão e as possíveis alternativas foram identificados. As relações entre os múltiplos objetivos do problema, os critérios de avaliação e as alternativas possíveis foram analisadas com o modelo hierárquico. A base conceitual, apresentada na revisão bibliográfica, gerou os subsídios para a elaboração da árvore hierárquica de valores.

De acordo com Carpes *et al.* (2007), a preocupação da etapa de estruturação do problema é construir uma estrutura em árvore que permita “uma representação simples e transparente de um problema complexo inicial, oferecendo uma visualização apenas daqueles aspectos a serem considerados na avaliação das ações potenciais”.

A formulação do problema, a explicitação dos objetivos, decomponíveis nos critérios de decisão, bem como a identificação das alternativas viáveis, é o que se entende por um modelo requerido para a estruturação do problema.

Depois da estruturação do problema, buscaram-se os julgamentos, medidas e estimativas, necessários para a avaliação das alternativas, junto aos atores envolvidos no processo decisório.

Realizar os julgamentos e medir ou estimar os valores que geram a avaliação dos critérios e alternativas é uma das tarefas mais difíceis no processo decisório. Isso ocorre, pois nem sempre os atores envolvidos no processo de decisão estão certos em relação às suas preferências, sendo muitas vezes incapazes de estabelecer com exatidão os valores e julgamentos necessários para a avaliação.

Diversos métodos têm sido utilizados para possibilitar as melhores estimativas e julgamentos dos atores. Neste trabalho, adotou-se empregar os métodos multiobjetivos. Na fase de seleção dos indicadores foi adotada a comparação pareada, do Método AHP, para quantificar os pesos dos critérios, e o método AHP com *ratings*, para realizar a avaliação global das alternativas. Na fase da classificação das ETEs, foram utilizados os métodos TOPSIS modificado e ELECTRE TRI. As justificativas para a escolha desses métodos serão apresentadas no detalhamento das etapas.

No fechamento do processo decisório, é realizada a análise de sensibilidade e são feitas as conclusões e recomendações em relação à avaliação. A análise de sensibilidade tem como objetivo explorar como as mudanças nos parâmetros do modelo (como os pesos dos critérios ou as avaliações de cada alternativa em relação aos critérios) influenciam no resultado das avaliações. Se a mudança em um dos parâmetros influencia os resultados, diz-se que a solução é sensível àquele parâmetro. Após reconhecer os parâmetros que mais sensibilizam a avaliação, os atores podem reconsiderar seus julgamentos, medidas ou estimativas. Parte da avaliação pode ser submetida à análise de sensibilidade mais detalhada após o reconhecimento dos parâmetros mais sensíveis e que mais influenciam os resultados.

Após a realização da análise de sensibilidade, foram apresentadas as conclusões finais e as recomendações em relação às medidas a serem tomadas em consequência da avaliação final.

A seguir são apresentadas as duas fases da metodologia proposta, contendo uma breve descrição de cada uma das etapas adotadas.

5.1 - 1ª FASE: PRÉ-SELEÇÃO E AVALIAÇÃO DOS INDICADORES DE DESEMPENHO

Segue a descrição de cada etapa que constitui a 1ª fase da metodologia proposta.

1ª Etapa: formulação do problema.

A primeira etapa proposta está presente em pesquisas com processos decisórios. Seu objetivo é: “saber sobre o que se quer decidir e qual é o contexto da decisão”, devendo ser elaborada para compreensão do problema a ser examinado.

A correta compreensão do problema é essencial para que se possa realizar uma avaliação mais realista possível. Para tal, é necessário que se conheça o contexto em que o problema está inserido.

2ª Etapa: identificação dos objetivos.

A segunda etapa é fundamental para direção do trabalho e está diretamente ligada à primeira. Sem a definição e eleição dos objetivos não se pode compreender o problema proposto em sua plenitude. Foram elencados os objetivos específicos de cada fase e, dessa forma, pôde-se dar uma abordagem diferenciada, com objetivos distintos, para cada uma delas.

3ª Etapa: identificação dos atores.

A terceira etapa foi apoiada no conceito multifocal do método *Balanced Scorecard - BSC*. Conforme apresentado na fundamentação teórica, o método BSC tradicional possui quatro perspectivas que são balanceadas para o sucesso da organização: a financeira, a do cliente, a dos processos internos e a de aprendizado e crescimento. Mas cada organização ou processo possui suas características e momentos próprios. No método BSC adaptado para este trabalho, foram selecionadas e balanceadas as diferentes visões dos atores interessados na avaliação de uma ETE.

Três aspectos são fundamentais para o sucesso da aplicação do BSC neste trabalho: a) a integração entre as perspectivas para que se obtenha uma avaliação global; b) o balanceamento entre os graus de importância das perspectivas; e c) a conjugação com métodos de auxílio à decisão.

A identificação das perspectivas adotadas neste trabalho foram amparadas na Norma Brasileira – ABNT NBR ISO 24510, que regula as atividades relacionadas aos serviços de água potável e de esgoto. A Norma contém exemplos de partes interessadas, denominadas neste trabalho de atores, presentes nos serviços de água potável e esgoto. São citados os prestadores de serviço ou associações destes, os usuários e associações de usuários de água e de esgoto, órgãos autônomos, que procuram desempenhar o papel de supervisão e acompanhamento, e as agências públicas ou governo, atuando com competência legal e regulando os serviços.

4ª Etapa: levantamento inicial dos indicadores (alternativas) e dos critérios de avaliação dos indicadores.

A quarta etapa foi amparada na revisão bibliográfica. Uma ampla pesquisa foi realizada na literatura, em dispositivos legais e em contratos de prestação de serviços para realizar o levantamento inicial dos possíveis indicadores de desempenho e dos critérios a serem empregados na avaliação. Esse levantamento foi realizado em bases de dados nacionais e internacionais, e voltado para a área de saneamento, mais especificamente para as estações de tratamento de esgotos.

5ª Etapa: pré-seleção dos indicadores.

A quinta etapa é uma das mais importantes no processo de avaliação. A partir do universo de indicadores e critérios pré-selecionados, obtiveram-se os resultados finais.

Segundo Cohon e Marks (1975), uma das primeiras etapas na análise de um problema multiobjetivo é a identificação das alternativas viáveis, excluindo-se aquelas claramente inferiores. Esses autores completam afirmando que, em situações em que há um grande número de alternativas, deve ser feita uma etapa de seleção ou triagem de alternativas superiores. Essa etapa é muito importante no presente estudo, já que o número de alternativas inicial (que neste trabalho são os indicadores levantados) se mostrou elevado.

Para pré-selecionar os indicadores, foram adotados três critérios: redundância (indicadores semelhantes), aplicabilidade (aplicação na avaliação de ETEs), e recorrência (número de entidades que empregam o indicador).

Como foram levantados indicadores de diversas organizações, localizadas em diversos países, observou-se que muitos eram redundantes. Em diversas vezes, os indicadores possuíam nomenclatura diferente, porém, tinham os mesmos objetivos de avaliação, com fórmulas similares. Como exemplo, podem ser citados os indicadores: “Custo de operação e manutenção”, encontrado em 16 organismos de origem com a mesma denominação, objetivo ou unidade de medida (R\$/m³), “Número de reclamações e de comunicação de problemas”, encontrado em 11 organismos, “Consumo de energia elétrica na ETE por volume tratado”, encontrado em 10 organismos, “Índice de tratamento de esgoto

(Porcentagem de volume coletado em relação ao volume enviado para tratamento)”, encontrado em nove organismos, “Resposta a reclamações e sugestões”, encontrada em seis organismos, dentre outros.

Dessa forma, numa primeira instância, os indicadores foram organizados em uma Tabela, em que se explicitaram a nomenclatura, código, unidade de medida, dimensão e entidade de origem. Fez-se um trabalho minucioso e extenso, com os 780 indicadores levantados inicialmente, para que fossem identificadas e eliminadas as recorrências. Para facilitar este trabalho, a lista de indicadores foi organizada de três formas distintas: em ordem alfabética, por código de identificação, e por dimensão. A partir daí, as ferramentas de localização, filtro e remoção de duplicatas, do programa Excel da Microsoft, foram utilizadas para viabilizar a identificação e agregação dos indicadores redundantes.

Após realizar a agregação dos indicadores redundantes, foi realizada a análise segundo o critério de aplicabilidade. Observou-se que alguns indicadores selecionados tinham emprego na avaliação de sistemas de saneamento, mas não diretamente na avaliação de ETEs. Como exemplos podem ser citados os indicadores: “Número de rupturas de rede coletora”, “Extensão de redes de esgoto”, “Número de obstruções por 10 km de coletor”, “Despesa corrente unitária por extensão de rede”, “Reparo ou troca de PVs (poços de visita)”, “Reparo de redes e conexões”, “Número de limpezas dos bueiros”, “Número de inspeções nos poços de visita”, “Índice de estações elevatórias críticas”, “Utilização de bombeamento dos esgotos na rede de drenagem”, “Número de falhas em estações de bombeamento, por ano e por comprimento de rede de esgoto”, dentre outros. Dessa forma, foram eliminados os indicadores com aplicação geral, permanecendo apenas aqueles que possivelmente tinham aplicação na avaliação das ETEs.

O terceiro critério analisado foi o de recorrência. Esse critério teve como objetivo selecionar apenas os indicadores empregados por mais de uma organização. Com isso, buscou-se selecionar indicadores mais relevantes e notadamente mais confiáveis, tendo em vista terem sido empregados por mais de uma entidade.

6ª Etapa: definição dos critérios.

Na sexta etapa, os critérios empregados na avaliação foram definidos. A escolha foi amparada na revisão bibliográfica, que gerou o levantamento inicial dos critérios e os aspectos mais importantes a serem considerados, e na consulta aos atores envolvidos na avaliação, sendo questionados quanto aos critérios aplicados na avaliação.

Para a definição dos critérios e para compor a consulta aos atores, foram escolhidas as seguintes características, que refletem os objetivos adotados para a avaliação dos indicadores:

- relevância para inclusão no modelo;
- viabilidade para aplicação;
- clareza e compreensão;
- representatividade nas instituições;
- disponibilidade;
- custo adequado;
- referência.

Amparando-se nessas características, foram definidos os critérios empregados na avaliação dos indicadores.

7ª Etapa: determinação dos pesos dos critérios.

A determinação dos pesos dos critérios foi realizada com o emprego da comparação pareada do método AHP. Os atores envolvidos na avaliação foram consultados para realizar os julgamentos.

Os fundamentos do método AHP foram apresentados na revisão bibliográfica. Este método foi selecionado neste trabalho por facilitar os julgamentos dos atores. Ele permite a hierarquização das opiniões subjetivas, possibilitando um tratamento quantitativo que conduz a uma estimativa numérica da importância relativa de cada um dos critérios. Cada ator realizou uma comparação par a par, de cada critério apresentado, criando-se uma matriz de avaliação quadrada. Nessa matriz, o ator representou, a partir de uma escala predefinida, sua preferência entre os elementos comparados. Respondeu às seguintes

perguntas: - Qual dos dois critérios contribui mais para a maximização do critério desempenho? - Quantas vezes um critério contribui mais que outro?

A escala de valor de Saaty foi utilizada para quantificar as comparações. Porém, como a quantidade de valores a ser escolhidos e a faixa dos julgamentos é extensa, foi feita uma redução na escala, com a finalidade de reduzir a nebulosidade e facilitar as comparações. A Tabela 5.1 apresenta a simplificação adotada neste trabalho.

Tabela 5.1 – Escala de comparação entre critérios

Escala de Saaty		Escala simplificada
1	Igual importância entre as variáveis	1
3	Importância pequena de uma sobre a outra	2
5	Importância grande ou essencial	3
7	Importância muito grande ou demonstrada	4
9	Importância absoluta de uma sobre a outra	5
2,4,6,8	Valores intermediários de importância	Sem valores intermediários

Para garantir a robustez do processo de avaliação, foi feita uma verificação de consistência, considerada uma das grandes vantagens do método AHP. Como as comparações são feitas levando em conta elementos de juízo pessoais ou subjetivos, podem ocorrer inconsistências nos julgamentos. Os resultados são considerados mais consistentes quanto menor for o valor da razão de consistência. Se for encontrado um grau de inconsistência elevado, deve-se rever as comparações par a par. Na janela de comparação pareada do programa *Webhipre*, a razão de consistência é representada pelo índice CM (*Consistency Measure*).

Os atores foram consultados, para comparação dos critérios, com o programa *Lime Survey*, que possibilitou uma coleta mais rápida e organizada das opiniões. O programa deu suporte à elaboração e administração da consulta na rede mundial de computadores, reduzindo a restrição de localização e tempo dos participantes e facilitando o controle estatístico das respostas recebidas. Foi enviada uma Tabela, apresentada no Apêndice C, com os critérios pareados para serem comparados.

Para seguir a abordagem de avaliação por perspectivas, adotada neste trabalho por meio do método BSC modificado, as respostas dos diferentes atores foi separada de acordo com os diferentes grupos de interesse: os reguladores do serviço, os prestadores de serviço, os usuários e os especialistas. Assim, foram geradas matrizes de avaliação específicas para cada grupo de atores, com as diferentes visões em relação à avaliação dos pesos.

Três critérios não foram considerados na avaliação dos usuários: “disponibilidade de dados para medição e monitoramento”, “custo para medição e monitoramento” e “referência para medição”. Isso ocorreu, pois os critérios citados requerem maior embasamento técnico e de informações para serem avaliados. Submetê-los à apreciação dos usuários poderia causar uma distorção nos resultados. Dessa forma, a avaliação foi restrita aos quatro primeiros critérios, que são afins a esse grupo. Os demais grupos de atores avaliaram todos os critérios.

Como foram consultados grupos de atores, com interesses distintos foi empregado um método quantitativo de auxílio à decisão em grupo. Conforme apresentado na Fundamentação Teórica, para grupos que atuam como uma unidade, utiliza-se a abordagem conhecida como Agregação Individual de Julgamentos (AIJ), já para grupos que preservam a individualidade de cada componente é utilizada a Agregação Individual de Prioridades (AIP). Para a agregação das respostas dos diferentes grupos de atores nesta pesquisa foi adotada a abordagem AIP, já que os grupos apresentaram ideias e valores independentes. Para agregar as preferências internas, entre os indivíduos de cada grupo, foi utilizada a abordagem AIJ, supondo haver interesse comum e sinergia interna nos grupos.

Nas duas abordagens de agregação, foi utilizada a média aritmética, pois ambas são flexíveis quanto ao uso das médias, sendo possível empregar tanto a média geométrica quanto a aritmética. Além disso, a adoção da média aritmética justifica-se pois, com os dados coletados neste trabalho, as respostas agregadas com essa média se ajustaram melhor aos cálculos do método AHP, gerando uma razão de consistência menor, conforme será exposto nos resultados.

Os resultados obtidos foram processados com a comparação pareada do método AHP, gerando, por fim, a quantificação dos pesos segundo cada perspectiva. Para o

processamento dos cálculos da comparação pareada, foi utilizado o programa *Web-Hipre*, apresentado no Capítulo de Fundamentação Teórica.

8ª Etapa: avaliação das alternativas.

Esta etapa foi realizada com amparo nos julgamentos dos atores. Os indicadores pré-selecionados foram avaliados em relação a cada critério escolhido. Para proceder à avaliação, foi realizada uma consulta aos atores envolvidos no problema, sendo utilizada uma simplificação do método Delphi, que consistiu na redução do número de rodadas que o método tradicional utiliza para convergência dos resultados. No método simplificado foram realizadas duas rodadas, entretanto, foi propiciado aos participantes que reposicionassem seus julgamentos a qualquer momento, tendo sido disponibilizado, por meio do programa Lime Survey, as estatísticas atualizadas automaticamente à medida que novas respostas eram adicionadas. Três fatores principais justificam a utilização do método simplificado neste trabalho: a) o tempo de realização da pesquisa não seria suficiente para completar os diversos ciclos de convergência das respostas empregados no método tradicional; b) o esforço dos atores para responder a pesquisa seria muito grande com as diversas rodadas do método tradicional, o que reduziria muito a participação na consulta; e c) a utilização do programa *Lime Survey* oferece ferramentas que permitem o compartilhamento simultâneo e atualizado dos resultados da pesquisa, reduzindo a necessidade de diversas rodadas para divulgar as novas respostas e controlar a convergência dos resultados.

A consulta foi realizada por meio de um questionário enviado aos atores. As respostas eram processadas automaticamente pelo programa e as estatísticas parciais dos resultados, geradas até aquele momento, eram apresentadas na tela final do questionário, após a conclusão de cada participante. Juntamente com a apresentação das estatísticas uma mensagem solicitava ao participante que alterasse suas avaliações, caso julgasse necessário. Esse procedimento visou possibilitar um reposicionamento das avaliações e obtenção de maior convergência nas respostas.

O método de consulta foi executado de acordo com as seguintes etapas:

- Desenvolvimento do questionário;
- Seleção dos participantes;

- Teste do questionário;
- Envio da primeira parte da consulta;
- Informação das estatísticas parciais a cada participante após completar sua pesquisa;
- Reposicionamento dos participantes;
- Envio da segunda parte da consulta;
- Informação das estatísticas parciais a cada participante após completar sua pesquisa;
- Reposicionamento dos participantes;
- Elaboração do relatório final.

Nos testes elaborados, verificou-se que o questionário demandaria muito esforço dos participantes. O tempo de execução estimado ficou em torno de 40 minutos, muito além do recomendado para uma pesquisa. No total, a consulta demandaria 341 julgamentos. Dessa forma, duas medidas foram adotadas para contornar esse problema.

A primeira medida adotada foi a de dividir a consulta em duas partes. Na primeira parte, foram solicitados os dados gerais dos participantes, a avaliação dos 51 indicadores pré-selecionados em três critérios, “importância”, “aplicabilidade” e “facilidade de interpretação”, e a comparação pareada de todos os critérios. No total, seriam realizados 188 julgamentos. Na segunda parte, foram solicitados os julgamentos dos 51 indicadores em três critérios ainda não avaliados, “disponibilidade de dados para medição e monitoramento”, “custo para medição e monitoramento” e “referência para medição”, totalizando 153 julgamentos. Com essa medida, tentou-se reduzir o esforço concentrado necessário para responder a pesquisa, distribuindo as perguntas em duas etapas, e, ainda, reduzir o tempo de resposta médio de cada consulta, sendo a primeira de 25 minutos e a segunda de 15 minutos.

A segunda parte da consulta não foi enviada ao grupo de usuários, já que os critérios presentes nessa parte requeriam maior embasamento técnico e de informações, o que não é característico desse grupo. Dessa forma, como ocorreu na determinação dos pesos dos critérios por comparação pareada, a avaliação dos indicadores para o grupo de usuários foi restrita aos quatro primeiros critérios.

A segunda medida adotada para redução do esforço e do tempo demandado para responder a consulta foi a de possibilitar aos participantes que respondessem cada etapa da pesquisa

de forma descontinuada, podendo interromper o trabalho a qualquer momento e continuar posteriormente do ponto onde parou. Isso foi possível pois o programa *Lime Survey* armazena as respostas em um banco de dados, podendo gerar códigos de acesso a usuários cadastrados.

O código de acesso ao questionário foi enviado aos atores, conforme os modelos apresentados no Apêndice C, possibilitando o acesso à primeira parte da consulta. Após a conclusão da primeira parte, os códigos foram reenviados aos atores, possibilitando o acesso à segunda parte da consulta. Foi enviada, juntamente com o 2º código de acesso, uma mensagem lembrando da possibilidade de reavaliação dos julgamentos dos participantes, caso achassem pertinente.

Os resultados da consulta foram empregados na avaliação dos indicadores pré-selecionados. O questionário elaborado e uma descrição do programa *Lime Survey* encontram-se no Apêndice B deste trabalho.

9ª Etapa: avaliação global das alternativas.

A avaliação global das alternativas foi realizada empregando o método AHP com *ratings*. O uso de *ratings*, ou medição absoluta, conforme descrito por Saaty (2006), permite reduzir o número de avaliações para solução do problema.

No método AHP tradicional é realizada medição relativa, todas as alternativas são comparadas duas a duas, sendo denominado de modelo relativo. Entretanto, Saaty e Ozdemir (2003) afirmam que, quando se trabalha com matrizes de comparações com mais de nove elementos, existe uma limitação para o cérebro humano realizar julgamentos consistentes. Para contornar esse problema, Saaty (2008b) sugere o emprego do método AHP com medição absoluta ou *ratings*, denominado de modelo absoluto ou de *ratings*. Segundo Saaty (2006), na medição absoluta, níveis de importância ou desempenho são estabelecidos e comparados entre si. Os valores de desempenho das alternativas são obtidos associando-as a estes níveis.

Silva *et al.* (2010) explicam que, para a elaboração de *ratings*, é necessário definir as categorias para os critérios. Por exemplo, para o critério desempenho do aluno, podem-se

definir categorias, tais como: excelente, muito bom, bom, regular e deficiente; ou através de intervalos de notas (9,5-10), (8,5-9,4), (7,5-8,4), (6,5-7,4), (5,0- 6,4) e (menor que 5,0). O número de categorias deve ser definido de modo a representar com clareza o critério. Para estabelecer a importância relativa entre essas categorias, recomenda-se o processo de comparação pareada do método AHP. As prioridades finais das alternativas são encontradas somando os valores oriundos da multiplicação entre as prioridades de cada categoria e as prioridades globais dos critérios dessas categorias. No método AHP com *ratings*, a estrutura de avaliação é fixa e cada alternativa é avaliada de acordo com seu desempenho em cada critério.

Neste trabalho, foi estabelecida uma escala com cinco níveis de desempenho para os critérios, de 01 (um) a 05 (cinco), em ordem crescente de importância. A Figura 5.3 apresenta o exemplo de um problema com 3 (três) critérios e 5 (cinco) alternativas, estruturado hierarquicamente conforme o método AHP com *ratings*, contendo medições absolutas com cinco categorias para todos os critérios.

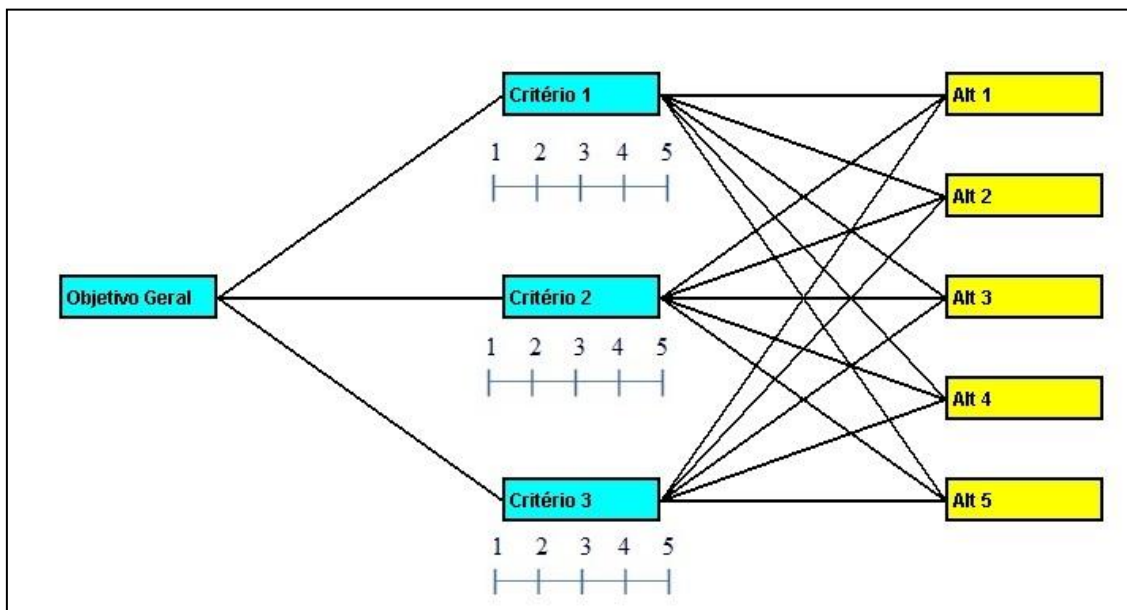


Figura 5.3 – Exemplo de estrutura hierárquica do método AHP com *ratings*

A escala de valor adotada neste trabalho, com cinco níveis de desempenho, somente não foi utilizada na avaliação do critério “recorrência”, que foi avaliado de acordo com o número de entidades que empregam o indicador.

O método AHP geralmente é implementado com a ajuda de um *software* de apoio à decisão, como *Expert Choice*, *Super Decisions*, *Web-Hipre* ou *Decisions Lens*. Neste trabalho, foi utilizado o *software Web-Hipre*, que tem como vantagens: a) fornecer suporte ao processo de tomada de decisão na rede mundial de computadores; b) possuir abordagem de decisão em grupo; c) possibilidade de emprego de outros métodos conjugados ao método AHP; d) possibilidade de acesso livre, sem limite do número de alternativas e critérios; e) possuir análise de sensibilidade; e f) visualização gráfica dos relatórios com as soluções.

A Figura 5.4 apresenta a estrutura hierárquica gerada no programa *Web-hipre*, utilizado para realizar a avaliação. Como o trabalho empregou o método BSC adaptado, para diferenciar as perspectivas de avaliação dos atores envolvidos, foram montadas quatro estruturas hierárquicas no programa *Web-hipre*, cada uma contendo as avaliações de um grupo distinto de atores.

A avaliação pela perspectiva dos usuários foi realizada considerando quatro critérios, “grau de importância”, “aplicabilidade”, “facilidade de interpretação” e “recorrência”, não sendo considerados os critérios “disponibilidade de dados para medição e monitoramento”, “custo para medição e monitoramento” e “referência para medição”, pelos motivos já apresentados nas etapas anteriores. Os demais grupos de atores tiveram a estrutura de avaliação montada conforme a Figura 5.4, com sete critérios de avaliação.

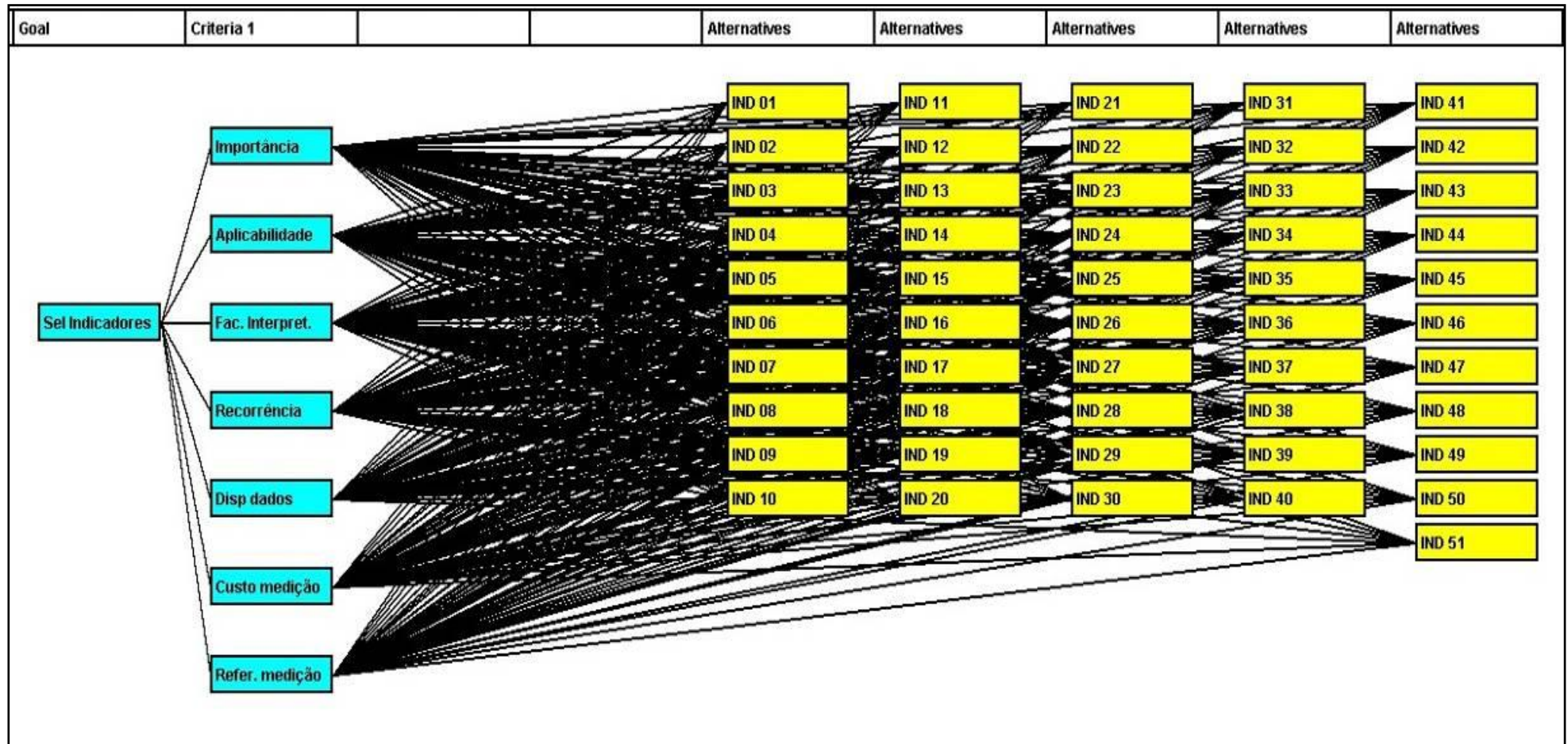


Figura 5.4 – Estrutura hierárquica de decisão

10ª Etapa: apresentação dos resultados da seleção dos indicadores.

A décima etapa teve como objetivo apresentar os relatórios numéricos e gráficos contendo os resultados da avaliação, elaborada com o programa Web-hipre. Esta etapa conclui a primeira fase da metodologia, apresentando a relação dos indicadores de desempenho pré-selecionados e ordenados de acordo com os resultados da avaliação.

5.2 - 2ª FASE: AVALIAÇÃO DAS ETES

A segunda fase metodológica visa avaliar as ETES empregando o conjunto de indicadores pré-selecionados na primeira fase. Esse conjunto serve como um banco de coleta, disponível para a escolha de um grupo menor de indicadores para a avaliação de estações com diferentes níveis de complexidade. Dessa forma, a avaliação torna-se mais flexível, podendo ser escolhidos indicadores específicos para o contexto considerado.

11ª Etapa: escolha das ETES a serem avaliadas.

A segunda fase iniciou-se com a décima primeira etapa, que teve como objetivo escolher as unidades que seriam avaliadas. Três estações de tratamento de esgotos do Distrito Federal foram escolhidas para a avaliação: São Sebastião, Samambaia e Brasília Norte. Essas três ETES foram escolhidas porque são de porte e sistemas de tratamento distintos, de forma a abranger as diferentes necessidades e característica de avaliação. As ETES escolhidas para o estudo de caso serão descritas no próximo capítulo.

12ª Etapa: identificação dos objetivos de avaliação das ETES.

Esta etapa buscou identificar os objetivos de avaliação das ETES. Para elencá-los foram considerados os requisitos normativos, os aspectos metodológicos adotados neste trabalho e as necessidades e expectativas dos atores envolvidos na avaliação. Sem a contextualização do problema e a delimitação de seus objetivos não seria possível uma definição realista da avaliação e o processo perderia sua eficiência e eficácia.

De forma a contextualizar a avaliação com a perspectiva normativa, foram mesclados os objetivos das normas que tratam dos serviços de saneamento. Foram utilizados os objetivos

da norma ABNT NBR ISO 24510, que trata das diretrizes para a avaliação e para a melhoria dos serviços prestados aos usuários, e da norma ABNT NBR ISO 24511, que trata das diretrizes para a gestão dos prestadores de serviço de esgoto e para a avaliação dos serviços de esgoto, ambas em vigor a partir de 10 de janeiro de 2013. A adoção dos objetivos dessas normas cumpre a finalidade de balizar a avaliação considerando o aspecto normativo.

Outro aspecto considerado com a adoção dos objetivos das normas citadas é o metodológico, já que as normas apresentam uma visão multifocal na identificação dos objetivos, sendo consideradas as visões dos usuários, dos prestadores de serviços e de outras partes interessadas. Além disso, o foco do trabalho é a criação de um sistema de avaliação com um conjunto de indicadores de desempenho, o que também baliza os objetivos das normas adotadas.

A partir dos objetivos, foram especificados critérios e indicadores específicos para a realidade técnica e operacional de cada ETE a ser avaliada, conforme será descrito a seguir.

13ª Etapa: identificação dos critérios de avaliação das ETEs.

Os critérios de avaliação foram definidos baseando-se nos objetivos listados na etapa anterior. Amparando-se no que prevê o item 7.6 da norma ABNT NBR ISO 24511, convém que os critérios necessários para avaliação dos serviços de esgotamento sejam selecionados de acordo com os objetivos e requisitos determinados pelas partes interessadas e considerando as condições locais. Dentre os critérios presentes nas normas, foram selecionados os que tinham aplicação na avaliação de ETEs, eliminando os que visavam realizar uma avaliação global em sistemas de esgotamento, e considerando os mais relacionados com os objetivos escolhidos na etapa anterior.

A norma aponta que os critérios de avaliação dos serviços são os elos entre os objetivos e os indicadores de desempenho. Assim, esta etapa é fundamental para a escolha dos indicadores que serão empregados na avaliação.

14ª Etapa: escolha dos indicadores a serem empregados em cada critério.

Esta etapa teve como objetivo escolher os indicadores de desempenho que seriam empregados na avaliação. A sua execução foi amparada nos resultados da 1ª fase, em que os indicadores foram pré-selecionados e avaliados. O indicador com melhor desempenho, em cada critério escolhido na 13ª etapa, foi escolhido para compor o grupo final de avaliação.

Foi escolhido um indicador para cada critério. Dessa forma, a avaliação contemplou o número mínimo possível de indicadores, sendo realizada de forma unívoca e sem perder a abrangência. Nos casos de critérios contemplados com mais de um indicador, permaneceu o que obteve melhor desempenho na avaliação da primeira fase. Para os casos de critérios escolhidos que não possuíam um indicador pré-selecionado associado, foi elaborado um novo indicador ou buscado no banco de indicadores inicialmente gerado. Nesses casos, como o indicador não foi submetido à avaliação dos atores, adotou-se avaliá-lo com o grau mínimo obtido entre os indicadores pré-selecionados. Essa avaliação, como será descrito a seguir, representará o peso do indicador.

15ª Etapa: determinação dos pesos dos indicadores.

Esta etapa teve como objetivo determinar o grau de importância de cada um dos indicadores escolhidos e amparou-se nos resultados da seleção na 1ª fase. O peso dos indicadores foi determinado de acordo com os resultados da seleção. Dessa forma, diferenciou-se o grau de importância de cada um dos indicadores em relação ao seu desempenho em cada critério da fase anterior.

Para os casos dos novos indicadores, adotou-se pesá-los com o menor valor obtido no grupo de indicadores pré-selecionados, já que os novos indicadores não foram considerados na avaliação dos indicadores pré-selecionados e não foram sugeridos na consulta aos atores, sendo hipoteticamente menos valorizados.

16ª Etapa: levantamento do desempenho das ETEs em cada indicador escolhido.

Na décima sexta etapa, foram levantados os desempenhos das ETEs em cada indicador escolhido nas etapas anteriores. Os dados para avaliação foram obtidos diretamente com o prestador de serviço. Dessa forma, a avaliação aproximou-se ao máximo da realidade de cada estação.

Os desempenhos foram levantados considerando o período de um ano, de forma a possibilitar, ao longo do tempo, a construção de uma série histórica e monitorar os resultados anualmente. Cabe salientar que cada indicador possui características próprias de medição, podendo ser coletados dados semanais, quinzenais ou mensais, sendo necessário empregar ferramentas estatísticas, como médias, valores máximos e mínimos, dentre outras, para a obtenção dos valores que representam o desempenho anual do indicador. O ano base da avaliação foi 2012, sendo considerados os dados mais recentes disponibilizados pelo prestador de serviço.

Após realizar o levantamento do desempenho em cada indicador, passou-se para a avaliação global.

17ª Etapa: avaliação global das ETEs.

A avaliação global das ETEs foi realizada empregando dois métodos multiobjetivo, ELECTRE TRI e TOPSIS modificado. Esses métodos foram escolhidos pela possibilidade de aplicação a problemas de alocação e, nesta fase, deveriam ser utilizados métodos que alocassem as estações em categorias de desempenho. Com isso, após a conclusão do processo de avaliação, cada ETE pôde ser classificada em uma categoria pré-determinada.

Para iniciar a avaliação global, foi construída uma matriz de avaliação, contendo nas colunas as ETEs avaliadas, e nas linhas os critérios de avaliação (indicadores selecionados), com os respectivos pesos e os resultados de avaliação em cada alternativa. Os indicadores medidos por mais de um parâmetro tiveram seus pesos distribuídos para que não fossem supervalorizados. Cita-se como exemplo o indicador “utilização da estação de tratamento”, medido pela “capacidade de carga orgânica” e “capacidade de carga hidráulica”. Neste caso, foi considerada a metade do peso do indicador “utilização da

estação de tratamento” para cada uma das capacidades de carga. O mesmo procedimento foi adotado com o indicador “eficiência de remoção”, medido por mais de um parâmetro de remoção, tendo seu peso dividido pela quantidade de parâmetros considerados na avaliação de cada ETE.

A partir da matriz de avaliação, realizou-se a avaliação das ETEs em cada um dos métodos.

- Avaliação global empregando o método ELECTRE TRI

A avaliação empregando o método ELECTRE TRI foi realizada com a adoção da seguinte sequência metodológica:

1. Definição dos critérios e dos pesos dos critérios;
2. Determinação dos limites dos perfis e das categorias de desempenho em cada critério;
3. Estabelecimento dos limites de preferência, indiferença e veto para cada critério;
4. Obtenção dos desempenhos das alternativas em cada critério;
5. Determinação das relações de sobreclassificação, comparando os desempenhos das alternativas com os limites dos perfis;
6. Cálculo dos índices de concordância, discordância e credibilidade;
7. Estabelecimento do nível de corte, λ ;
8. Obtenção das relações de preferência entre as alternativas e os perfis;
9. Alocação da alternativa em uma categoria de acordo com a classificação pessimista ou otimista;
10. Análise dos resultados.

O primeiro item da sequência metodológica, referente à definição dos critérios e de seus pesos, foi estabelecido nas etapas anteriores. Quanto à determinação das categorias de desempenho, alguns trabalhos, como os de Brostel (2002) e Mendonça (2009), adotam cinco categorias para a avaliação. A escolha de cinco categorias foi feita nesses trabalhos considerando ser o número mínimo capaz de expressar desempenhos diferenciados. De acordo com Brostel (2002), um número maior de categorias passaria a exigir critérios mais rigorosos para definição, que só poderiam ser estabelecidos com a participação dos atores, demandando um tempo ainda maior para processar os resultados. Dessa forma, neste

trabalho foram adotadas cinco categorias de desempenho: “excelente” (E), “muito bom” (MB), “bom” (B) e “regular” (R) e “muito ruim” (MR).

As categorias adotadas refletem os seguintes desempenhos:

- E: máximo desempenho, situação de grau mais elevado e desejável para uma estação;
- MB: desempenho altamente desejável, cumprindo suas atribuições além do dever;
- B: desempenho mínimo necessário para uma ETE. Nesta categoria a estação cumpre suas atribuições a contento da população e dos órgãos de fiscalização;
- R: desempenho abaixo do desejável, deve-se dar atenção especial para correções e melhorias de desempenho;
- MR: desempenho indesejável, devendo ser altamente evitado e repudiado pela administração da ETE.

Os limites dos perfis foram levantados considerando padrões normativos, padrões estabelecidos por organismos internacionais de avaliação, resultados dos desempenhos da própria ETE em séries históricas e, quando inexistentes, foram elaborados. Os limites dos perfis tiveram valores diferenciados sendo considerados diversos fatores, como o indicador empregado, a unidade de medida do indicador, a alternativa avaliada e as peculiaridades de cada ETE. Essa consideração gerou valores individualizados para as categorias de desempenho e possibilitou contextualizar a avaliação com o perfil da ETE avaliada. Além disso, reduziu as inconsistências que poderiam ser geradas por um sistema de avaliação fixo, que utiliza perfis pré-definidos, independentemente do ente avaliado. A adoção de limites variáveis para definição das categorias de desempenho tornou o sistema de avaliação mais flexível e coerente com a realidade das estações.

O próximo passo metodológico refere-se ao estabelecimento dos limiares de indiferença (Q), preferência (P) e veto (V). Para estabelecer esses parâmetros, primeiro foi definido o valor do limiar de preferência e a partir das relações de p/q e v/p foram calculados os demais limiares. A verificação da estabilidade e coerência dos valores escolhidos foram avaliados com uma posterior análise de sensibilidade, sem a qual não seria possível a determinação de valores adequados.

A relação $0 < q < p < I/2$, sendo I o menor intervalo entre dois limites de categorias adjacentes, foi adotada para a obtenção dos valores iniciais dos limiares. Além disso, foi

considerado para a determinação dos valores iniciais dos limiares que a relação de p/q seria igual a 3 e que v/p seria igual a 7, valores próximos dos adotados em alguns trabalhos como o de Brostel (2002), Ribeiro (2003) e Mendonça (2009).

Os valores de limiares de preferência estão diretamente ligados aos limites das categorias de desempenho. Como neste trabalho adotou-se a aplicação de limites respeitando as individualidades das estações, os limiares também terão seus valores determinados de acordo com a ETE avaliada.

Para apoiar os cálculos e determinar o desempenho global das ETEs, foi utilizado o aplicativo ELECTRE TRI do laboratório LAMSADE, da Universidade de Paris Dauphine. O aplicativo executa o algoritmo descrito neste trabalho. Inicialmente, fez-se o lançamento dos desempenhos de todos os indicadores, pesos e limiares de indiferença, preferência e veto. Com esses dados são determinadas as relações de sobreclassificação. Em seguida, são calculados os índices de concordância, discordância e credibilidade, de acordo com as fórmulas apresentadas no Capítulo de Fundamentação Teórica. Os resultados dos desempenhos globais são calculados considerando um nível de corte padrão, com λ igual a 0,76, podendo ser alterado para a análise de sensibilidade dos resultados.

Por fim, as ETEs foram alocadas em uma categoria de desempenho, de acordo com as classificações otimista e pessimista. Como a avaliação foi realizada considerando as particularidades de cada ETE, os cálculos foram realizados em matrizes de avaliação distintas, sendo estruturadas com os critérios, valores e limiares considerados para cada ETE.

- Avaliação global empregando o método TOPSIS modificado

A avaliação empregando o método TOPSIS modificado foi realizada adotando a seguinte sequência metodológica:

1. Obtenção dos desempenhos das alternativas em relação aos critérios definidos;
2. Determinação dos pesos dos critérios;
3. Determinação das categorias de desempenho para cada critério e de seus valores limites;

4. Identificação da solução ideal positiva e da solução ideal negativa. Neste caso, para que o método fosse utilizado em um problema de alocação, a solução ideal positiva foi determinada pelo limite de categoria com desempenho máximo ou alternativa com valor máximo e a solução ideal negativa pelo limite de categoria com desempenho mínimo ou alternativa com desempenho mínimo. Os limites das categorias de desempenho e as alternativas com valores intermediários foram denominados de soluções intermediárias, se comportando nos cálculos como alternativas;
5. Determinação das distâncias para a solução ideal positiva e negativa em cada critério;
6. Determinação do coeficiente de similaridade, C , para determinação de quanto a alternativa em questão se aproxima da solução ideal positiva, variando entre zero e um;
7. Ranqueamento das alternativas ordenando os valores de C , dos maiores para os menores, encontrando-se, assim, a posição das alternativas em relação aos limites das categorias de desempenho pré-definidos.
8. Avaliação dos resultados.

Os desempenhos das ETEs em relação aos IDs adotados, bem como os pesos dos indicadores, foram apresentados nas etapas anteriores. De posse desses dados, buscou-se determinar as categorias de desempenho que seriam utilizadas como referências para a avaliação. Para que os resultados da avaliação global empregando os dois métodos, TOPSIS modificado e ELECTRE TRI, pudessem ser comparados, foram adotadas as mesmas categorias, “E”, “MB”, “B”, “R”, e “MR”.

Os valores dos limites das categorias foram semelhantes aos adotados no método ELECTRE TRI. Esses valores foram utilizados como se fossem alternativas de avaliação. Dessa forma, a ETE teve seu desempenho determinado de acordo com o maior limite superado.

As soluções ideais positivas e negativas foram determinadas para cada critério. Os cálculos foram realizados por estação, para possibilitar a comparação dos desempenhos das ETEs com os limites das categorias adotados para cada uma delas. Em seguida, foram

realizados os cálculos das distâncias das alternativas para a solução ideal positiva e negativa, utilizando as Equações 3.1 e 3.2, respectivamente.

Por fim, foram calculados os coeficientes de similaridade, C_s , empregando a Equação 3.3 para determinar o quanto as alternativas se aproximam da solução ideal positiva ou se afastam da solução ideal negativa.

As alternativas são ordenadas de acordo com os valores dos coeficientes de similaridade obtidos, variando entre zero e um. As melhores alternativas têm valores mais próximos de um enquanto as piores estão mais próximas de zero.

Foi elaborada uma planilha eletrônica para aplicação dos cálculos. A planilha executa todas as etapas de cálculo apresentadas, gerando um gráfico com os valores ordenados da avaliação global.

18ª Etapa: resultados da avaliação e análise de sensibilidade.

Nesta etapa, foram apresentados os resultados da avaliação e a análise de sensibilidade, importante para examinar a robustez dos parâmetros adotados no modelo de avaliação empregado e para corrigir possíveis distorções.

Os resultados apresentados refletem os desempenhos das estações nos diferentes indicadores avaliados, sendo gerados pelos dois métodos empregados neste trabalho, ELECTRE TRI e TOPSIS modificado.

A análise de sensibilidade foi realizada para avaliar os parâmetros adotados nos dois métodos utilizados, permitindo verificar as possíveis alterações geradas nos resultados com a variação dos parâmetros.

Para a análise de sensibilidade do método ELECTRE TRI, foram analisados os limiares, os níveis de corte e o tipo de classificação, otimista ou pessimista.

As relações de limiares adotadas inicialmente foram de p/q igual a três e v/p igual a sete. Os valores do veto foram alterados, sendo consideradas as relações $V=P*7$, $V=P*10$ e sem considerar o veto. Dessa forma, foi possível avaliar a influência do veto na avaliação. Outro parâmetro analisado foi o nível de corte. Como esse parâmetro pode ter valores variando entre 0,5 e 1, adotaram-se cinco possibilidades, os valores máximo e mínimo, valores próximos dos limites máximo e mínimo e um valor intermediário.

Além da variação desses parâmetros, foram testadas outras alterações, como a redução dos limiares de preferência e indiferença. Os resultados das duas classificações possíveis do método, otimista e pessimista, também foram apresentados para que pudessem ser comparados e analisados.

A análise de sensibilidade para o método TOPSIS consistiu na observação dos parâmetros peso (W) e índice de importância com relação ao desvio máximo (P), também representado pela letra “S” no cálculo do coeficiente de similaridade. Os parâmetros citados estão presentes nas Equações 3.1, 3.2 e 3.3, apresentadas no capítulo de fundamentação teórica. Como os valores dos pesos foram determinados por meio de uma avaliação multicritério, baseada em uma consulta aos atores, não é necessária a análise dos pesos adotados. Porém, faz-se necessário uma análise do parâmetro “S” para verificar a sua influência nos resultados.

As equações do método indicam que à medida que o valor de S aumenta, mais importância é dada ao maior desvio calculado em relação às soluções ideais. Esse parâmetro reflete a importância que tem os desvios máximos.

Na fundamentação teórica, foram apresentados três valores para esse parâmetro, $S=1$, $S=2$ e $S=\infty$. Para $S=1$, todos os desvios têm a mesma influência em relação aos resultados; para $S=2$, cada desvio tem como peso sua própria magnitude; e para $S = \infty$ o maior desvio recebe mais importância.

6 - ESTUDO DE CASO: AVALIAÇÃO DE ETEs NO DF

6.1 - SISTEMA DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO NO DISTRITO FEDERAL

O Distrito Federal apresenta números positivamente destacados das demais Unidades da Federação em diversos setores, reflexo de suas características peculiares nas áreas política, econômica e social, dentre outras. Quando se trata do setor de saneamento e, mais especificamente, do esgotamento sanitário, o quadro não é diferente. De acordo com dados apresentados no Atlas de Saneamento do IBGE (2011), ilustrados na Figura 6.1, a totalidade dos esgotos coletados no DF é tratada, situação que ocorre em poucos estados do país.

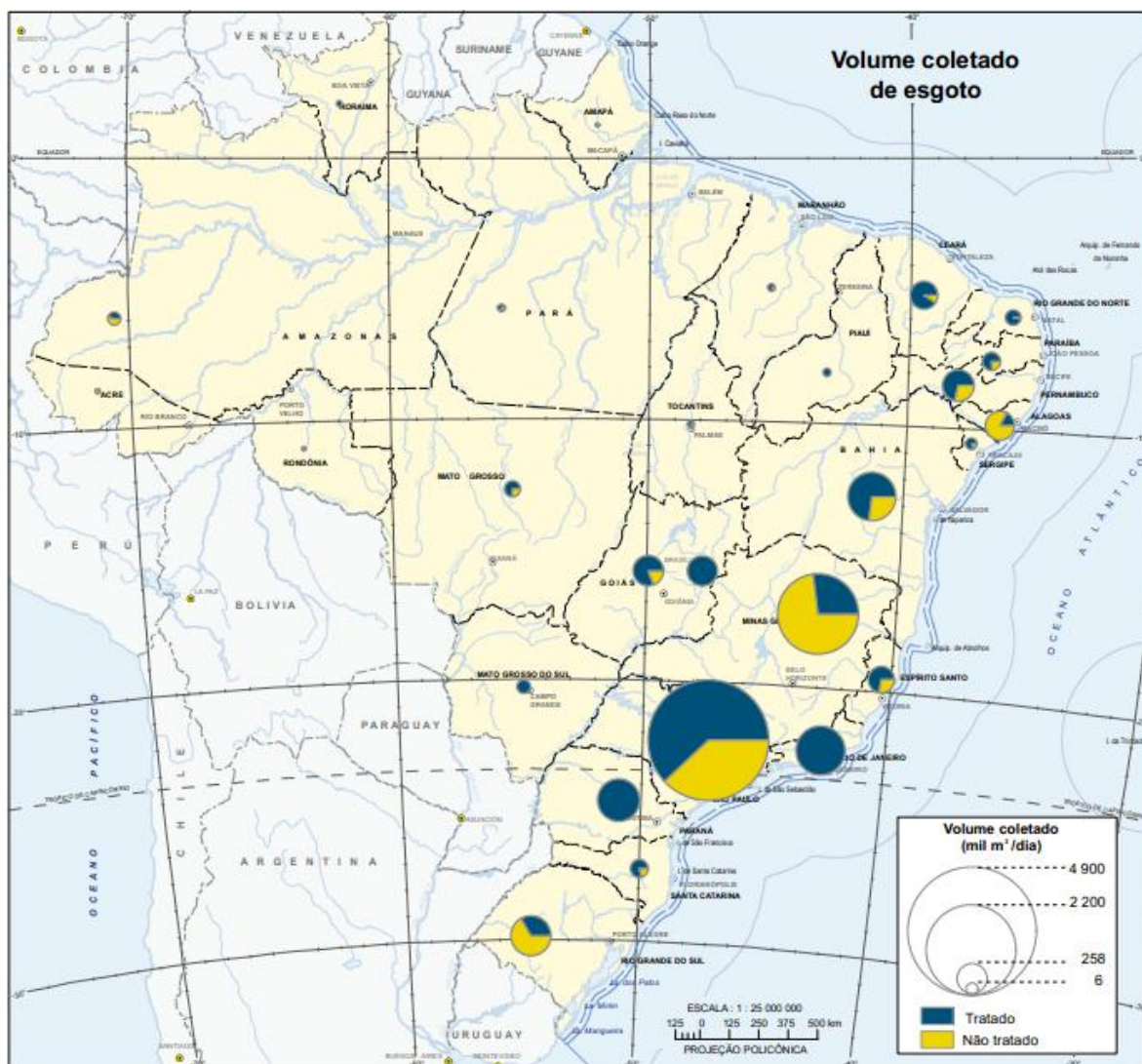


Figura 6.1 – Volume coletado e tratado de esgoto sanitário no Brasil (IBGE, 2011).

A Figura 6.1 expõe, ainda, um grande desequilíbrio nas condições dos sistemas de esgotamento, havendo regiões com baixos volumes e percentuais de tratamento enquanto outras apresentam situações opostas.

A Figura 6.2 mostra o percentual da população atendida com coleta de esgotos por Região Administrativa no Distrito Federal no ano de 2011. Os dados mostram que a maioria das Regiões está plenamente atendida. Porém, algumas Regiões ainda apresentam índices baixos de atendimento. Algumas dessas regiões, como as do Lago Sul e Sobradinho, apresentam índices baixos por terem grande número de conjuntos residenciais com sistemas individuais de tratamento. Outras, porém, não receberam uma estrutura de rede coletora que atenda toda demanda.

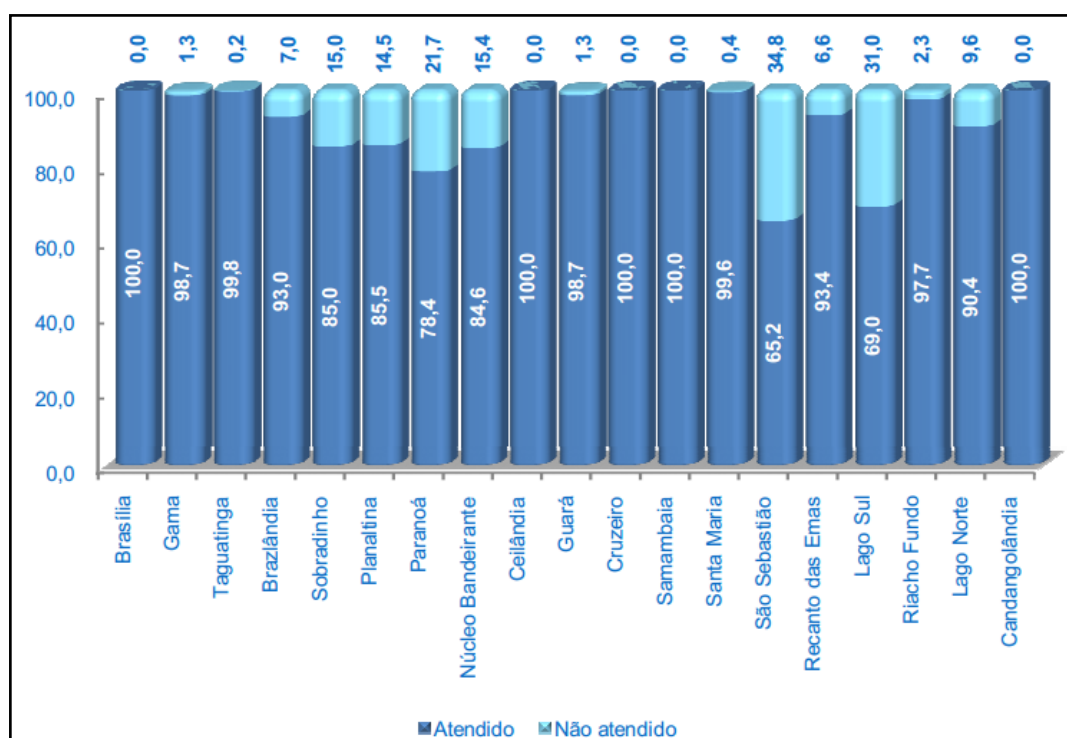


Figura 6.2 – Índice de coleta de esgotos por Região Administrativa no DF (CAESB, 2011).

Conforme mostra também o relatório do IBGE (2011), o DF tem apresentado crescimento populacional muito grande. Conseqüentemente, a demanda por serviços de saneamento tem aumentado proporcionalmente ao crescimento demográfico. Os órgãos gestores, nesse contexto, estão buscando soluções que gerem a melhoria do sistema e uma gestão mais eficiente e eficaz para atender às novas demandas.

Em termos de organização administrativa, a responsabilidade pelos serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário no DF é da Companhia de Saneamento Ambiental do Distrito Federal (CAESB). A Agência Reguladora de Água, Energia e Saneamento Básico do Distrito Federal (ADASA) define as regras e condições para os serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário ofertados, inclusive tarifas, bem como fiscaliza a qualidade e o desempenho dos serviços prestados.

Quanto à estrutura do sistema, segundo o relatório anual de administração da CAESB (2012), o atendimento referente ao esgotamento sanitário no Distrito Federal realiza-se por meio de 5.169 quilômetros de redes, 61 elevatórias e 16 estações de tratamento de esgotos.

O conjunto de características ambientais, urbanísticas, topográficas e, até mesmo, políticas do Distrito Federal, associado à priorização da CAESB na implantação e complementação dos sistemas de esgotamento sanitário, permitiram a implantação de diversas ETEs. De acordo com os dados apresentados, as estações utilizam processos de tratamento bastante diferenciados, desde sistemas em nível terciário, com tratamentos mecanizados, até o uso de sistemas naturais. Em algumas regiões, há disponibilidade de área para a implantação de lagoas ou disposição no solo, mas, em outras, há situações em que não só o espaço físico para implantação da ETE é limitado, como, também, existem severas restrições ambientais em relação ao efluente. Nesses casos, têm sido adotadas soluções mais complexas, como os lodos ativados com remoção biológica e química de nutrientes (Brostel e Souza, 2005). As ETEs do DF, com os respectivos dados de projeto e operação, estão listadas na Tabela 6.1.

Para exemplificar as disparidades características da região, Brostel e Souza (2005) citam que as concentrações médias de DBO e DQO são muito variáveis no Distrito Federal, em decorrência das características socioeconômicas e da dinâmica populacional. ETEs localizadas em Regiões Administrativas de baixa renda apresentam concentrações médias de DBO afluente da ordem de 700 mg/L, enquanto que, em Brasília, as concentrações registradas estão em torno de 300 mg/L.

Tabela 6.1 - Dados de projeto e operação das ETEs do DF (CAESB, 2012)

ETE	Ano de Op.	Descrição do sistema	Corpo Receptor	Vazão (L/s)		População	
				Média anual	Projeto	Projeto	
01	Sobradinho	1967	- Lodo Atv. + Trat. Quím.	Ribeirão Sobradinho	101,3	56	40.000
02	Brazlândia	1983	- L. An. + LF	Rio Verde (Goiás)	41,6	87	29.600
03	Brasília Sul	1993	- RBN + Polimento	Lago Paranoá	1.125,1	1.500	460.000
04	Brasília Norte	1994	- RBN + Polimento	Lago Paranoá	483,8	920	260.000
05	Torto	1994	- RAFA + Infiltração + Cloração	Infiltração no solo	3,5	6	2.500
06	Samambaia	1996	- RAFA/LF + LAT + LP + Polimento	Rio Melchior	314,9	284	180.000
07	Paranoá	1997	- RAFA + LAT	Rio Paranoá	74,7	112	60.000
08	Riacho Fundo	1997	- Lodo Ativado + RBNB	Riacho Fundo	47,1	94	40.000
09	Alagado	1998	- RAFA + LAT + ES	Rio Alagado	78,9	154	84.852
10	Planaltina	1998	- RAFA/LF + LM	Rib. Mestre D'Armas	106,1	255	138.000
11	Recanto das Emas	1998	- RAFA + LAMC + LAF	Cor. Vargem da Bênção	141,2	246	125.500
12	São Sebastião	1998	- RAFA + ES + LM	Rib. Santo Antônio da Papuda	121,7	226	77.717
13	Vale do Amanhecer	1998	- RAFA + LAF + LM	Rio São Bartolomeu	18,8	35	15.000
14	Santa Maria	2000	- RAFA + LAT + ES	Ribeirão Alagado	46	154	84.852
15	Gama	2003	- RAFA + RB + Clarificador	Rib. Ponte Alta	205,6	328	182.630
16	Melchior	2005	- RAFA + UNITANK	Rio Melchior	847,1	1.469	896.799

Legenda:

L. An - Lagoa Anaeróbia	LF - Lagoa Facultativa	LAT - Lagoa de Alta Taxa
LP - Lagoa de Polimento	LM - Lagoa de Maturação	ES - Escoamento Superficial
UNITANK - Reator Aeróbio	LAMC - Lagoa Aerada de Mistura Completa	RB - Reator Biológico
RAFA - Reator Anaeróbio de Fluxo Ascendente	RBNB - Remoção Biológica de Nutrientes por Batelada	RBN - Remoção Biológica de Nutrientes LAF - Lagoa Aerada Facultativa

A complexidade operacional e física do sistema de esgotos no Distrito Federal, bem como as mudanças demográficas constantes que geram demandas variáveis no atendimento dos serviços de saneamento justificam a abordagem do tema e a preocupação com uma gestão mais eficiente e eficaz.

Diante do sistema de esgotamento apresentado e das características de contexto foi proposto realizar um estudo de caso com três ETEs com níveis de complexidade e

características distintas. Dessa forma, foi possível verificar o comportamento da metodologia de avaliação para estruturas com características distintas.

As ETEs Brasília Norte (BN), Samambaia (Sam) e São Sebastião (SSeb) foram escolhidas para o estudo de caso neste trabalho. A escolha ocorreu, pois essas ETEs possuem níveis de complexidade e capacidade de depuração do processo de tratamento de esgotos diferenciados, o que possibilita a execução do método de avaliação em diferentes contextos.

No mês de março de 2012, as três ETEs escolhidas para o estudo de caso foram visitadas, com o objetivo de conhecer em loco os processos de tratamento e as distintas condições das estações. A visita de cunho técnico contou com a presença de equipes da ADASA e UFMG, que também realizam um estudo das ETEs do DF. O grupo foi recebido pelos responsáveis técnicos de cada estação. A descrição das estações e algumas observações referentes aos processos de tratamento serão apresentados a seguir, com base nas sinopses dos sistemas de tratamento, publicadas pela CAESB, nas informações coletadas na visita e nas observações e percepções gerados pelas equipes.

6.2 - ETE BRASÍLIA NORTE (BN)

As operações na ETE Brasília Norte tiveram início em 1969. O projeto atual, conforme apresentado na Tabela 6.1, prevê o atendimento de uma população de 260 mil habitantes e uma vazão média de 920 L/s. Porém, conforme descreve a Sinopse do Sistema de Esgotamento Sanitário do Distrito Federal (SIESG), publicada pela CAESB (2012), o projeto inicial previa o atendimento de uma população de 75 mil habitantes. Isso ocorreu na década de 1980, com vistas a combater o processo de eutrofização do lago Paranoá, sendo necessária a ampliação e modernização das estações Brasília Norte e Brasília Sul. Com o novo projeto, a ETE Brasília Norte, localizada na bacia de drenagem do Lago Paranoá, teve o seu processo modificado para um sistema de tratamento em nível terciário/avançado, com remoção de nutrientes (fósforo e nitrogênio).

A planta atual, inaugurada em 1994, atende à população residente em diferentes localidades de Brasília, como Asa Norte, Varjão, parte do Lago Norte e Taguatinga (Vila

Estrutural). A Figura 6.3 apresenta o fluxograma contendo as etapas de tratamento que serão descritas a seguir.

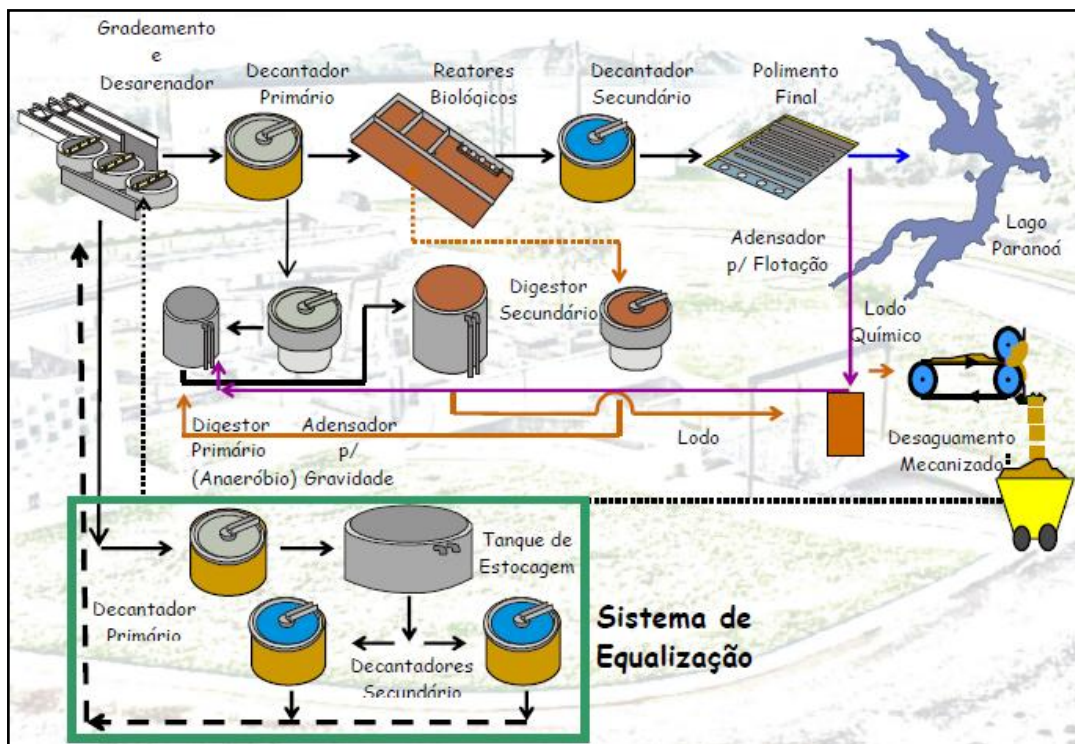


Figura 6.3 – Fluxograma da ETE Brasília Norte (CAESB, 2011).

Conforme descrito na SIESG (2012), os esgotos sanitários são coletados e encaminhados por gravidade e por bombeamento para a entrada da estação, onde a carga hidráulica afluyente ao tratamento é controlada por uma comporta, podendo, em parte, ser desviada para um sistema de estocagem de esgoto bruto. Este sistema funciona como uma equalização de vazão e utiliza-se das estruturas da ETE Brasília Norte antiga.

O volume estocado retorna ao processo principal, por bombeamento, nos horários de baixa carga hidráulica. Esta sistemática ocorre no tratamento preliminar, onde são retirados os materiais grosseiros (estopa, plástico, lixo) e areia.

Nos decantadores primários, fase seguinte do processo, os esgotos são separados em duas fases, sólida e líquida. A fase sólida é bombeada para os adensadores de lodo por gravidade e destes para os digestores anaeróbios, onde bactérias digerem a fração orgânica do lodo.

A fase líquida, ainda com quantidade considerável de matéria orgânica, é encaminhada ao tratamento biológico, onde micro-organismos aeróbios, anaeróbios e facultativos assimilam a matéria orgânica e os nutrientes através do processo de nitrificação e desnitrificação (para remoção do nitrogênio) e *luxury uptake* (para remoção do fósforo).

Os micro-organismos oriundos dos reatores biológicos são separados do líquido já tratado nos decantadores secundários e retornam ao reator para continuação do processo. Alternativamente uma fração é descartada para serem adensados por flotação, encaminhados aos digestores anaeróbios e após um período de aproximadamente 40 dias de digestão, segue a sequência do processo de desidratação.

O líquido sobrenadante, que constitui o efluente dos decantadores secundários, segue para o polimento final, onde os sólidos e fósforo remanescentes são removidos por meio dos processos de floculação, com adição de produtos químicos (sulfato de alumínio e polieletrólito aniônico) e separação por flotação por ar dissolvido.

Os sólidos separados e recolhidos por raspadores de superfície são bombeados para os digestores anaeróbios juntando-se com os outros lodos produzidos no processo, e o efluente líquido final lançado no lago Paranoá.

O produto sólido produzido na estação (lodo de esgoto) é transportado por caminhões basculante para ser utilizado em recuperação de cascalheiras e em silvicultura.

Visando minimizar o impacto provocado pelas emissões de odor na ETE Brasília Norte, é realizada a dosagem de cloreto férrico na entrada da estação. Algumas obras estão sendo previstas para possibilitar o controle de odor. O planejamento dessas obras prevê a cobertura de algumas unidades críticas e a coleta e tratamento dos gases exauridos.

Observações da equipe na visita técnica à unidade

Com base nas observações geradas e no relatório elaborado pela equipe que visitou a ETE Brasília Norte, foram realizadas diversas constatações, conforme se segue.

- Trata-se de uma ETE altamente mecanizada e com fluxograma bastante complexo, em consonância com os objetivos de elevada eficiência na remoção de nitrogênio e fósforo.

- Há um bom plano de monitoramento, com pontos de coleta intermediários.
- A utilização das unidades da estação antiga como equalização de picos de vazão surtiu efeitos positivos para a operação. Ela funciona cerca de 2/3 do dia, com uma capacidade em torno de 600 L/s. Após o início de funcionamento da equalização (junho de 2005) não houve mais necessidade de desviar esgoto bruto para o lago Paranoá, em condições de grande aumento da vazão afluyente (chuvas torrenciais) ou falta de energia elétrica.
- A vazão média afluyente é bem inferior à vazão média de projeto (920 L/s). Este fato, aliado à existência de equalização, conduziu a que algumas unidades não necessitem estar em operação.
- De acordo com a equipe da CAESB a qualidade do fornecimento da energia elétrica (interrupções e oscilações) tem causado problemas com o funcionamento dos sopradores, responsáveis pelo suprimento de ar aos reatores biológicos.
- Não há desinfecção do efluente final. Há planos para se efetuar desinfecção de parte do efluente, a ser utilizado para uso interno na ETE.
- O lodo gerado segue para áreas degradadas ou plantação de eucaliptos. Caso estas rotas não sejam possíveis ou suficientes, o excedente vai para uma área situada na ETE Samambaia.
- O gás gerado nos digestores anaeróbios não está sendo queimado. Foi mencionado pela equipe da CAESB um plano futuro de secagem térmica do lodo, com aproveitamento energético do biogás.

Estatística descritiva da ETE BN

Amparando-se em dados da ETE BN, cedidos pela CAESB e referentes ao período de 2007 a 2010, Barros (2012) realizou um estudo da estação apresentando uma análise estatística descritiva de um conjunto de indicadores levantados para avaliar a ETE. A Tabela 6.2 apresenta os resultados.

Tabela 6.2 – Estatística descritiva dos indicadores da ETE Brasília Norte para o período de janeiro de 2007 a dezembro de 2010 (Barros, 2012)

Indicador	Sent	Nº dados	Média	Med	Min	Max	CV (%)	DP
Atendimento ao nº requerido de análises de afluentes – Global (%)	Cre	48	76	81	8	98	19	18
Atendimento ao nº requerido de análises de efluentes – Global (%)	Cre	48	76	82	8	98	19	18
Atendimento ao nº requerido de análises de DQO (%)	Cre	48	92	100	8	117	19	23
Eficiência de remoção de DQO (%)	Cre	48	91	91	89	93	1,1	1
Eficiência de remoção de SST (%)	Cre	48	95	96	89	97	1,7	2
Eficiência de remoção de NTK (%)	Cre	48	85	86	63	93	7,4	6
Eficiência de remoção de P (%)	Cre	48	96	96	88	99	2,4	2
Eficiência de remoção de colif. termot. (unid. log removidas)	Cre	48	2,5	2,4	1,5	3,9	25,3	0,6
Atendimento às metas de concentração efluente - Global (%)	Cre	48	92	95	69	100	9	8
Atendimento às metas de concentração efluente de DQO (%)	Cre	48	99	100	91	100	2	2
Atendimento às metas de concentração efluente de SST (%)	Cre	48	96	100	75	100	7	6
Atendimento às metas de concentração efluente de NTK (%)	Cre	48	83	92	18	100	25	21
Atendimento às metas de concentração efluente de P (%)	Cre	48	97	100	73	100	7	7
Atendimento às metas de concentração efluente de colif. termot. (%)	Cre	48	0	0	0	0	-	0
Atendimento às metas de eficiência de remoção - Global (%)	Cre	48	90	92	59	100	10	9
Atendimento às metas de eficiência de remoção de DQO (%)	Cre	48	98	100	73	100	6	6
Atendimento às metas de eficiência de remoção de SST (%)	Cre	48	94	100	64	100	10	9
Atendimento às metas de eficiência de remoção de NTK (%)	Cre	48	76	83	9	100	31	23
Atendimento às metas de eficiência de remoção de P (%)	Cre	44	97	100	73	100	6	6
Atendimento às metas de eficiência de remoção de colif. termot. (%)	Cre	3	0	0	0	0	-	0
Efetividade do atendimento à meta de DQO efluente (%)	Dec	48	112	102	101	131	15	17
Consumo de energia (kWh/m ³ esgoto tratado)	Dec	48	0,67	0,68	0,46	0,80	13	0,08
Consumo de produto químico (L sulf. Alumínio/m ³ esgoto tratado)	Dec	48	0,16	0,16	0,01	0,29	42	0,07
Adequação da capacidade hidráulica (%)	*	48	52	51	42	64	10	5
Custo do tratamento de esgoto (R\$/m ³ esgoto tratado)	Dec	48	0,99	1,00	0,72	1,43	15	0,14
Custo de energia elétrica (R\$/m ³ esgoto tratado)	Dec	48	0,18	0,18	0,12	0,25	15	0,03
Custo de produtos químicos (R\$/m ³ esgoto tratado)	Dec	48	0,14	0,15	0,06	0,29	36	0,05
Custos de pessoal (R\$/m ³ esgoto tratado)	Dec	48	0,31	0,31	0,19	0,41	19	0,06

Legenda: Sent – Sentido de preferência da avaliação, Med – Mediana, Min – Mínimo, Max – Máximo, CV – Coeficiente de variação, DP – Desvio padrão, Cre – Sentido preferencial crescente, Dec – Sentido preferencial decrescente. (*) Sentido crescente indica subcarga e sentido decrescente indica sobrecarga.

Os resultados apresentados foram empregados para subsidiar o estabelecimento das categorias de desempenho para alguns indicadores. Como exemplo, cita-se o indicador custo do tratamento de esgoto, empregando os números mínimo e máximo para subsidiar o estabelecimento do desempenho mínimo e máximo aceitável e as categorias de desempenho intermediárias.

6.3 - ETE SAMAMBAIA (Sam)

A Estação de Tratamento de Esgotos Samambaia, em operação desde 1996, foi projetada com capacidade média de 284 L/s, para atender uma população com cerca de 180 mil habitantes. O sistema de tratamento da ETE Samambaia é constituído pelas seguintes unidades em série: reatores UASB inseridos na zona de entrada de lagoas facultativas, lagoas de alta taxa e lagoas de maturação, seguidas de polimento final por flotação a ar dissolvido. O efluente final é lançado no rio Melchior.

De acordo com a descrição da SIESG (2012), os esgotos são coletados e encaminhados por gravidade à estação. A Figura 6.4 apresenta o fluxograma da ETE Samambaia.

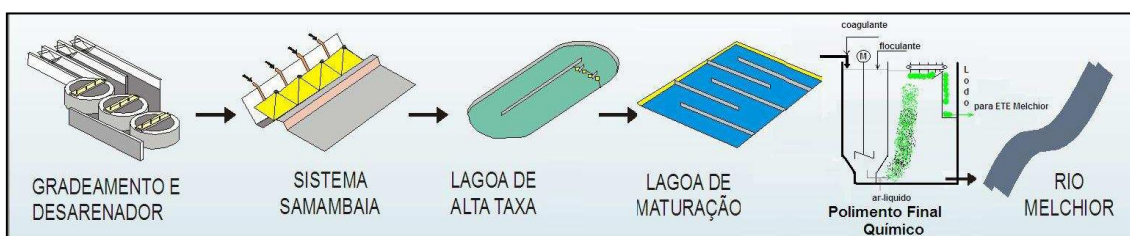


Figura 6.4 – Fluxograma da ETE Samambaia (CAESB, 2011).

A etapa preliminar de tratamento consiste de unidades de gradeamento para a remoção de detritos grosseiros e desarenação para a remoção de areia do esgoto bruto.

Após o tratamento preliminar, os esgotos são conduzidos para o tratamento biológico, projetado e implementado pela CAESB. O tratamento biológico é efetuado através de um sistema integrado de reatores anaeróbios e lagoas de estabilização em série.

Os esgotos são conduzidos através de caixas de distribuição, chegando ao fundo dos reatores anaeróbios existentes no interior da lagoa facultativa. Os gases produzidos pela digestão anaeróbia, principalmente o metano, são captados em campânulas de lona, que

também possuem a função de impedir a saída de partículas de lodo deslocadas pelo fluxo gasoso, com possibilidade de envio para queimadores.

Os esgotos, após passarem por esse reator anaeróbio, encontram uma camada líquida oxidante, a própria lagoa facultativa, que cobre a parte superior das campânulas, evitando que odores desagradáveis sejam liberados para atmosfera. Os sólidos que eventualmente não sejam retidos pelo reator sedimentam na própria lagoa facultativa.

Posteriormente, o efluente segue para uma lagoa de alta taxa, onde são criadas condições para maximizar a produção de algas e o processo de fotossíntese e assim obter o oxigênio necessário à estabilização aeróbia da matéria orgânica. Nesta célula é adotada uma profundidade reduzida de 0,5 a 1,0 m onde é realizada uma pequena agitação para facilitar o acesso das algas à luz solar. Devido à alta taxa de fotossíntese, ocorre um aumento do pH do líquido, o que junto com a exposição aos raios ultravioleta do sol contribui para uma maior taxa de inativação dos microrganismos patogênicos e para a remoção de nutrientes.

Em seguida, os esgotos chegam à lagoa de maturação, que complementa o tratamento, reduzindo a concentração de algas e de organismos patogênicos que porventura não foram removidos nas etapas anteriores.

De modo a adequar o efluente da estação para lançamento no Lago Corumbá, reservatório criado a jusante do Rio Melchior, corpo receptor da ETE Samambaia, a CAESB implantou uma etapa final de polimento químico composto de coagulação com sulfato de alumínio, floculação e flotação por ar dissolvido (FAD) (CAESB, 2012). A etapa de polimento final objetiva a remoção de algas e de fósforo. O lodo resultante desta etapa é direcionado para a lagoa de lodo da ETE Melchior.

Observações da equipe na visita técnica à unidade

Com base nas observações geradas e no relatório elaborado pela equipe que visitou a ETE Samambaia foram realizadas diversas constatações, conforme se segue.

- A localização ao lado da ETE Melchior possibilita, através de uma caixa de manobra, o remanejamento da destinação do afluente para uma das duas ETEs. Segundo informações da CAESB durante a visita, a capacidade de remanejamento das vazões permite que não haja lançamento de esgoto bruto em eventos de falta de energia elétrica nas elevatórias.

Além disso, existe uma capacidade de armazenamento de vazão nas lagoas de maturação, que podem trabalhar com nível variável.

- Além do esgoto doméstico, a ETE Samambaia recebe lixiviado do aterro sanitário de Ceilândia, cidade vizinha. Foi estimado, pela equipe da CAESB que acompanhou a visita, o recebimento de cerca de 10 caminhões por dia de chorume e de lodo de caminhões limpa-fossa.

- Durante a visita foi observada a necessidade de manutenção em algumas etapas e equipamentos da ETE, como no tratamento preliminar, unidades de desarenação, nas lonas dos reatores UASB, nos queimadores de gás e no lodo depositado entre os referidos reatores e as lagoas facultativas, já que afluíam à superfície.

- A equipe da CAESB informou que os aeradores das lagoas de alta taxa não estão sendo utilizados desde o ano 2000, uma vez que foi observado que tal procedimento não alterou a eficiência da lagoa.

Estatística descritiva da ETE Samambaia

A ETE Samambaia também teve seu desempenho avaliado no trabalho de Barros (2012), tendo sido realizada uma análise estatística descritiva do conjunto de indicadores considerados, amparando-se nos dados cedidos pela CAESB referentes ao período de 2007 a 2010. A Tabela 6.3 apresenta os resultados. Os resultados também são importantes por subsidiar o estabelecimento de categorias de desempenho para alguns indicadores nas etapas de avaliação apresentadas posteriormente.

Tabela 6.3 – Estatística descritiva dos indicadores da ETE Samambaia para o período de janeiro de 2007 a dezembro de 2010 (Barros, 2012)

Indicador	Sent	Nº dados	Média	Med	Min	Max	CV (%)	DP
Atendimento ao nº requerido de análises de afluentes – Global (%)	Cre	48	41	42	8	83	22	18
Atendimento ao nº requerido de análises de efluentes – Global (%)	Cre	48	41	42	8	83	22	18
Atendimento ao nº requerido de análises de DQO (%)	Cre	48	47	50	8	83	25	21
Eficiência de remoção de DQO (%)	Cre	48	94	94	88	98	1,9	2
Eficiência de remoção de SST (%)	Cre	48	95	95	80	100	2,9	3
Eficiência de remoção de P (%)	Cre	48	92	93	75	99	5,2	5
Eficiência de remoção de colif. termot. (unid. log removidas)	Cre	39	5,9	6,0	3,3	7,4	21,7	1,3
Atendimento às metas de concentração efluente - Global (%)	Cre	48	97	100	67	100	6	6
Atendimento às metas de concentração efluente de DQO (%)	Cre	48	100	100	100	100	0	0
Atendimento às metas de concentração efluente de SST (%)	Cre	48	96	100	33	100	11	11
Atendimento às metas de concentração efluente de P (%)	Cre	48	93	100	20	100	16	15
Atendimento às metas de concentração efluente de colif. termot. (%)	Cre	39	92	100	0	100	-	27
Atendimento às metas de eficiência de remoção - Global (%)	Cre	48	92	97	50	100	12	11
Atendimento às metas de eficiência de remoção de DQO (%)	Cre	48	95	100	50	100	11	11
Atendimento às metas de eficiência de remoção de SST (%)	Cre	48	87	100	0	100	23	20
Atendimento às metas de eficiência de remoção de P (%)	Cre	44	89	100	20	100	20	18
Atendimento às metas de eficiência de remoção de colif. termot. (%)	Cre	39	90	100	0	100	34	31
Efetividade do atendimento à meta de DQO efluente (%)	Dec	0	-	-	-	-	-	-
Consumo de energia (kWh/m ³ esgoto tratado)	Dec	45	0,05	0,06	0,005	0,11	30	0,02
Consumo de produto químico (L sulf. Alumínio/m ³ esgoto tratado)	Dec	35	0,25	0,24	0,16	0,36	21	0,05
Adequação da capacidade hidráulica (%)	*	48	27	27	14	39	19	5
Custo do tratamento de esgoto (R\$/m ³ esgoto tratado)	Dec	46	0,57	0,53	0,29	0,90	26	0,15
Custo de energia elétrica (R\$/m ³ esgoto tratado)	Dec	46	0,02	0,02	0,01	0,06	43	0,007
Custo de produtos químicos (R\$/m ³ esgoto tratado)	Dec	45	0,19	0,20	0,0002	0,38	41	0,08
Custos de pessoal (R\$/m ³ esgoto tratado)	Dec	48	0,19	0,15	0,09	0,46	47	0,09

Legenda: Sent – Sentido de preferência da avaliação, Med – Mediana, Min – Mínimo, Max – Máximo, CV – Coeficiente de variação, DP – Desvio padrão, Cre – Sentido preferencial crescente, Dec – Sentido preferencial decrescente. (*) Sentido crescente indica subcarga e sentido decrescente indica sobrecarga.

6.4 - ETE SÃO SEBASTIÃO (SSEB)

As operações na ETE São Sebastião tiveram início em 1998. A ETE foi projetada para atender uma população com cerca de 78 mil habitantes e com a capacidade média de 226 L/s. O sistema de tratamento da ETE São Sebastião é constituído por quatro reatores UASB (reatores anaeróbios de fluxo ascendente) em paralelo, rampas de escoamento superficial e duas lagoas de maturação em série. Após o tratamento, o efluente é lançado no ribeirão Santo Antônio da Papuda. A Figura 6.5 apresenta o fluxograma da ETE São Sebastião.

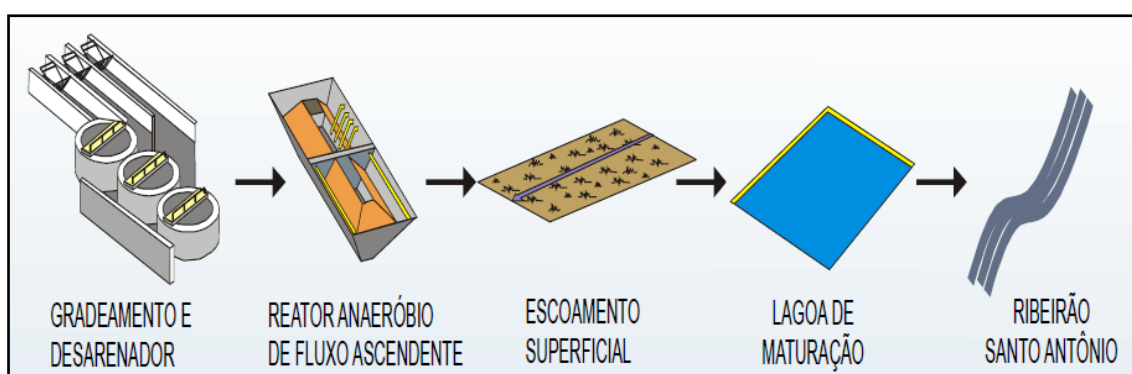


Figura 6.5 – Fluxograma da ETE São Sebastião (CAESB, 2011).

Conforme descreve a SIESG (2012), os esgotos sanitários da localidade são coletados e encaminhados, por gravidade, ao tratamento preliminar, que é constituído por sistema de gradeamento para retirada de detritos grosseiros e de desarenação para retirada de areia. Após esta etapa o esgoto é recalcado para os reatores UASB e seu efluente é disposto alternadamente em dois campos de escoamento superficial em solos plantados com gramíneas. Na próxima etapa o efluente é recolhido e enviado para duas lagoas de maturação em série, onde o processo de tratamento é complementado com a redução de coliformes fecais, sendo o efluente final lançado no corpo receptor, o Ribeirão Santo Antônio da Papuda.

Observações da equipe na visita técnica à unidade

Com base nas observações geradas e no relatório elaborado pela equipe que visitou a ETE São Sebastião foram feitas algumas constatações, conforme se segue.

- O tratamento preliminar situa-se na parte baixa da estação, e o efluente deste é bombeado para a parte alta, onde se encontram os quatro reatores UASB.
- Os reatores UASB têm o formato tronco-trapezoidal, tradicional de outros projetos da CAESB. Foi relatada alguma dificuldade na remoção da espuma interna aos separadores trifásicos. O gás gerado nos reatores UASB é coletado, mas não está sendo queimado, apesar de haver queimadores implantados.
- O lodo descartado dos reatores UASB segue para as lagoas de lodo, situadas na própria área da ETE. Há três lagoas de lodo, sendo que uma vez por ano, no período seco, ocorre a remoção do lodo de uma das lagoas.
- Por incorporar processos naturais de tratamento de esgotos, a ETE São Sebastião ocupa uma área extensa, sendo que as rampas de escoamento superficial ocupam um total de 10 hectares e as lagoas de maturação ocupam um total de 5 hectares.
- O efluente dos reatores UASB segue por gravidade para as rampas de escoamento superficial, plantadas com gramíneas. Estas rampas são divididas em duas grandes áreas, sendo que cada área recebe alimentação por um período de 25 dias, enquanto a outra permanece em repouso. Posteriormente, a operação é invertida, e a unidade em repouso passa a receber alimentação. No período de repouso ocorre a poda da vegetação, sendo que a vegetação roçada não é retirada do local, permanecendo nas próprias rampas, o que pode repercutir em reintrodução de parte dos poluentes removidos.
- O efluente das rampas vai por gravidade para duas lagoas de maturação em série. A primeira lagoa tem 2,1 ha de área superficial, enquanto a segunda tem 2,9 ha. Ambas lagoas têm profundidade de 2,0 m.
- Devido a perdas de água no sistema de tratamento por meio de evapotranspiração no escoamento superficial e lagoas, a CAESB estima que a vazão efluente do sistema seja em torno de 76% da vazão afluyente no período chuvoso e de apenas 63% da vazão afluyente no período seco.
- A perda de água tem implicações na avaliação do desempenho do sistema, principalmente ao se avaliar eficiências de remoção. A perda de água torna o efluente mais concentrado. Por exemplo, um efluente que tenha a concentração de DQO medida como 50 mg/L, teria

uma menor concentração, caso não houvesse perda de água. No período seco, em que a vazão efluente é cerca de 63% da vazão afluyente, a concentração efluente corrigida, se não houvesse perda de água, seria de $50 \times 0,63 = 32$ mg/L, bem inferior ao valor medido de 50 mg/L. Dessa forma, a avaliação das eficiências de remoção deveria ser idealmente feita com base nas cargas (vazão x concentração) afluentes e efluentes, e não apenas com base em concentrações. Para tal deve-se dispor dos registros das vazões efluentes. Essa observação deve ser levada em consideração ao se avaliar o desempenho da estação.

Estatística descritiva da ETE São Sebastião

Assim como nas estações Brasília Norte e Samambaia a ETE São Sebastião também teve seu desempenho avaliado no trabalho de Barros (2012), tendo sido realizada a análise estatística descritiva do conjunto de indicadores considerados. A Tabela 6.3 apresenta os resultados. Conforme citado na descrição das estações anteriores, os dados apresentados para a ETE São Sebastião também serviram como subsídio para o estabelecimento de categorias de desempenho de alguns indicadores.

Tabela 6.4 – Estatística descritiva dos indicadores da ETE São Sebastião para o período de janeiro de 2007 a dezembro de 2010 (Barros, 2012)

Indicador	Sent	Nº dados	Média	Med	Min	Max	CV (%)	DP
Atendimento ao nº requerido de análises de afluentes – Global (%)	Cre	48	33	33	17	50	15	8
Atendimento ao nº requerido de análises de efluentes – Global (%)	Cre	48	31	33	4	50	18	9
Atendimento ao nº requerido de análises de DQO (%)	Cre	48	34	33	17	50	14	7
Eficiência de remoção de DQO (%)	Cre	48	86	87	74	91	4,2	4
Eficiência de remoção de SST (%)	Cre	47	85	86	67	96	7,6	6
Eficiência de remoção de colif. termot. (unid. log removidas)	Cre	45	3,4	3,6	1,5	5	25	0,9
Atendimento às metas de concentração efluente - Global (%)	Cre	48	97	100	50	100	9	9
Atendimento às metas de concentração efluente de DQO (%)	Cre	48	91	100	50	100	17	16
Atendimento às metas de concentração efluente de SST (%)	Cre	47	100	100	83	100	2	2
Atendimento às metas de concentração efluente de colif. termot. (%)	Cre	45	13	0	0	100	-	34
Atendimento às metas de eficiência de remoção - Global (%)	Cre	48	91	100	50	100	15	14
Atendimento às metas de eficiência de remoção de DQO (%)	Cre	48	61	60	0	100	46	28
Atendimento às metas de eficiência de remoção de SST (%)	Cre	47	98	100	50	100	9	9
Atendimento às metas de eficiência de remoção de colif. termot. (%)	Cre	45	24	0	0	100	-	43
Efetividade do atendimento à meta de DQO efluente (%)	Dec	13	112	110	103	145	10	11
Consumo de energia (kWh/m ³ esgoto tratado)	Dec	48	0,02	0,02	0,002	0,040	26	0,01
Consumo de produto químico (L sulf. Alumínio/m ³ esgoto tratado)	Dec	48	0,0009	0,0004	0,0004	0,0028	46	0,0004
Adequação da capacidade hidráulica (%)	*	48	10	10	8	13	13	1
Custo do tratamento de esgoto (R\$/m ³ esgoto tratado)	Dec	48	0,67	0,69	0,43	0,92	18	0,12
Custo de energia elétrica (R\$/m ³ esgoto tratado)	Dec	47	0,007	0,0063	0,002	0,03	48	0,003
Custo de produtos químicos (R\$/m ³ esgoto tratado)	Dec	44	0,0003	0,0003	0,0001	0,003	123	0,0004
Custos de pessoal (R\$/m ³ esgoto tratado)	Dec	48	0,20	0,20	0,10	0,31	30	0,06

Legenda: Sent – Sentido de preferência da avaliação, Med – Mediana, Min – Mínimo, Max – Máximo, CV – Coeficiente de variação, DP – Desvio padrão, Cre – Sentido preferencial crescente, Dec – Sentido preferencial decrescente. (*) Sentido crescente indica subcarga e sentido decrescente indica sobrecarga.

7 - RESULTADOS E DISCUSSÕES

Este capítulo apresenta os resultados e discussões da metodologia adotada no trabalho. Os resultados são apresentados de acordo com o sequenciamento das etapas propostas na metodologia, sendo divididos em duas partes. Na primeira parte são apresentados e discutidos os resultados da 1ª fase metodológica, pré-seleção e avaliação dos indicadores de desempenho, e na segunda parte, os da 2ª fase metodológica, avaliação das ETEs.

7.1 - PRÉ-SELEÇÃO E AVALIAÇÃO DOS INDICADORES DE DESEMPENHO

1ª Etapa: formulação do problema.

A primeira etapa proposta na metodologia é necessária para que se possa conhecer o problema a ser tratado, para contextualizá-lo e para direcionar o trabalho para o objetivo principal.

Conforme já apresentado nos capítulos anteriores, o problema a ser tratado se caracteriza pela necessidade de desenvolver uma metodologia para avaliação de desempenho operacional de ETEs. O problema está contextualizado na avaliação de desempenho de um componente do sistema de esgotamento sanitário. Na Revisão Bibliográfica a ETE foi apresentada e descrita, sendo considerada como componente principal do sistema de esgotamento sanitário. O capítulo anterior também contextualizou e especificou ainda mais o problema, sendo apresentando o estudo de caso a ser analisado neste trabalho.

2ª Etapa: identificação dos objetivos.

A segunda etapa metodológica visou a identificar os objetivos da avaliação, sendo que cada fase apresentou objetivos distintos. Esta fase teve como objetivos:

- verificar a visão dos diferentes atores do sistema de esgotamento sanitário;
- pré-selecionar os indicadores mais adequados para a avaliação de desempenho operacional de uma ETE; e
- avaliar os indicadores de desempenho segundo as perspectivas dos atores envolvidos no processo decisório.

3ª Etapa: identificação dos atores.

Conforme apresentado na metodologia, a terceira etapa foi apoiada no conceito multifocal do método *Balanced Scorecard* - BSC. No método BSC tradicional, as perspectivas balanceadas são a financeira, a do cliente, a dos processos internos e a de aprendizado e crescimento. No método BSC adaptado para essa pesquisa, adotou-se empregar as perspectivas dos atores para serem balanceadas e realizar a avaliação das ETEs.

Foram considerados neste trabalho os atores, ou partes interessadas, citados na norma ABNT NBR ISO 24510, sendo inserida a categoria de especialistas do setor de saneamento, já que estes, por apresentar conhecimento técnico, poderiam dar grande contribuição para a avaliação das ETEs. Assim, foram adotados como atores: os reguladores do serviço, que abrangem órgãos do governo e agências de regulação; os prestadores do serviço, companhias de saneamento como a CAESB; os usuários, população e representantes de organismos autônomos; e os especialistas, pesquisadores da área de saneamento.

Assim, as perspectivas dos atores considerados nessa pesquisa (os usuários, os reguladores do serviço, os prestadores de serviço e os especialistas) substituíram as perspectivas do método BSC tradicional (a do cliente, a financeira, a dos processos internos e a de aprendizado e crescimento). A Figura 7.1 ilustra as diferentes visões de avaliação adotadas.

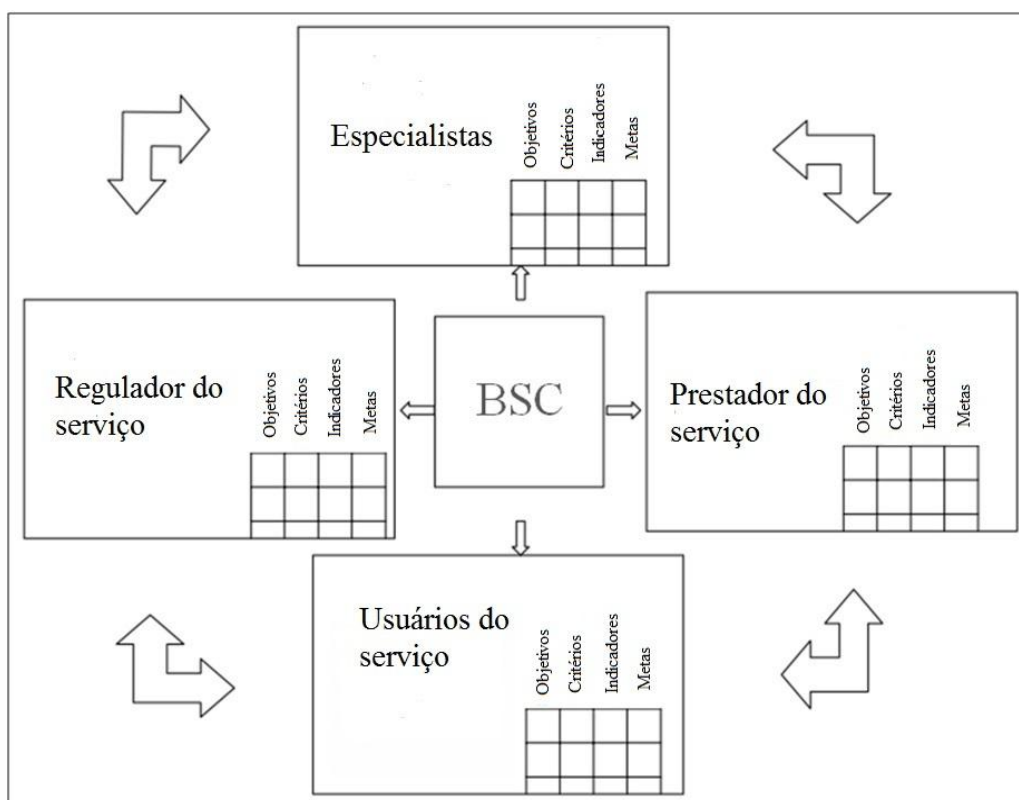


Figura 7.1 – BSC adaptado contendo as perspectivas adotadas na pesquisa

4ª Etapa: levantamento inicial dos indicadores (alternativas) e dos critérios de avaliação dos indicadores.

A execução da quarta etapa metodológica foi realizada com amparo da revisão bibliográfica, sendo utilizados trabalhos nacionais e internacionais.

O Apêndice A apresenta os indicadores levantados na literatura, oriundos das seguintes entidades: ISO 24511, SNIS (Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento), ABAR (Associação Brasileira de Agências de Regulação), PNQS (Prêmio Nacional de Qualidade em Saneamento), IWA (*International Water Association*), IRAR (Instituto de Regulação de Águas e Resíduos de Portugal), ERSAR (Entidade Reguladora dos Serviços de Água e Resíduos), ADERASA (*Asociación de Entes Reguladores de Agua Potable e Saneamiento de las Americas*), IBNET (*International Benchmarking Network for Water and Sanitation Utilities*), SSCG (*Six Scandinavian Cities Group*), WSAA (*Water Service Association of Australia*), AWWA (*American Water Works Association*), OFWAT (*Office of Water Services*), WERF (*Water Environment Research Foundation*), CAESB (Companhia de Saneamento Ambiental do Distrito Federal), ANA (Agência Nacional das Águas), LNEC

(Laboratório Nacional de Engenharia Civil de Portugal), *Austrian System* e SWWA (*Swedish Water & Wastewater Association*).

O levantamento inicial contemplou dezenove entidades, somando um total de 780 indicadores. Pela quantidade de indicadores levantados, vê-se a importância da fase de pré-seleção, quinta etapa da metodologia, para viabilizar a execução da avaliação.

Os critérios levantados na revisão bibliográfica, para avaliação dos indicadores, encontram-se na Tabela 7.1.

Tabela 7.1 – Critérios levantados para seleção dos indicadores de desempenho (Meadows, 1998; Bossel, 1999; Brostel, 2002; Malheiros *et al.*, 2006; Miranda e Teixeira, 2004; e von Sperling, 2010).

Nr	Critério	Nr	Critério
1	Grau de importância (relevância)	16	Apropriação na escala (apropriado aos diferentes usuários potenciais)
2	Recorrência (número de entidades que empregam)	17	Democracia (diversidade e ampla participação na escolha e acesso aos resultados)
3	Representatividade (dos processos e das atividades)	18	Medida física (balancear, na medida do possível, unidades físicas e monetárias)
4	Validade científica (possuir embasamento técnico e científico)	19	Adaptabilidade (não deve pretender ser uma ferramenta estanque, flexibilidade)
5	Facilidade de interpretação (clareza na comunicação, compreensão e facilidade de entendimento)	20	Amplitude geográfica
6	Demonstração de tendências temporais	21	Confiabilidade da fonte
7	Preditividade (apresentação de avisos antecipados sobre tendências)	22	Segurança (seguro e estável)
8	Sensibilidade a modificações ambientais ou econômicas	23	Pró-atividade
9	Disponibilidade de dados para medição e monitoramento (acessibilidade dos dados, facilidade de obtenção)	24	Aplicabilidade (viabilidade de aplicação, coerência com a realidade local)
10	Custo para medição e monitoramento (viabilidade econômica)	25	Definição de metas (capacidade de permitir estabelecer metas a serem alcançadas)
11	Qualidade dos dados	26	Rastreabilidade
12	Adaptabilidade (possibilidade de atualização em intervalos regulares)	27	Efetividade (eficiência e eficácia)
13	Referência para medição (existência de nível de referência)	28	Grau de liberdade (possui real liberdade para responder e reagir às necessidades)
14	Suficiência	29	Necessidade psicológica (é compatível com a necessidade psicológica e cultural das pessoas)
15	Oportunidade (oportuno temporalmente, integrado com o planejamento)	-	-

5ª Etapa: pré-seleção dos indicadores.

O Apêndice B apresenta os 51 indicadores de desempenho, pré-selecionados do conjunto inicial de indicadores, como resultado da aplicação dos três critérios descritos na Metodologia: redundância, aplicabilidade e recorrência.

6ª Etapa: definição dos critérios.

Os critérios adotados para avaliação dos indicadores foram definidos considerando as características citadas na metodologia, levantadas na revisão bibliográfica, que refletiram os objetivos da avaliação dos indicadores neste trabalho. Os atores foram consultados para julgar o uso desses critérios e o valor de cada um deles, não havendo discordância em relação ao emprego do grupo sugerido. A Tabela 7.2 apresenta os critérios de avaliação dos indicadores escolhidos para cada uma das características citadas na metodologia.

Tabela 7.2 – Critérios de avaliação dos indicadores adotados

Características visadas	Critérios de avaliação adotados
Relevância para inclusão no modelo (relevância do indicador para avaliação de uma ETE)	Grau de importância
Viabilidade para aplicação (viabilidade de aplicação do indicador na avaliação de uma ETE)	Aplicabilidade
Clareza e compreensão	Facilidade de interpretação
Representatividade nas instituições (número de entidades que empregam o indicador)	Recorrência
Disponibilidade	Disponibilidade de dados para medição e monitoramento
Custo adequado (custo adequado de medição, aquisição, processamento de dados e monitoramento)	Custo para medição e monitoramento
Referência (existência de nível de referência para que o indicador possa ser comparado)	Referência para medição

7ª Etapa: determinação dos pesos dos critérios.

A determinação dos pesos dos critérios foi obtida com base na consulta aos atores, sendo solicitada a comparação pareada de todos os critérios apresentados. O programa *Lime Survey* foi utilizado para administrar a consulta. As respostas foram separadas de acordo com os grupos de interesse para evidenciar as distintas visões, conforme a abordagem de avaliação por perspectivas do método BSC. O Apêndice D, apresenta os resultados da consulta aos especialistas, reguladores, prestadores de serviço e usuários, para avaliação dos pesos dos critérios.

A Figura 7.2 apresenta a visualização da janela do programa Web-hipre, utilizado para os cálculos da comparação pareada, contendo a matriz de comparação pareada com os julgamentos dos prestadores de serviço. O índice CM (consistência de medida, também designado como razão de consistência - RC) demonstra o melhor ajuste da média aritmética comparada à média geométrica, por gerar melhor resultado. Empregando a média geométrica, lado esquerdo da Figura, o índice CM tem valor 0,371, com a média aritmética o valor é de 0,309. Isso se repetiu com as matrizes de comparação dos outros atores.

Observa-se na Figura 7.2 que a matriz de comparação aparece incompleta, porém, no programa pode ser visualizada de forma completa utilizando as barras de rolagem vertical e horizontal, apontadas pelas setas na imagem esquerda da figura, o mesmo ocorrendo na indicação dos pesos dos critérios.

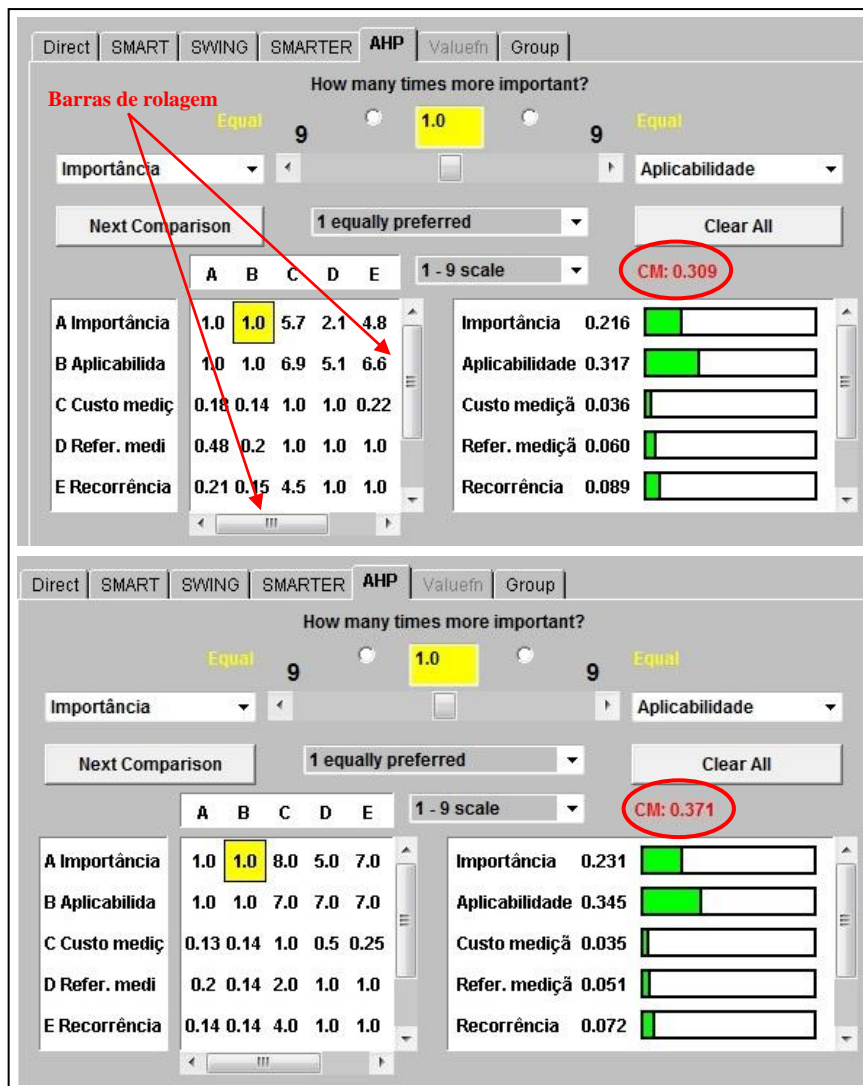


Figura 7.2 – Comparação da consistência de medida com o emprego da média geométrica, janela superior, e da média aritmética, janela inferior.

As respostas dos diferentes grupos de atores foram processadas e inseridas na matriz de comparação pareada do método AHP, no programa *Web-Hipre*, sendo determinados os pesos dos critérios, segundo as diferentes perspectivas. As Figuras 7.3 a 7.10, apresentadas e descritas a seguir, contém as janelas do programa com as comparações pareadas e os pesos calculados segundo a perspectiva de cada grupo de atores.

De acordo com a perspectiva dos usuários, conforme pode ser visto na Figura 7.3, o critério “grau de importância” deve ser priorizado na avaliação, tendo peso 0,597, seguido pelo critério “aplicabilidade”, com peso 0,273, “facilidade de interpretação”, com peso 0,082 e por fim “recorrência”, sendo o menos importante entre os critérios avaliados, com peso 0,048.

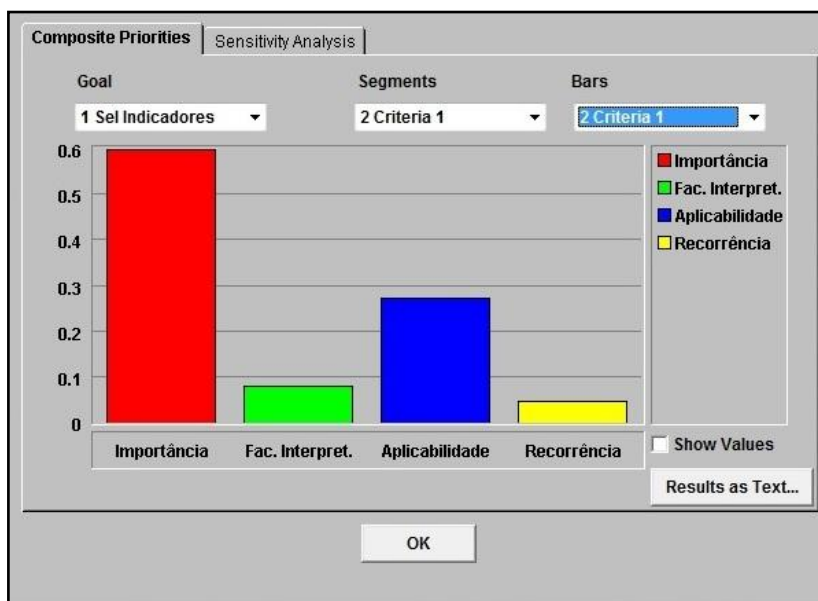


Figura 7.3 - Pesos dos critérios na visão dos Usuários

Após lançar os valores das comparações realizadas pelos usuários, foi necessário realizar ajustes para tornar a razão de consistência menor ou igual a 0,1, valor recomendado por Saaty (2008), autor do método. Os valores dos julgamentos foram alterados gradativamente em $\pm 5\%$ do valor inicial até que a razão de consistência atingisse um valor menor ou igual a 0,1. O índice CM (*Consistency Measure*), presente na janela de avaliação pareada do programa, permanece na cor vermelha enquanto possui valor maior a 0,1, indicando que as comparações precisam ser ajustadas. Quando o índice atinge um valor menor ou igual a 0,1, isso indica que a consistência foi atingida, permanecendo na cor verde. O índice CM medido nos julgamentos dos usuários atingiu o valor de 0,1, conforme pode ser visto na Figura 7.4, demonstrando consistência.

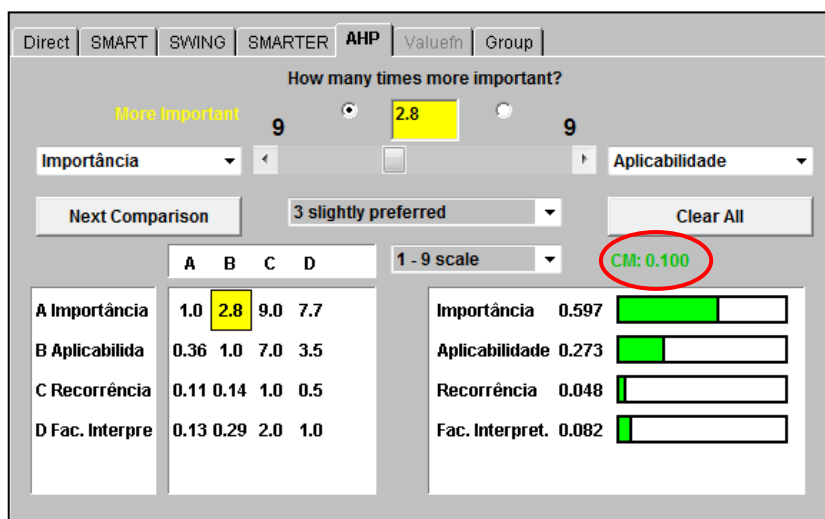


Figura 7.4 – Comparação pareada dos critérios na visão dos Usuários

Na visão dos Prestadores de Serviços, conforme pode ser visto na Figura 7.5, o critério mais importante é a “aplicabilidade”, com o peso atingindo o valor de 0,311, em seguida aparecem os critérios: “importância”, com peso de 0,239; “disponibilidade de dados para medição e monitoramento”, 0,191; “facilidade de interpretação, 0,101, “recorrência”, 0,070; “referência para medição”, 0,052; e o critério considerado menos importante “custo para medição e monitoramento”, tendo recebido o peso de 0,037.

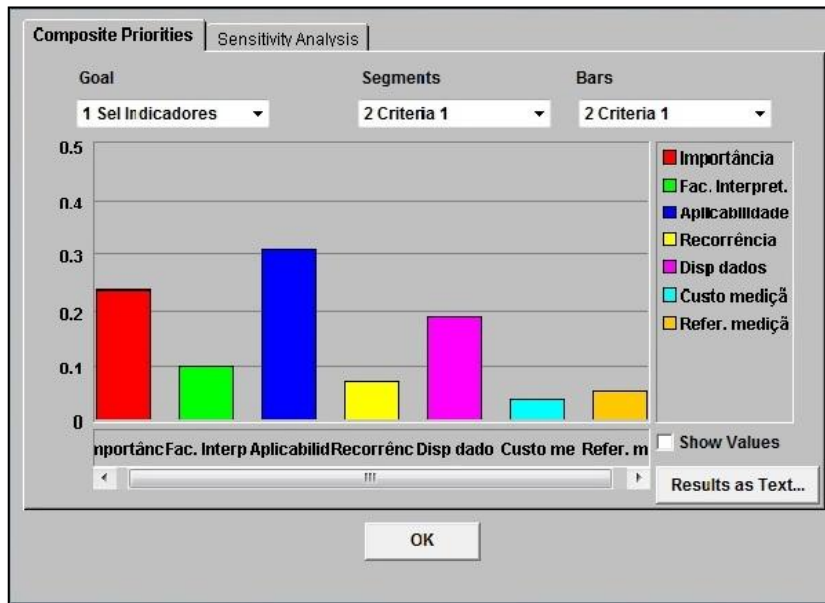


Figura 7.5 - Pesos dos critérios na visão do Prestador de Serviços

Os resultados são coerentes com a perspectiva de quem está envolvido diretamente na execução dos serviços, tendo como foco a aplicabilidade dos indicadores, a sua importância e a disponibilidade de dados para medição e monitoramento, critérios mais valorizados segundo a visão dos prestadores. A pouca importância dada ao critério “custo para medição e monitoramento” hipoteticamente pode estar relacionada com a fonte dos recursos, vindo geralmente de taxas cobradas dos usuários e de incentivos financeiros oriundos dos órgãos de regulação do governo.

A Figura 7.6 apresenta os resultados da comparação pareada dos critérios, gerados no programa Web-hipre, segundo a perspectiva dos prestadores de serviço. Pode-se observar que o índice CM atingiu o valor de 0,096, significando julgamentos consistentes na matriz de comparação gerada com os resultados do grupo.

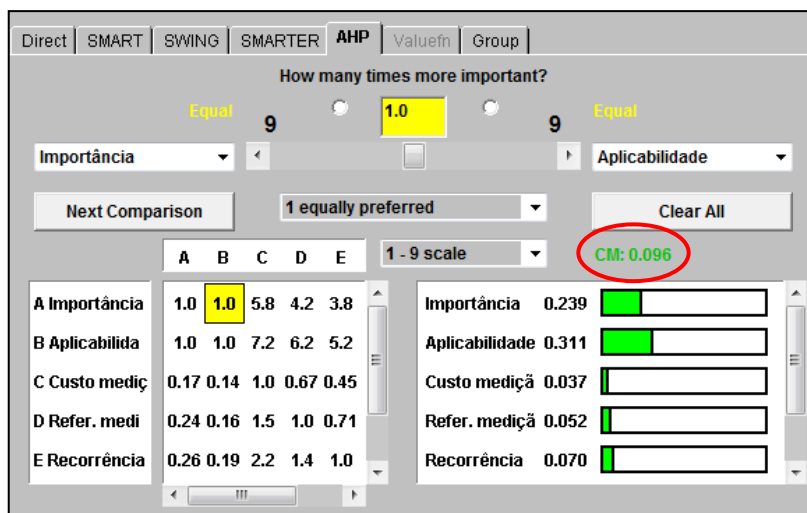


Figura 7.6 – Comparação pareada dos critérios na visão do Prestador de Serviços

Segundo a visão dos Reguladores dos Serviços, conforme exposto na Figura 7.7, o critério “disponibilidade de dados para medição e monitoramento” é o mais importante, tendo como peso o valor de 0,267. Em seguida, estão colocados em ordem decrescente de valor os critérios: “importância”, com peso de 0,261; “referência para medição”, 0,171; “aplicabilidade”, 0,139; “custo para medição e monitoramento”, 0,67; “facilidade de interpretação” 0,60; e o de menor importância na perspectiva dos Reguladores o critério “recorrência”, com o peso de 0,035.

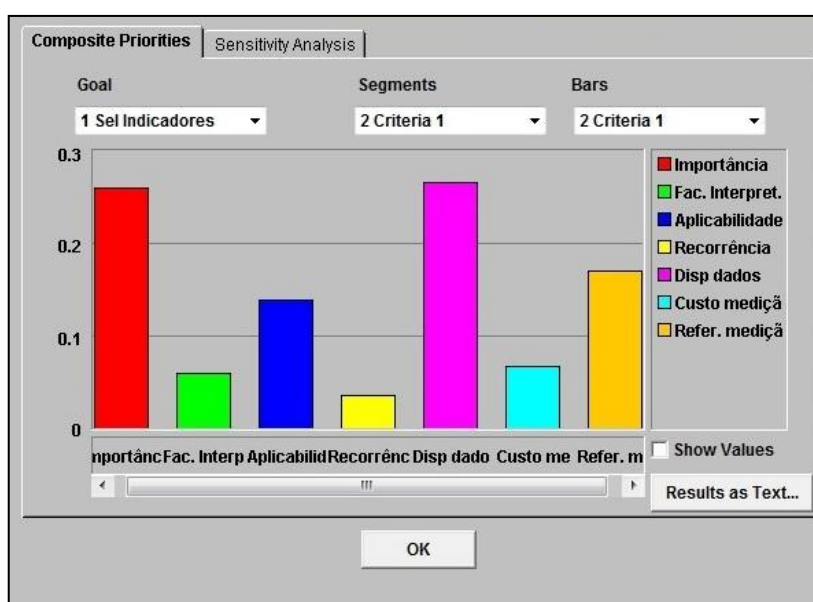


Figura 7.7 - Pesos dos critérios na visão do Regulador dos Serviços

As avaliações desse grupo também estão coerentes com a perspectiva de quem regula os serviços. Diferentemente dos Prestadores de Serviço, os Reguladores deram maior importância ao critério “disponibilidade de dados para medição e monitoramento”. Esse critério tem maior peso para esse grupo porque é fundamental para a geração dos indicadores de desempenho, que possibilitarão acompanhar a eficácia e eficiência dos serviços prestados. Não havendo dados para a medição, o Regulador fica sem sua maior ferramenta de trabalho, o monitoramento dos serviços.

Os critérios “importância” e “referência para medição” aparecem em seguida, sendo também fundamentais para a regulação. O critério “custo para medição e monitoramento” cresce em importância na avaliação dos Reguladores, comparada com a dos Prestadores de Serviço. Isso ocorre, pois os Reguladores acompanham os gastos gerados com os serviços prestados e representam a sociedade na fiscalização dos gastos com os recursos arrecadados.

A Figura 7.8 apresenta a matriz de comparação dos critérios e os pesos resultantes das comparações. O índice CM atingiu o valor de 0,1 indicando que as comparações foram consistentes.

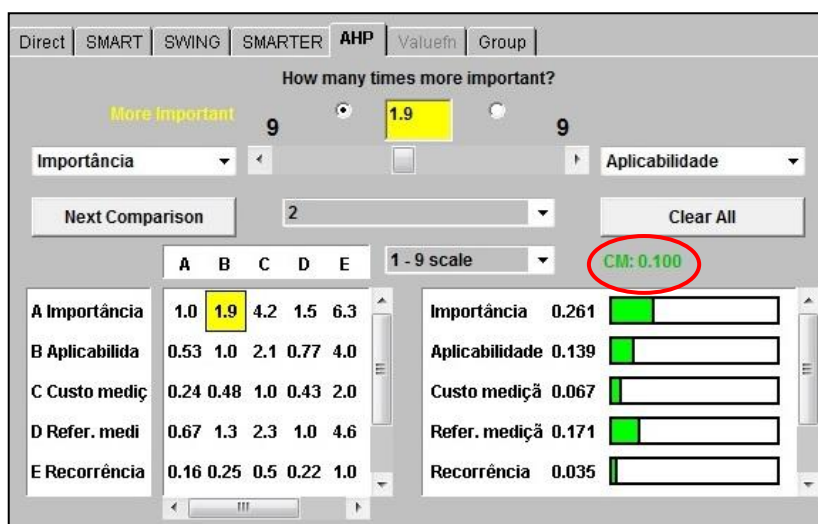


Figura 7.8 – Comparação pareada dos critérios na visão do Regulador

O grupo de especialistas, conforme exposto na Figura 7.9, julgou o critério “importância” como o de maior peso, tendo como valor 0,268. Em ordem decrescente de importância foram julgados os critérios: “disponibilidade de dados para medição e monitoramento”,

com o peso 0,187; “aplicabilidade”, 0,152; “custo para medição e monitoramento”, 0,128; “referência para medição”, 0,123; “facilidade de interpretação”, 0,089; e “recorrência” 0,053.



Figura 7.9 - Pesos dos critérios na visão dos Especialistas

Como nos outros grupos de atores, os especialistas também deram pouco peso ao critério recorrência. O critério “importância” foi o mais valorizado.

Conforme exposto na Figura 7.10, o índice CM atingiu o valor de 0,099, demonstrando julgamentos consistentes.

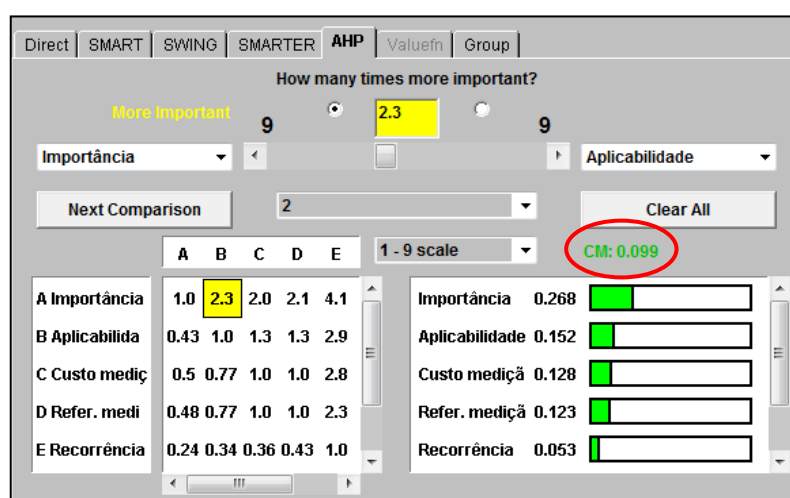


Figura 7.10 – Comparação pareada dos critérios na visão dos Especialistas

8ª Etapa: avaliação das alternativas.

Conforme apresentado na Metodologia, a avaliação dos indicadores pré-selecionados foi realizada com o apoio dos atores, por meio de consulta, utilizando o programa *Lime Survey*. A pesquisa foi enviada aos quatro grupos de atores selecionados neste trabalho. Os grupos foram representados por 25 pesquisadores de 11 centros de pesquisa distintos, 07 representantes da área de regulação, 14 representantes dos prestadores de serviço e 12 representantes dos usuários. A Tabela 7.3 resume a participação de cada grupo consultado.

Tabela 7.3 – Participação dos atores no emprego do Método Delphi simplificado

Atores	Convidados	Responderam 1ª consulta	Responderam 2ª consulta	Participação 1ª consulta	Participação 2ª consulta
Especialistas	25	15	4	60%	27%
Reguladores do Serviço	7	4	4	57%	100%
Prestadores de Serviço	14	6	6	43%	100%
Usuários	12	2	-	17%	-
Total	58	27	14	47%	56%

O grupo de usuários teve a menor participação, apenas 17% respondeu à 1ª consulta. Isso ocorreu porque os conhecimentos técnicos, operacionais e administrativos, necessários para julgar os indicadores e critérios, não eram dominados por esse grupo, o que desestimulou sua participação. Isso foi comprovado na resposta dos usuários que participaram da pesquisa, indicando na primeira pergunta ter pouca familiaridade com o tema, e, ainda, nas respostas aos convites daqueles que não participaram, já que muitos deixaram de responder por alegar desconhecimento do assunto. A segunda parte da consulta não foi enviada aos usuários pelos motivos apresentados na metodologia.

No outro extremo, o grupo de especialistas teve o maior percentual de participação, 60% do grupo respondeu a pesquisa, percentual representativo para o método de consulta utilizado neste trabalho. Isso demonstra maior preparo e interesse em relação à pesquisa. Em média, esse grupo indicou grau 3,8 de familiaridade com o tema, numa escala de valor variando de 1 a 5, em que 1 indicava nenhuma familiaridade e 5 muita familiaridade com o tema.

Entretanto, esse comportamento do grupo de especialistas mudou na segunda parte da consulta. Ao serem solicitados para reavaliar seus julgamentos e avaliar novos critérios, o índice de participação caiu de 60 para 27%. Hipoteticamente, isso pode ser explicado pelo grande esforço despendido na primeira parte da pesquisa. O tempo médio de resposta do grupo na primeira parte foi de 31,2 minutos, acima da média dos demais participantes que foi de 23,6 minutos.

Os Reguladores do serviço tiveram um bom percentual de participação na primeira parte da consulta, 57%. Esse número demonstra o interesse dos reguladores na avaliação das ETEs e no aperfeiçoamento do sistema de gestão e operação dos serviços. Em média, esse grupo indicou grau 4 de familiaridade com o tema, o que demonstra conhecimento do assunto, sendo de extrema importância para regular setor. Na segunda parte da pesquisa, o índice de participação foi de 100%, em relação aos respondentes da primeira parte, demonstrando continuidade no interesse com os resultados da pesquisa.

Os prestadores de serviço, responsáveis por administrar e executar os serviços de esgotamento, também tiveram participação representativa, 43%. Esse percentual, porém, foi menor que o dos especialistas e reguladores, pelo fato de serem o foco da avaliação e pelo provável desconforto de expor vulnerabilidades no sistema de gestão e operação, o que é normal em qualquer sistema. Porém, esse percentual um pouco menor comparado aos outros atores, pode ter sido influenciado pela interação entre os participantes desse grupo, deixando a participação na pesquisa para alguns representantes. Quanto à familiaridade com o tema, foi o grupo que demonstrou maior domínio, indicando grau 4,6 na escala de 1 a 5, o que já era esperado, pois esse grupo trabalha diretamente no gerenciamento das ETEs. Como no grupo dos Reguladores, a participação na segunda parte da consulta foi de 100%, considerando o universo inicial, o que demonstra o interesse dos respondentes na continuidade da pesquisa. Os resultados da consulta estão apresentados no Apêndice D.

9ª Etapa: avaliação global das alternativas.

Conforme descrito na Metodologia, a avaliação global das alternativas foi realizada empregando o método AHP com *ratings*.

Com base nos julgamentos de cada grupo de atores, apresentados no Apêndice D, foi calculada a média aritmética dos desempenhos dos indicadores em relação a cada um dos critérios. Como exemplo, a média aritmética dos resultados apresentados na primeira linha da Tabela D.1, conforme replicado na Tabela 7.4 a seguir, gerou o valor médio de julgamento do grupo de especialistas em relação ao indicador “incidência de processos judiciais recebidos” considerando o critério importância. Esse procedimento foi realizado com todos os indicadores em cada critério avaliado e para cada um dos grupos de atores.

Tabela 7.4 – 1ª linha da Tabela D.1 com a média aritmética das avaliações dos especialistas em relação ao indicador “incidência dos processos judiciais recebidos”, considerando o critério “importância”.

Órgão	UFRJ	UFMS	UFPE	UFSC	UFMG	UFMG	UFMS	UFMG	UNICAMP	UFRJ	UFMG	IPT	UFRJ	UnB	UEFS	Média Aritmética
1. Indicador: Incidência de processos judiciais recebidos (ocorrências-ano/1000 hab.). [Importância]	3	3	3	3	4	3	5	2	3	1	3	2	5	2	5	3,13

A Figura 7.11 exemplifica o lançamento do valor médio das avaliações do grupo de especialistas em relação ao critério “importância” para a avaliação do indicador “incidência de processos judiciais recebidos”, empregando o programa *Web-hipre*. Os resultados das médias aritméticas foram inseridos nas matrizes de avaliação dos distintos grupos de atores.

	Fac. Interpret.	Aplicabilidade	Recorrência	Importância
Min Rating	1.0	1.0	2.0	1.0
IND 01	3.27	3.27	2.0	3.13
IND 02	2.87	3.2	2.0	3.33
IND 03	3.87	4.33	5.0	4.47
IND 04	4.27	4.07	5.0	3.8
IND 05	4.0	4.27	4.0	4.2
IND 06	3.8	3.73	3.0	4.07
IND 07	3.07	3.07	2.0	3.73
IND 08	2.93	3.33	2.0	3.8

Figura 7.11 – Matriz de avaliação dos Especialistas

Após completar a matriz de avaliação com os valores médios das categorias de desempenho e calcular os pesos empregando a comparação pareada do método AHP, foram calculados os valores globais de avaliação de cada indicador para os grupos de atores. Os resultados da avaliação considerando os julgamentos dos Usuários, Prestadores de Serviço, Reguladores do Serviço e Especialistas estão apresentados no Apêndice E.

10ª Etapa: apresentação dos resultados da pré-seleção e avaliação dos indicadores.

Os resultados da avaliação de cada grupo foram agregados para gerar a avaliação global dos indicadores, conforme apresentado na Figura 7.12.

A Tabela 7.5 apresenta o resultado da avaliação global considerando todos os atores, ordenando os indicadores em ordem de importância, de acordo com os valores finais de avaliação.

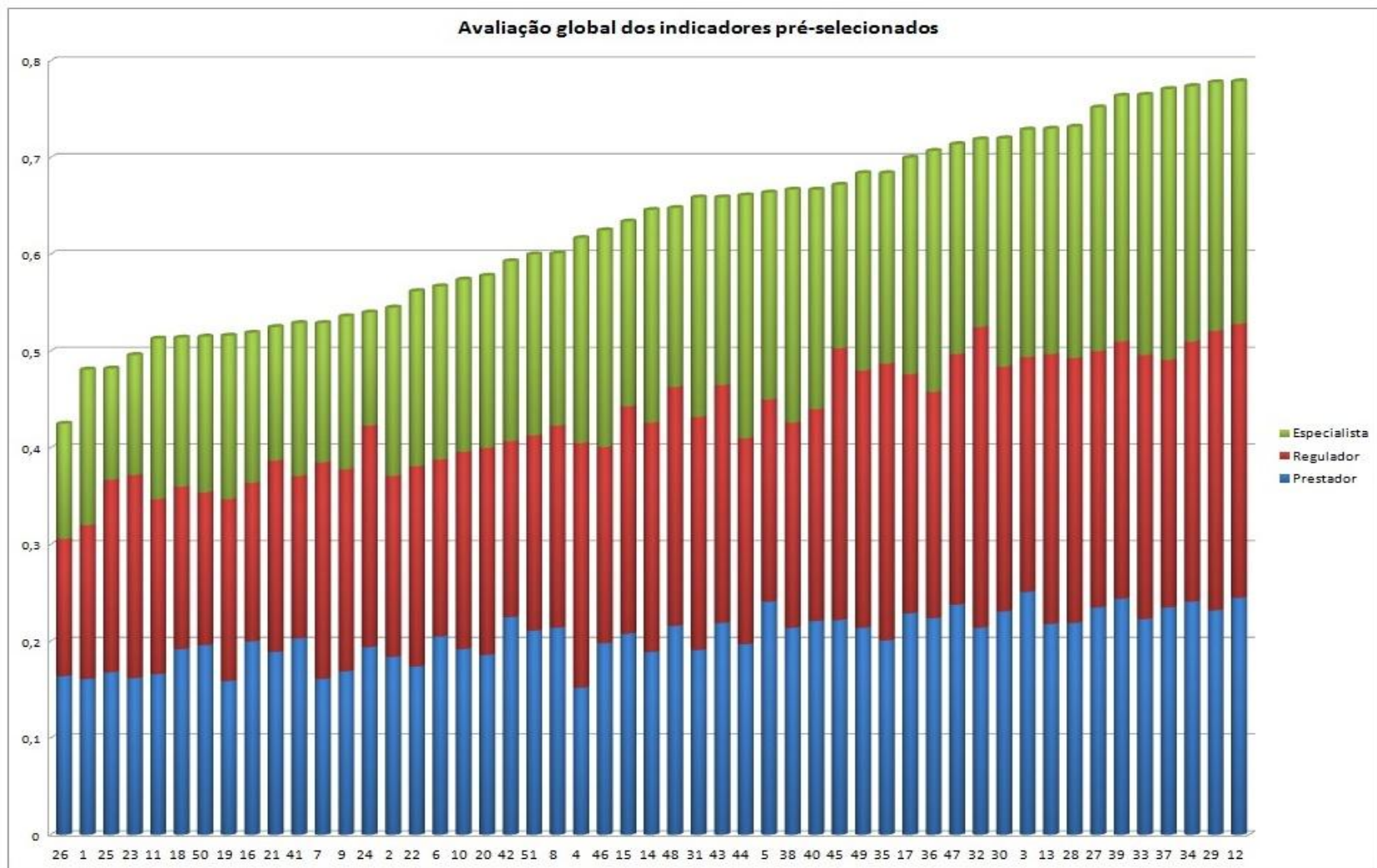


Figura 7.12 – Avaliação global dos indicadores pré-selecionados

Tabela 7.5 – Resultado final da avaliação dos indicadores pré-selecionados pelos atores

Ordem	Indicador	Nr Ind	Avaliação
1	Custo de operação e manutenção por m ³ de esgoto tratado	12	0,779
2	Consumo de energia elétrica na ETE por volume tratado	29	0,778
3	Índice de análises do efluente tratado dentro do padrão exigido pela norma	34	0,774
4	Eficiência de remoção de DQO, DBO, N e P	37	0,771
5	Índice de tratamento de esgoto	33	0,765
6	Testes de qualidade dos esgotos realizados	39	0,764
7	Adequação da capacidade de tratamento	27	0,752
8	Utilização de estações de tratamento	28	0,732
9	Índice de disposição de lodos de esgotos	3	0,730
10	Custo com energia elétrica	13	0,730
11	Frequência de inspeção de equipamento	30	0,721
12	Número de reclamações e de comunicação de problemas	32	0,718
13	Índice de empregados treinados	47	0,715
14	Índice de tratamento secundário	36	0,707
15	Despesas com materiais, produtos químicos e outros insumos	17	0,700
16	Resposta a reclamações e sugestões	35	0,684
17	Acidentes de trabalho e doenças profissionais	49	0,683
18	Tempo médio de resposta aos usuários	45	0,673
19	Índice de tratamento primário	38	0,667
20	Falhas em conjuntos moto-bombas	40	0,667
21	Produção de lodo na ETE	5	0,664
22	População residente servida pela ETE (Cobertura da população)	44	0,662
23	Índice de tratamento terciário ou superior	43	0,660
24	Calibração de equipamentos	31	0,659
25	Taxa de severidade da segurança no trabalho e saúde do empregado	48	0,648
26	Despesa média anual por empregado	14	0,647
27	Faturamento médio de esgoto	15	0,634
28	Funcionários trabalhando na ETE por população equivalente	46	0,625
29	Ocorrência de inundações	4	0,618
30	Indicador de mitigação de impactos ambientais	8	0,601
31	Índice de satisfação dos empregados	51	0,599
32	Índice de satisfação dos clientes	42	0,593
33	Índice de investimentos	20	0,578
34	Reúso de água	10	0,575
35	Produção de biogás	6	0,567
36	Despesa total unitária por p.e.	22	0,562
37	Índice de avaliação do sistema de gestão	2	0,546
38	Índice de evasão de receita	24	0,540
39	Produção de energia	9	0,536
40	Emissões de gases provenientes do sistema de esgoto danosos ao efeito estufa	7	0,530
41	Índice de conhecimento dos serviços e produtos	41	0,528
42	Margem do serviço da dívida	21	0,525
43	Liquidez geral	16	0,518
44	Índice de cobertura de custo total	19	0,516
45	Endividamento sobre patrimônio	18	0,515
46	Indicador de sanções e indenizações	50	0,515
47	Volume de sedimentos removidos de estruturas do sistema	11	0,513
48	Indicador de suficiência de caixa	23	0,495
49	Índice de margem operacional	25	0,482
50	Incidência de processos judiciais recebidos	1	0,481
51	Rentabilidade sobre patrimônio	26	0,424

7.2 - AVALIAÇÃO DAS ETEs

A segunda fase teve como objetivo classificar as ETEs em categorias de desempenho empregando o conjunto de indicadores pré-selecionados na fase anterior em cada um dos critérios escolhidos para a avaliação. Seguem os resultados apresentados em cada etapa da metodologia elaborada.

11ª Etapa: escolha das ETEs a serem avaliadas.

O resultado da 11ª etapa foi apresentado no Capítulo 6 deste trabalho. As três ETEs descritas no estudo de caso, por terem sistemas de tratamento e níveis de complexidade distintos foram selecionadas para compor a avaliação.

12ª Etapa: identificação dos objetivos de avaliação das ETEs.

Os objetivos estabelecidos para a avaliação das ETEs foram amparados nas normas ABNT NBR ISO 24510 e 24511, conforme descrito na metodologia.

Os objetivos das normas ABNT NBR ISO 24510 contemplam as necessidades e expectativas dos usuários quanto aos serviços de esgotos e de abastecimento de água, segundo apresentados a seguir:

- Acesso aos serviços de água potável e de esgoto: os usuários e potenciais usuários esperam que todas as medidas práticas sejam adotadas para garantir-lhes acesso aos serviços de água potável e de esgoto.

- Prestação dos serviços: os usuários esperam ter acesso aos serviços num prazo razoável, que os reparos sejam concluídos num prazo razoável, que os preços sejam justos e não sejam uma barreira de acesso, que haja cobertura e disponibilidade dos serviços de esgoto e que nenhuma inundação ou retorno do sistema de esgoto afete os imóveis ou as ruas.

- Gestão de contratos e faturamento: os usuários esperam que os contratos de serviços estejam disponíveis e explícitos, que haja exatidão e clareza no faturamento e que sejam respondidas e resolvidas as reclamações sobre faturamento e métodos de pagamento.

- Promoção de um bom relacionamento com os usuários: os usuários esperam que ocorram contatos escritos, telefônicos, visitas dos usuários ao local de atendimento, visitas ao usuário, notificação de restrições e disponibilidade de informações sobre os serviços.

- Proteção do meio ambiente: os usuários esperam que o prestador assegure a confiabilidade da coleta, transporte, tratamento, destinação final e reúso do esgoto e dos resíduos, visando a proteção do meio ambiente natural e público. Esperam, ainda, que haja o uso sustentável dos recursos naturais, o tratamento dos esgotos, a mitigação do impacto ambiental e que exista uma gestão de segurança e de emergências.

- Gestão de segurança e de emergências: os usuários esperam que os serviços sejam restaurados em prazo razoável nos casos de emergência e que os riscos e inconveniências sejam reduzidos.

Os objetivos de avaliação dos serviços de esgoto para os prestadores de serviços estão apresentados na norma ABNT NBR ISO 24511, conforme descritos a seguir:

- Proteção da saúde pública: os prestadores de serviços devem proteger a segurança da saúde humana, por meio da garantia da coleta, transporte, tratamento, destinação final e reúso do esgoto e de seus resíduos de forma segura.

- Atendimento das necessidades e expectativas dos usuários: os prestadores de serviços devem assegurar que suas atividades atendam às necessidades e expectativas dos usuários, de acordo com os objetivos listados na NBR 24510.

- Prestação dos serviços em situações normais e de emergência: os prestadores de serviços devem garantir que em condições normais os serviços de esgoto (coleta, transporte, tratamento e destinação final) estejam disponíveis de forma contínua. Se houver interrupções, o objetivo deve ser reestabelecer os serviços o mais rápido possível.

- Sustentabilidade do prestador de serviços de esgoto: os prestadores de serviços devem garantir que os serviços sejam mantidos e desenvolvidos, de forma apropriada, a fim de atender às necessidades atuais e futuras, levando em consideração as restrições econômicas e sociais.

- Promoção do desenvolvimento sustentável da comunidade: os prestadores de serviços devem promover a habilidade da comunidade de se desenvolver e prosperar dentro dos limites dos recursos ambientais, econômicos e de infraestrutura de que dispõe, sem limitar seu uso às gerações futuras.

- Proteção do meio ambiente: os prestadores de serviços devem garantir a segurança e confiabilidade da coleta, transporte, tratamento, destinação final e reúso do esgoto, tendo em vista a proteção do ambiente público construído.

Alguns dos objetivos apresentados são contemplados nas duas perspectivas de avaliação, estando presentes em ambas as normas, como “proteção do meio ambiente” e “atendimento das necessidades e expectativas dos usuários”, objetivo específico na NBR 24511 e global na NBR 24510. Além disso, alguns dos objetivos apresentados podem ser mais adequados para a avaliação de sistemas de esgotamento, não sendo tão específicos para a avaliação de uma ETE, como “acesso aos serviços de esgoto”, “prestação dos serviços” e “gestão de contratos e faturamento”, todos presentes na NBR 24510. Dessa forma, são apresentados na Tabela 7.6 o conjunto reduzido e adaptado de objetivos escolhido para a avaliação das ETEs neste trabalho, eliminando os redundantes, os que têm menor aplicabilidade para avaliação direta de ETEs e mesclando os objetivos das duas normas.

Tabela 7.6 – Objetivos escolhidos para a avaliação das ETEs.

Nr	Objetivos	
1	Proteção da saúde pública (PSP)	
2	Atendimento das necessidades e expectativas dos usuários (ANEU)	Promoção de um bom relacionamento com os usuários
		Gestão de segurança e de emergências
3	Prestação dos serviços em situações normais e de emergência (PSSNE)	
4	Sustentabilidade do serviços (SS)	
5	Promoção do desenvolvimento sustentável (PDS)	
6	Proteção do meio ambiente (PMA)	

13ª Etapa: identificação dos critérios de avaliação das ETEs.

A escolha dos critérios de avaliação das ETEs foi condicionada aos objetivos listados na etapa anterior. Conforme apresentado na metodologia, recomenda-se que a seleção dos critérios seja realizada de acordo com os objetivos de avaliação, sendo também considerados os requisitos determinados pelas partes interessadas e as condições locais.

Os critérios escolhidos para cada um dos objetivos selecionados encontram-se na Tabela 7.7 a seguir. No total, 22 critérios foram selecionados, havendo, no mínimo, um critério para cada objetivo de avaliação. Dessa forma, a avaliação demonstrou possuir a abrangência necessária para a abordagem multifocal.

Tabela 7.7 – Critérios selecionados em relação aos objetivos de avaliação das ETEs

Nº	Objetivos		Nº	Critérios
1	Proteção da saúde pública (PSP)		1	Saúde e segurança do pessoal
			2	Lançamento de esgoto de forma segura
2	Atendimento das necessidades e expectativas dos usuários (ANEU)	Promoção de um bom relacionamento com os usuários	3	Reclamações e solicitações
			4	Satisfação com os serviços prestados
		Gestão de segurança e de emergências	5	Comunicação com o usuário
3	Prestação dos serviços em situações normais e de emergência (PSSNE)		6	Existência de um plano de segurança e de emergências (incluindo medidas preventivas)
			7	Manutenção de equipamentos
4	Sustentabilidade do serviço (SS)		8	Ajuste ou calibração dos equipamentos
			9	Condição dos ativos
			10	Desempenho do sistema
			11	Custos operacionais
			12	Desempenho financeiro
			13	Recursos humanos
			14	Competência do pessoal
5	Promoção do desenvolvimento sustentável (PDS)		15	Reúso de água
			16	Utilização sustentável da energia
6	Proteção do meio ambiente (PMA)		17	Eficiência no consumo de energia.
			18	Capacidade de tratamento de esgoto
			19	Resultados das análises de esgoto
			20	Total de poluentes emitidos pelos sistemas de esgotos
			21	Prevenção da poluição
			22	Conformidade com os regulamentos e diretrizes aplicáveis

14ª Etapa: escolha dos indicadores a serem empregados em cada critério.

Conforme descrito na metodologia, a escolha dos indicadores foi balizada nos critérios e objetivos levantados nas etapas anteriores, sendo coletados no banco de 51 indicadores pré-selecionados e avaliados na 1ª fase do trabalho. A Tabela 7.8 apresenta a lista de indicadores escolhidos, com as respectivas unidades de medida, para cada um dos critérios de avaliação.

Em alguns casos, os critérios não possuíam um indicador relacionado no grupo pré-selecionado. Assim, foi necessário buscar no conjunto preliminarmente levantado de 780 indicadores ou elaborar um novo para que o critério não deixasse de ser avaliado. Isso ocorreu no critério “existência de um plano de segurança e de emergências”, sendo elaborado o indicador “plano de segurança e emergência”, já que não foi encontrado em nenhum dos grupos de indicadores. Outros dois indicadores foram elaborados pelos mesmos motivos apresentados: “índice de execução de plano de manutenção dos equipamentos” e “índice de disponibilidade de equipamentos”.

Foram realizadas, ainda, algumas adaptações nas nomenclaturas de alguns indicadores e em suas unidades de medida para melhor refletir os critérios de avaliação adotados. Como exemplo, cita-se o indicador “solução de reclamações e sugestões apresentadas” em substituição à “resposta à reclamações e sugestões”. Neste caso, a adoção levou em consideração a necessidade de solução para as reclamações e sugestões apresentadas, não sendo suficiente apenas apresentar respostas. Foram especificadas duas formas de avaliar o indicador “utilização da estação de tratamento”, sendo avaliadas a “capacidade de carga hidráulica” e a “capacidade de carga orgânica”.

Tabela 7.8 – Indicadores selecionados em relação aos critérios de avaliação das ETEs

Nº	Crítérios	Indicadores	Unidade de medida
1	Saúde e segurança do pessoal	Acidentes de trabalho e doenças profissionais	(nº de acidentes de trabalho e doenças profissionais/100 func./ano)
2	Lançamento de esgoto de forma segura	Testes de qualidade dos esgotos realizados	(nº de testes realizados no mês em cada parâmetro/nº previsto de testes no mês em cada parâmetro) (média anual em %)
3	Reclamações e solicitações	Número de reclamações e de comunicação de problemas	(nº/1000 hab./ano)
4	Satisfação com os serviços prestados	Índice de satisfação dos clientes	(%)
5	Comunicação com o usuário	Solução de reclamações e sugestões apresentadas	(reclamações e sugestões solucionadas / reclamações e sugestões apresentadas na ETE) (%)
6	Existência de um plano de segurança e de emergências	Plano de segurança e emergência	Existência ou não
7	Manutenção de equipamentos	Índice de execução de plano de manutenção dos equipamentos (de processos e de laboratórios)	(plano de manutenção executado/plano de manutenção previsto/ano) (%)
8	Ajuste ou calibração dos equipamentos	Calibração de equipamentos (de processo e de laboratórios)	(-/ano)
9	Condição dos ativos	Índice de disponibilidade de equipamentos (de processo e de laboratórios)	(nº de equipamentos disponíveis/nº total de equipamentos existentes) (%)
10	Desempenho do sistema	Utilização da estação de tratamento (capacidade de carga hidráulica e orgânica)	Carga hidráulica: vazão média afluente no mês (m³/s)/capacidade média de projeto no mês (m³/s)
			Carga orgânica: carga média de DQO (kg/d) no mês/ carga média de DQO de projeto (kg/d) no mês
11	Custos operacionais	Custo de operação e manutenção por m³ de esgoto tratado	(R\$/m³)
12	Desempenho financeiro	Índice de cobertura de custo total	(%)
13	Recursos humanos	Funcionários trabalhando na ETE por população equivalente	(nº/1000 p.e.)
14	Competência do pessoal	Índice de treinamento de funcionários (em sua área de atuação)	(%)
15	Reúso de água	Reúso de água	(%)
16	Utilização sustentável da energia	Produção de energia	(kW)
17	Eficiência no consumo de energia.	Consumo de energia elétrica na ETE	(kWh/m³)
18	Capacidade de tratamento de esgoto	Índice de tratamento de esgoto	(%) (volume enviado para tratamento/volume total coletado)
19	Resultados das análises de esgoto	Eficiência de remoção de DQO, DBO, SST, NTK, PT	[Concentração do parâmetro no afluente (mg/L) - Concentração do parâmetro no efluente (mg/L)]/[Concentração do parâmetro no afluente (mg/L)]
20	Total de poluentes emitidos pelos sistemas de esgotos	Produção de lodo na ETE	(m³/ano)
21	Prevenção da poluição	Índice de disposição adequada de lodos de esgotos	(%)
22	Conformidade com os regulamentos e diretrizes aplicáveis	Índice de análises do efluente tratado dentro do padrão exigido pela norma	(nº de análises de efluente de acordo com as metas de concentração estabelecidas/nº total de análises de efluente realizadas/ano) (%)

15ª Etapa: determinação dos pesos dos indicadores.

Os pesos dos indicadores foram determinados assumindo os valores dos resultados da avaliação na 1ª fase. A Figura 7.13 apresenta os pesos dos indicadores selecionados.



Figura 7.13 – Peso dos indicadores selecionados para a avaliação

16ª Etapa: levantamento do desempenho das ETEs em cada indicador escolhido.

O desempenho das ETEs foi levantado junto ao prestador de serviços, responsável por administrar as estações avaliadas neste trabalho. A Tabela 7.9 apresenta os indicadores com os respectivos desempenhos das ETEs Brasília Norte (BN), Samambaia (Sam) e São Sebastião (SSeb).

Vale destacar que alguns indicadores não tiveram seus desempenhos levantados. Dois aspectos supostamente podem ter ocasionado tal fato: os indicadores sem medição não eram foco de avaliação por parte do prestador de serviços e não houve tempo hábil suficiente para o levantamento dos dados. Dessa forma, não foi possível completar o quadro de avaliação. Esse fato ocorreu com os seguintes indicadores:

- Teste de qualidade dos esgotos realizados, para os parâmetros “lodo” e “disruptores endócrinos”;
- Índice de execução de plano de manutenção dos equipamentos;
- Calibração de equipamentos;
- Índice de disponibilidade de equipamentos;
- Índice de cobertura de custo total; e
- Produção de lodo na ETE.

Nota-se que a metade, três dentre os seis, dos indicadores sem dados referem-se à estrutura física da ETE, sendo fundamentais para a avaliação do objetivo de avaliar a prestação dos serviços em situações normais e de emergência e da sustentabilidade do serviço. Os demais se referem à avaliação econômica da ETE, proteção do meio ambiente e saúde pública respectivamente.

Do total de 22 indicadores propostos, 17 tiveram os desempenhos levantados, sendo que um deles, como já citado, não teve todos os parâmetros obtidos. Do total de 5 objetivos de avaliação, somente um, “prestação dos serviços em situações normais e de emergência”, não foi contemplado com a medição de nenhum indicador. Dessa forma, foi possível manter a avaliação com a abrangência necessária para sua realização.

Cabe observar, ainda, que o prestador de serviços disponibilizou os valores de desempenho anuais das ETEs, em relação aos indicadores solicitados, com amparo em sua base de dados do ano de 2012, não tendo sido disponibilizadas as medições semanais, quinzenais ou mensais, para os casos de indicadores que são monitorados nesses períodos. Assim, os valores lançados na matriz de avaliação foram os anuais, já calculados e disponibilizados pelo prestador de serviços.

Tabela 7.9 – Avaliação das ETEs em cada indicador de desempenho

Nº	Cod	Indicadores	Unidade de medida	Avaliação das ETEs			
				BN	Sam	SSeb	
1	PSP01	Acidentes de trabalho e doenças profissionais	(nº de acidentes de trabalho e doenças profissionais/100 func./ano)	1,61	1,61	1,61	
2	PSP02	Testes de qualidade dos esgotos realizados	(nº de testes realizados no mês em cada parâmetro/nº previsto de testes no mês em cada parâmetro) (média anual em %)	DQO	91	82	98
				DBO	75	77	91
				SST	90	90	98
				NTK	91	88	98
				PT	92	89	98
				E. coli	92	83	92
				Lodo	-	-	-
Disruptores endócrinos	-	-	-				
3	ANEU01	Número de reclamações e de sugestões	(nº/1000 hab./ano)	3,91	3,91	3,91	
4	ANEU02	Índice de satisfação dos clientes	(%)	89,4 3	89,4 3	89,4 3	
5	ANEU03	Solução de reclamações e sugestões	(reclamações e sugestões solucionadas / reclamações e sugestões apresentadas na ETE) (%)	67,4	67,4	67,4	
6	ANEU04	Plano de segurança e emergência	Existência ou não	Não	Não	Não	
7	PSSNE01	Índice de execução de plano de manutenção dos equipamentos	(plano de manutenção executado/plano de manutenção previsto/ano) (%)	-	-	-	
8	PSSNE02	Calibração de equipamentos	(nº de equipamentos calibrados/nº de equipamentos previstos para calibração) (%)	-	-	-	
9	SS01	Índice de disponibilidade de equipamentos	(nº de equipamentos disponíveis/nº total de equipamentos existentes) (%)	-	-	-	
10	SS02A	Utilização de estações de tratamento (capacidade de carga hidráulica e orgânica)	Carga hidráulica: vazão média afluente no mês (m³/s)/capacidade média de projeto no mês (m³/s)	52,6	110,9	54,8	
	SS02B		Carga orgânica: carga média de DQO (kg/d) no mês/ carga média de DQO de projeto (kg/d) no mês	106,6	145,0	131,9	
11	SS03	Custo de operação e manutenção	(R\$/m³)	1,11	0,49	0,58	
12	SS04	Índice de cobertura de custo total	(%)	-	-	-	
13	SS05	Funcionários trabalhando na ETE	(nº/10 ⁶ m³/ano)	2,09	1,1	2,08	
14	SS06	Índice de treinamento de funcionários	(percentual de empregados treinados/ano) (%)	67,1	67,1	67,1	
15	PDS01	Reúso de água	(%)	0	0	0	
16	PDS02	Produção de energia	(Produção kWh/Consumo kWh/ano) (%)	0	0	0	
17	PMA01	Consumo de energia elétrica na ETE	(kWh/m³)	0,694	0,033	0,021	
18	PMA02	Índice de tratamento de esgoto	(volume enviado para tratamento/volume total coletado) (%)	100	100	100	
19	PMA03A	Eficiência de remoção de DQO, DBO, NTK, SST, PT	[Concentração do parâmetro no afluente (mg/L) - Concentração do parâmetro no efluente (mg/L)] / [Concentração do parâmetro no afluente (mg/L)] (%)	DQO	94,1	94,2	92,1
	PMA03B			DBO	93,7	97,1	92,3
	PMA03C			SST	95,8	92,1	97,3
	PMA03D			NTK	78,3	25,3	50,9
	PMA03E			PT	95,3	84,1	56,0
20	PMA04	Produção de lodo na ETE	(m³/ano)	-	-	-	
21	PMA05	Índice de disposição adequada de lodos de esgotos	(%)	100	-	100	
22	PMA06	Índice de análises do efluente tratado dentro do padrão exigido pela norma	(nº de análises de efluente de acordo com as metas de concentração estabelecidas/nº total de análises de efluente realizadas/ano) (%)	99,4	79,8	100	

Alguns indicadores tiveram suas unidades de medida alteradas, o que facilitou a geração de categorias de desempenho, permitiu melhor visualização dos níveis de desempenho e a comparação com outras instituições. Podem ser citados:

- Funcionários trabalhando na ETE, alterando a unidade de medida inicialmente adotado (nº/1000 p.e.) para funcionários trabalhando na ETE por 10^6 m^3 de afluentes recebidos por ano (nº/ 10^6 m^3 /ano);
- Produção de energia, de kWh para (Produção kWh/Consumo kWh/ano) (%); e
- Calibração de equipamentos, de calibrações por ano (-/ano) para (nº de equipamentos calibrados/nº de equipamentos previstos para calibração) (%).

Em alguns casos, o prestador de serviços não apresentou os dados de avaliação individualizados, com os desempenhos de cada ETE, sendo disponibilizados os dados gerais do prestador, referentes ao sistema de esgotamento como um todo. Os seguintes indicadores estão incluídos nessa condição:

- Acidentes de trabalho e doenças profissionais;
- Número de reclamações e de comunicação de problemas;
- Índice de satisfação dos clientes;
- Solução de reclamações e sugestões apresentadas; e
- Índice de treinamento de funcionários.

Pode-se observar que os indicadores apresentados relacionam-se com o setor de recursos humanos. Isso demonstra uma administração centralizada, o que facilita o controle, porém, dificulta a identificação dos pontos críticos do sistema. Dessa forma, esses indicadores não refletem diretamente os desempenhos individuais das ETEs, inserindo uma parcela do desempenho global do sistema de esgotamento nos desempenhos individuais das ETEs.

O indicador “utilização de estações de tratamento” pode ser medido pela capacidade de carga hidráulica e orgânica. Como as duas formas de medição são fundamentais para a avaliação e os resultados são independentes, adotou-se medir as capacidades individualmente. O mesmo procedimento foi adotado para o indicador “eficiência de remoção”, sendo considerados os parâmetros de DBO, SST, NTK e PT, que possuem padrões individuais estabelecidos pela ANA, no programa PRODES, conforme consta na Resolução nº 644, de 20 de maio de 2013. Dessa forma, a medição do indicador “eficiência de remoção” foi desmembrada em quatro parâmetros, “eficiência de remoção de DBO”,

“eficiência de remoção de SST”, “eficiência de remoção de NTK” e “eficiência de remoção de PT”. Vale salientar que o parâmetro DQO não foi considerado, pois seus objetivos de medição se confundem com os do parâmetro DBO, não sendo independentes, e pelo fato do programa PRODES considerar o parâmetro DBO.

17ª Etapa: avaliação global das ETEs.

A avaliação global das ETEs foi realizada empregando os métodos multiobjetivo, conforme descritos nos capítulos de fundamentação teórica e metodologia. Para que se procedesse à avaliação nos dois métodos escolhidos foi montada uma matriz de avaliação, conforme apresenta a Tabela 7.10.

Tabela 7.10 – Matriz de avaliação

Nº	Indicadores	COD	Peso	Sent	BN	Sent	Sam	Sent	SSeb
1	Acidentes de trabalho e doenças profissionais	PSP01	0,683	Dec	1,61	Dec	1,61	Dec	1,61
2	Testes de qualidade dos esgotos realizados	PSP02	0,764	Cre	88,5	Cre	84,8	Cre	95,8
3	Número de reclamações e de sugestões	ANEU01	0,718	Dec	3,91	Dec	3,91	Dec	3,91
4	Índice de satisfação dos clientes	ANEU02	0,593	Cre	89,43	Cre	89,43	Cre	89,43
5	Solução de reclamações e sugestões	ANEU03	0,684	Cre	67,4	Cre	67,4	Cre	67,4
6	Plano de segurança e emergência	ANEU04	0,424	Cre	0	Cre	0	Cre	0
7	Utilização da estação de tratamento (capacidade de carga hidráulica)	SS02A	0,732	Cre	52,6	Dec	110,9	Cre	54,8
	Utilização da estação de tratamento (capacidade de carga orgânica)	SS02B		Dec	106,6	Dec	145	Dec	131,9
8	Custo de operação e manutenção	SS03	0,779	Dec	1,11	Dec	0,49	Dec	0,58
9	Funcionários trabalhando na ETE	SS05	0,625	Cre	2,09	Cres	1,1	Cre	2,08
10	Índice de treinamento de funcionários	SS06	0,715	Cre	67,10	Cres	67,10	Cre	67,10
11	Reúso de água	PDS01	0,575	Cre	0	Cre	0	Cre	0
12	Produção de energia	PDS02	0,536	Cre	0	Cre	0	Cre	0
13	Consumo de energia elétrica na ETE	PMA01	0,778	Dec	0,694	Dec	0,033	Dec	0,021
14	Índice de tratamento de esgoto	PMA02	0,765	Cre	100	Cre	100	Cre	100
15	Eficiência de remoção de DBO	PMA03B	0,771	Cre	93,7	Cre	97,1	Cre	92,3
	Eficiência de remoção de SST	PMA03C		Cre	95,8	Cre	92,1	Cre	97,3
	Eficiência de remoção de NTK	PMA03D		Cre	78,3	Cre	25,3	Cre	50,9
	Eficiência de remoção de PT	PMA03E		Cre	95,3	Cre	84,1	Cre	56
16	Índice de disposição adequada de lodos de esgotos	PMA05	0,730	Cre	100	-	-	Cre	100
17	Índice de análises do efluente tratado dentro do padrão exigido pela norma	PMA06	0,774	Cre	99,4	Cre	79,8	Cre	100

Legenda: Cre – Crescente, Dec – Decrescente, COD – Código adotados para os indicadores, Sent – Sentido de avaliação, BN – ETE Brasília Norte, Sam – ETE Samambaia, SSeb – ETE São Sebastião.

A matriz de avaliação contém os indicadores, os códigos de cada indicador (adotados como as letras iniciais dos objetivos de avaliação de cada indicador e o número de ordem dos indicadores para cada objetivo), os pesos, os sentidos de avaliação (crescente ou decrescente) e os desempenhos das ETEs Brasília Norte (BN), Samambaia (Sam) e São Sebastião (SSeb), para cada indicador.

Em relação aos dados apresentados, observa-se que o sentido de avaliação para o indicador SS02A, utilização da estação de tratamento (capacidade de carga hidráulica), não foi considerado o mesmo para todas as ETEs avaliadas. Isso ocorreu porque esse indicador pode ter dois sentidos preferenciais de resultado, dependendo dos valores dos desempenhos medidos. A faixa de 80 a 90% de utilização da carga hidráulica foi considerada de melhor desempenho, porém a capacidade de utilização pode ultrapassar os 100% quando a ETE trabalha com sobrecarga da capacidade de projeto. Nesse caso, o sentido de avaliação foi considerado decrescente para maximizar os resultados com valores superiores à 90%. Para valores inferiores a 90% o sentido foi considerado crescente. Nesse indicador, a ETE Samambaia apresenta sentido decrescente, pois seu desempenho no ano de 2012 foi de 110,9% de utilização de carga hidráulica e as ETEs Brasília Norte e São Sebastião tiveram o sentido de avaliação crescente, pois a capacidade de carga hidráulica se apresentou abaixo de 90% de utilização. Em resumo, os sentidos de avaliação para esse indicador se comportam de acordo com a seguinte relação:

$$\text{Sentido de avaliação para o indicador SS02A} = \begin{cases} \text{Crescente (Cre)} & \text{se SS02A} < 90 \\ \text{Decrescente (Dec)} & \text{se SS02A} > 90 \end{cases}$$

O indicador SS02B, utilização da estação de tratamento (capacidade de carga orgânica), apresenta o mesmo comportamento do indicador SS02A. Isso ocorre porque também existe a possibilidade de valores maiores do que 100% da capacidade de carga orgânica projetada. Os sentidos de avaliação e os valores de limite adotados para esse indicador são os mesmos dos utilizados para o indicador SS02A.

O indicador SS05, funcionários trabalhando na ETE, também apresenta o mesmo comportamento, já que se adotaram duas faixas de valores que poderiam inverter o sentido preferencial de avaliação. A escala adotada para esse indicador tem sentido crescente até o valor de quatro funcionários por 10^6 m^3 de afluente e decrescente para valores maiores do

que quatro. As escalas e limites adotados para todos os indicadores serão apresentados na descrição da avaliação global com os métodos ELECTRE TRI e TOPSIS modificado.

$$\begin{array}{l} \text{Sentido de avaliação para} \\ \text{o indicador SS05} \end{array} = \begin{cases} \text{Crescente (Cre)} & \text{se SS05} < 4 \\ \text{Decrescente (Dec)} & \text{se SS05} > 4 \end{cases}$$

A seguir será descrita a avaliação global empregando os métodos ELECTRE TRI e TOPSIS modificado.

- Avaliação global empregando o método ELECTRE TRI

Para proceder à avaliação global das ETes com o método ELECTRE TRI, foram seguidas as etapas apontadas na metodologia.

A Tabela 7.10 apresenta os resultados do primeiro passo metodológico, que se refere à definição dos critérios e dos pesos para a avaliação.

O passo seguinte aponta para a definição dos limites dos perfis e das categorias de desempenho em cada critério. As Tabelas 7.11, 7.12 e 7.13 apresentam os limites estabelecidos.

Para os indicadores PSP02, ANEU02, ANEU03, SS06, PMA02, PMA05 e PMA06 foram definidos os mesmos intervalos para as categorias de desempenho em todas as ETes avaliadas. A escala adota uma faixa pequena de valores para os melhores desempenhos, gerando a necessidade de altos desempenhos para obter conceitos elevados na avaliação. Essa escala é adotada em avaliações que buscam diferenciar as entidades com melhores desempenhos das demais, que apresentam desempenhos medianos. Uma das entidades internacionais que utilizam uma escala semelhante é a ERSAR, que classifica as ETes avaliadas em três categorias (LNEC e ERSAR, 2013):

- boa qualidade do serviço, com desempenho máximo 100;
- qualidade do serviço mediana, com intervalos de [95-100[; e
- qualidade do serviço insatisfatória, com intervalos de [0-95[.

Os intervalos adotados para os indicadores citados estão apresentados a seguir:

Categorias de desempenho	MR	R	B	MB	E
Intervalos	0-60[	[60-80[	[80-95[	[95-100[	100

Para o indicador PSP01, acidentes de trabalho e doenças profissionais, foram adotadas categorias com intervalos diferentes dos outros indicadores. Os intervalos representam uma escala decrescente, em que o valor zero, ou nenhum acidente de trabalho ou doença profissional a cada 100 funcionários ocorre em um ano, sendo a situação mais desejada.

Uma escala decrescente foi elaborada para o indicador ANEU01, número de reclamações e de sugestões. Para esse indicador, uma reclamação a cada 1000 habitantes por ano foi considerado como resultado ideal e acima de 50 reclamações a cada 1000 habitantes por ano seria a pior situação.

O indicador ANEU04, plano de segurança e emergência, também teve uma escala elaborada. Para esse indicador, a unidade de medida indicava a existência ou não de um plano de segurança. Para representar numericamente essas opções foi criada uma escala entre 0 e 1, em que o zero representa a ausência de um plano de segurança, sendo classificado na pior categoria e um indica haver um plano de segurança, sendo classificado na melhor categoria. Valores intermediários foram inseridos somente para que existissem cinco categorias em todos os indicadores.

Para os indicadores SS02A, utilização da estação de tratamento (capacidade de carga hidráulica), e SS02B, utilização da estação de tratamento (capacidade de carga orgânica), foi adotada uma escala de duplo sentido, variando de forma crescente até o valor de 90% de capacidade e acima desse valor sendo decrescente. Isso ocorre pois a capacidade de carga hidráulica e orgânica podem ultrapassar os 100% quando a ETE trabalha com sobrecarga de projeto. O valor de 90% foi considerado como a situação ideal máxima, pois a ETE ainda teria uma margem de 10% de capacidade de carga para situações emergenciais, como em casos de cheias ou outros. Os valores menores do que 50% da capacidade foram considerados inadequados, pois demonstra subutilização da estrutura da estação.

Indicadores	Sentido	MR	R	B	MB	E
SS02A e SS02B	Cre	0-50[	[50-60[	[60-70[	[70-80[	[80-90]
	Dec	>120	]100-120[	]95-100]	]90-95]	

Outro indicador com escala elaborada foi o SS03, custo de operação e manutenção. Para esse indicador, foram geradas categorias de desempenho individuais, já que os sistemas são muito distintos e com portes diferentes, variando com isso as fontes e valores dos custos de operação e manutenção. Para que a avaliação pudesse ser realizada sem que esse indicador tivesse influência direta no resultado, reduzindo o desempenho de ETEs que possuem gastos mais elevados devido à natureza e porte do projeto, foi elaborada uma escala que considera os resultados de custo da própria ETE. Foram levantados os valores máximo e mínimo dos custos mensais dos últimos quatro anos. O custo mínimo mensal identificado representa o melhor desempenho a ser atingido no ano, o custo máximo mensal foi considerado o pior desempenho a ser atingido no ano. A partir dos dois valores, criou-se uma escala equitativa para definição das categorias, em que o resultado máximo a ser atingido é o gasto mensal mínimo.

De modo semelhante ao indicador SS03, o PMA01, consumo de energia elétrica na ETE, considerou os desempenhos individuais como parâmetros para estabelecer as categorias de desempenho. Esse indicador apresenta as mesmas dificuldades para o estabelecimento de padrões, sendo o consumo de energia muito variável, dependendo do sistema de tratamento adotado no projeto e do porte da estação. Assim, foram considerados os desempenhos de consumo de energia dos últimos quatro anos e com os valores máximo e mínimo foram estabelecidas as metas refletidas nas categorias.

O indicador SS05, funcionários trabalhando na ETE, teve suas categorias de desempenho determinadas por meio de uma escala de sentido duplo, como os indicadores SS02A e SS02B. Para esse indicador, adotou-se a escala empregada pela ERSAR (2013) que considera a adequação dos recursos humanos como o número equivalente de empregados afetos ao serviço de esgotos por 10^6 m^3 de afluentes recolhidos para tratamento por ano. As categorias adotadas pela ERSAR são as seguintes:

- qualidade do serviço boa = [3; 4];
- qualidade do serviço mediana = [2,5; 3] ou]4; 4,5]; e
- qualidade do serviço insatisfatória = [0; 2,5[ou]4,5; +∞[

As categorias adotadas neste trabalho são as seguintes:

Indicadores	Sentido	MR	R	B	MB	E
SS05	Cre	0-1,5[	[1,5-2,0[	[2,0-2,5[	[2,5-3,0[	[3,0-4,0]
	Dec	>5	[5-5,5[	[4,5-5[	]4-4,5]	

Para os indicadores referentes ao reúso de água, PDS01, e produção de energia, PDS02, a escala básica percentual foi um pouco alterada valorizando o mínimo esforço para esses indicadores. Para isso, os intervalos foram mais regulares e o pior desempenho só foi considerado para os casos de nenhum esforço demandado para o reúso da água ou para a geração de energia, o que ocorreu nas três ETEs consideradas neste estudo. As faixas de valores para as categorias de desempenho consideradas foram as seguintes:

Categorias de desempenho	MR	R	B	MB	E
Intervalos	0	]0-20[	[20-40[	[40-80[	[80-100]

As categorias de desempenho dos indicadores de eficiência de remoção, PMA03B, PMA03C, PMA03D e PMA03E foram baseadas nos padrões de eficiência do PRODES. Adotou-se o padrão requerido pelo PRODES como limite mínimo para a categoria B, que representa o desempenho mínimo necessário de uma ETE. A partir desse valor foram estabelecidas as demais categorias, buscando valorizar resultados com desempenhos superiores, com a redução dos intervalos nas faixas de valor mais altas. Como o PRODES estabelece padrões de eficiência considerando os diferentes portes e tipos de sistemas de tratamento, esses indicadores também tiveram seus padrões considerados de acordo com as ETEs avaliadas. Assim, a ETE BN, que se enquadra na classe H do PRODES, teve os parâmetros de DBO, SST, NTK e PT considerados e as ETEs Sam e SSeb, que se enquadram na classe D do PRODES, tiveram somente os parâmetros de DBO e SST considerados, já que para essa classe somente esses parâmetros são balizados por padrões de desempenho mínimo.

O próximo passo estabelecido na metodologia refere-se ao estabelecimento dos limiares de indiferença (Q), preferência (P) e veto (V). As Tabelas 7.11, 7.12 e 7.13 apresentam os limiares inicialmente adotados para a avaliação.

Tabela 7.11 – Categorias de desempenho e limiares de indiferença, preferência e veto para a ETE Brasília Norte.

Indicadores	Categorias de Desempenho - ETE Brasília Norte					Limiares Q, P e V		
	MR	R	B	MB	E	Q	P	V
PSP01	>5	]5-3[	[3-1[	[1-0[	0	0,17	0,5	3,5
PSP02	0-60[	[60-80[	[80-95[	[95-100[	100	0,83	2,5	17,5
ANEU01	>50	]50-30[	[30-10[	[10-1[	1	1,67	5	35
ANEU02	0-60[	[60-80[	[80-95[	[95-100[	100	0,83	2,5	17,5
ANEU03	0-60[	[60-80[	[80-95[	[95-100[	100	0,83	2,5	17,5
ANEU04	0-0,2[	]0,2-0,4[	[0,4-0,6[	[0,6-0,8[	]0,8-1	0	0	0
SS02A	0-50[>120	]50-60[)100-120[	[60-70[)95-100]	[70-80[)90-95]	]80-90]	1,67	5	35
SS02B	0-50[>120	]50-60[)100-120[	[60-70[)95-100]	[70-80[)90-95]	]80-90]	1,67	5	35
SS03	1,43-1,29[	]1,29-1,15[	[1,15-1,00[	]1,00-0,86[	]0,86-0,72	0,02	0,071	0,497
SS05	0-1,5[>5	]1,5-2,0[)5-5,5[	[2,0-2,5[)4,5-5[	]2,5-3,0[)4-4,5]	]3,0-4,0]	0,08	0,25	1,75
SS06	0-60[	[60-80[	[80-95[	[95-100[	100	0,83	2,5	17,5
PDS01	0	]0-20[	[20-40[	[40-80[	]80-100	3,33	10	70
PDS02	0	]0-20[	[20-40[	[40-80[	]80-100	3,33	10	70
PMA01	0,80-0,73[	]0,73-0,66[	]0,66-0,60[	]0,60-0,53[	]0,53-0,46	0,01	0,034	0,238
PMA02	0-60[	[60-80[	[80-95[	[95-100[	100	0,83	2,5	17,5
PMA03B	0-75[	]75-90[	[90-95[	[95-100[	100	0,83	2,5	17,5
PMA03C	0-75[	]75-90[	[90-95[	[95-100[	100	0,83	2,5	17,5
PMA03D	0-70[	]70-85[	[85-95[	[95-100[	100	0,83	2,5	17,5
PMA03E	0-70[	]70-85[	[85-95[	[95-100[	100	0,83	2,5	17,5
PMA05	0-60[	[60-80[	[80-95[	[95-100[	100	0,83	2,5	17,5
PMA06	0-60[	[60-80[	[80-95[	[95-100[	100	0,83	2,5	17,5

Tabela 7.12 – Categorias de desempenho e limiares de indiferença, preferência e veto para a ETE Samambaia.

Indicadores	Categorias de Desempenho - ETE Samambaia					Limiares Q, P e V		
	MR	R	B	MB	E	Q	P	V
PSP01	>5	]5-3[	[3-1[	[1-0[	0	0,17	0,5	3,5
PSP02	0-60[	[60-80[	[80-95[	[95-100[	100	0,83	2,5	17,5
ANEU01	>50	[50-30[	[30-10[	[10-1[	1	1,67	5	35
ANEU02	0-60[	[60-80[	[80-95[	[95-100[	100	0,83	2,5	17,5
ANEU03	0-60[	[60-80[	[80-95[	[95-100[	100	0,83	2,5	17,5
ANEU04	0-0,2[	[0,2-0,4[	[0,4-0,6[	[0,6-0,8[	[0,8-1	0	0	0
SS02A	0-50[>120	[50-60[]100-120[	[60-70[]95-100]	[70-80[]90-95]	[80-90]	1,67	5	35
SS02B	0-50[>120	[50-60[]100-120[	[60-70[]95-100]	[70-80[]90-95]	[80-90]	1,67	5	35
SS03	0,9-078[	[0,78-0,66[	[0,66-0,53[	[0,53-0,41[	[0,41-0,29	0,02	0,061	0,427
SS05	0-1,5[>5	[1,5-2,0[]5-5,5]	[2,0-2,5[]4,5-5[	[2,5-3,0[]4-4,5]	[3,0-4,0]	0,08	0,25	1,75
SS06	0-60[	[60-80[	[80-95[	[95-100[	100	0,83	2,5	17,5
PDS01	0	]0-20[	[20-40[	[40-80[	[80-100	3,33	10	70
PDS02	0	]0-20[	[20-40[	[40-80[	[80-100	3,33	10	70
PMA01	0,11-0,089[	[0,089-0,068[	[0,068-0,047[	[0,047-0,026[	[0,026-0,005	0,0035	0,0105	0,0735
PMA02	0-60[	[60-80[	[80-95[	[95-100[	100	0,83	2,5	17,5
PMA03B	0-70[	[70-85[	[85-95[	[95-100[	100	0,83	2,5	17,5
PMA03C	0-70[	[70-85[	[85-95[	[95-100[	100	0,83	2,5	17,5
PMA05	0-60[	[60-80[	[80-95[	[95-100[	100	0,83	2,5	17,5
PMA06	0-60[	[60-80[	[80-95[	[95-100[	100	0,83	2,5	17,5

Tabela 7.13 – Categorias de desempenho e limiares de indiferença, preferência e veto para a ETE São Sebastião

Indicadores	Categorias de Desempenho - ETE São Sebastião					Limiares Q, P e V		
	MR	R	B	MB	E	Q	P	V
PSP01	>5	]5-3[	[3-1[	[1-0[	0	0,17	0,5	3,5
PSP02	0-60[	[60-80[	[80-95[	[95-100[	100	0,83	2,5	17,5
ANEU01	>50	[50-30[	[30-10[	[10-1[	1	1,67	5	35
ANEU02	0-60[	[60-80[	[80-95[	[95-100[	100	0,83	2,5	17,5
ANEU03	0-60[	[60-80[	[80-95[	[95-100[	100	0,83	2,5	17,5
ANEU04	0-0,2[	[0,2-0,4[	[0,4-0,6[	[0,6-0,8[	[0,8-1	0	0	0
SS02A	0-50[>120	[50-60[]100-120[	[60-70[]95-100]	[70-80[]90-95]	[80-90]	1,67	5	35
SS02B	0-50[>120	[50-60[]100-120[	[60-70[]95-100]	[70-80[]90-95]	[80-90]	1,67	5	35
SS03	0,92	[0,82-0,72[	[0,72-0,63[	[0,63-0,53[	[0,53-0,43	0,016	0,049	0,343
SS05	0-1,5[>5	[1,5-2,0[]5-5,5[	[2,0-2,5[]4,5-5[	[2,5-3,0[]4-4,5]	[3,0-4,0]	0,08	0,25	1,75
SS06	0-60[	[60-80[	[80-95[	[95-100[	100	0,83	2,5	17,5
PDS01	0	]0-20[	[20-40[	[40-80[	[80-100	3,33	10	70
PDS02	0	]0-20[	[20-40[	[40-80[	[80-100	3,33	10	70
PMA01	0,040-0,032[	[0,032-0,025[	[0,025-0,017[	[0,017-0,010[	[0,010-0,002	0,0013	0,0038	0,0266
PMA02	[0-60[	[60-80[	[80-95[	[95-100[	100	0,83	2,5	17,5
PMA03B	0-70[	[70-85[	[85-95[	[95-100[	100	0,83	2,5	17,5
PMA03C	0-70[	[70-85[	[85-95[	[95-100[	100	0,83	2,5	17,5
PMA05	0-60[	[60-80[	[80-95[	[95-100[	100	0,83	2,5	17,5
PMA06	0-60[	[60-80[	[80-95[	[95-100[	100	0,83	2,5	17,5

Os resultados de avaliação das ETEs em cada indicador, apresentados na matriz de avaliação, foram comparados com os limites dos perfis que determinam as categorias de desempenho. Dessa forma, foram determinados os desempenhos individuais das ETEs para cada um dos indicadores, conforme apresenta a Tabela 7.14.

Tabela 7.14 – Desempenhos individuais das ETEs nos indicadores avaliados

Indicadores	COD	Peso	ETE BN	ETE Sam	ETE SSeb
Acidentes de trabalho e doenças profissionais	PSP01	0,683	B	B	B
Testes de qualidade dos esgotos realizados	PSP02	0,764	B	B	MB
Número de reclamações e de sugestões	ANEU01	0,718	MB	MB	MB
Índice de satisfação dos clientes	ANEU02	0,593	B	B	B
Resposta a reclamações e sugestões	ANEU03	0,684	R	R	R
Plano de segurança e emergência	ANEU04	0,424	MR	MR	MR
Capacidade de carga hidráulica	SS02A	0,732	R	R	R
Capacidade de carga orgânica	SS02B		R	MR	MR
Custo de operação e manutenção	SS03	0,779	B	MB	MB
Funcionários trabalhando na ETE	SS05	0,625	B	MR	B
Índice de treinamento de funcionários	SS06	0,715	R	R	R
Reúso de água	PDS01	0,575	MR	MR	MR
Produção de energia	PDS02	0,536	MR	MR	MR
Consumo de energia elétrica na ETE	PMA01	0,778	R	MB	B
Índice de tratamento de esgoto	PMA02	0,765	E	E	E
Eficiência de remoção de DBO	PMA03B	0,771	B	MB	B
Eficiência de remoção de SST	PMA03C		MB	B	MB
Eficiência de remoção de NTK	PMA03D		R	-	-
Eficiência de remoção de PT	PMA03E		MB	-	-
Índice de disposição adequada de lodos de esgotos	PMA05	0,730	E	-	E
Índice de análises do efluente tratado dentro do padrão exigido pela norma	PMA06	0,774	E	B	E

Os resultados da avaliação global bem como a análise de sensibilidade estão apresentados no próxima etapa metodológica.

- Avaliação global empregando o método TOPSIS modificado

A avaliação empregando o método TOPSIS modificado foi realizada de acordo com a sequência apresentada na metodologia e com os fundamentos abordados no capítulo de fundamentação teórica.

Os desempenhos das ETEs em relação aos IDs adotados, bem como os pesos dos indicadores, foram apresentados na matriz de avaliação, conforme exposto na Tabela 7.10. As Tabelas 7.15, 7.16 e 7.17 apresentam as matrizes de avaliação adotadas para a avaliação com o método TOPSIS modificado para as três ETEs avaliadas, contendo os indicadores, por código, os sentidos de avaliação para cada indicador, os pesos, os valores dos limites entre as categorias de desempenho, adotados como alternativas, e os desempenhos das três ETEs em relação aos indicadores.

A partir das matrizes de avaliação foram executados os cálculos descritos na metodologia, utilizando a planilha eletrônica elaborada, sendo gerados os resultados da avaliação.

Tabela 7.15 – Matriz de avaliação da ETE Brasília Norte (BN)

Matriz de Avaliação da ETE BN							
Indicadores	Cre/Dec	Peso	MR-R	R-B	B-MB	MB-E	ETE BN
PSP01	Dec	0,683	5	3	1	0,1	1,61
PSP02	Cre	0,764	60	80	95	99	88,5
ANEU01	Dec	0,718	50	30	10	1	3,91
ANEU02	Cre	0,593	60	80	95	99	89,43
ANEU03	Cre	0,684	60	80	95	99	67,4
ANEU04	Cre	0,424	0,2	0,4	0,6	0,8	0
SS02A	Cre	0,366	50	60	70	80	52,6
SS02B	Dec	0,366	120	100	95	90	106,6
SS03	Dec	0,779	1,29	1,15	1	0,86	1,11
SS05	Cre	0,625	1,5	2	2,5	3	2,09
SS06	Cre	0,715	60	80	95	99	67,1
PDS01	Cre	0,575	1	20	40	80	0
PDS02	Cre	0,536	1	20	40	80	0
PMA01	Dec	0,778	0,73	0,66	0,6	0,53	0,694
PMA02	Cre	0,765	60	80	95	99	100
PMA03B	Cre	0,193	75	90	95	99	93,7
PMA03C	Cre	0,193	75	90	95	99	95,8
PMA03D	Cre	0,193	70	85	95	99	78,3
PMA03E	Cre	0,193	70	85	95	99	95,3
PMA05	Cre	0,730	60	80	95	99	100
PMA06	Cre	0,774	60	80	95	99	99,4

Legenda: MR-R – Limite entre as categorias Muito Ruim e Ruim, R-B – Limite entre as categorias Ruim e Bom, B-MB – Limite entre as categorias Bom e Muito Bom, MB-E – Limite entre as categorias Muito Bom e Excelente, Cre/Dec – Sentido de avaliação Crescente ou Decrescente.

Tabela 7.16 – Matriz de avaliação da ETE Samambaia (Sam)

Matriz de Avaliação da ETE Sam							
Indicadores	Cre/Dec	Peso	MR-R	R-B	B-MB	MB-E	ETE Sam
PSP01	Dec	0,683	5	3	1	0,1	1,61
PSP02	Cre	0,764	60	80	95	99	84,8
ANEU01	Dec	0,718	50	30	10	1	3,91
ANEU02	Cre	0,593	60	80	95	99	89,43
ANEU03	Cre	0,684	60	80	95	99	67,4
ANEU04	Cre	0,424	0,2	0,4	0,6	0,8	0
SS02A	Dec	0,366	120	100	95	90	110,9
SS02B	Dec	0,366	120	100	95	90	145
SS03	Dec	0,779	0,78	0,66	0,53	0,41	0,49
SS05	Cres	0,625	1,5	2	2,5	3	1,1
SS06	Cres	0,715	60	80	95	99	67,10
PDS01	Cre	0,575	1	20	40	80	0
PDS02	Cre	0,536	1	20	40	80	0
PMA01	Dec	0,778	0,089	0,068	0,047	0,026	0,033
PMA02	Cre	0,765	60	80	95	99	100
PMA03B	Cre	0,386	70	85	95	99	97,1
PMA03C	Cre	0,386	70	85	95	99	92,1
PMA06	Dec	0,774	60	80	95	99	79,8

Tabela 7.17 – Matriz de avaliação da ETE São Sebastião (SSeb)

Matriz de Avaliação da ETE SSeb							
Indicadores	Cre/Dec	Peso	MR-R	R-B	B-MB	MB-E	ETE SSeb
PSP01	Dec	0,683	5	3	1	0,1	1,61
PSP02	Cre	0,764	60	80	95	99	95,8
ANEU01	Dec	0,718	50	30	10	1	3,91
ANEU02	Cre	0,593	60	80	95	99	89,43
ANEU03	Cre	0,684	60	80	95	99	67,4
ANEU04	Cre	0,424	0,2	0,4	0,6	0,8	0
SS02A	Cre	0,366	50	60	70	80	54,8
SS02B	Dec	0,366	120	100	95	90	131,9
SS03	Dec	0,779	0,82	0,72	0,63	0,53	0,58
SS05	Cre	0,625	1,5	2	2,5	3	2,08
SS06	Cre	0,715	60	80	95	99	67,10
PDS01	Cre	0,575	1	20	40	80	0
PDS02	Cre	0,536	1	20	40	80	0
PMA01	Dec	0,778	0,032	0,025	0,017	0,01	0,021
PMA02	Cre	0,765	60	80	95	99	100
PMA03B	Cre	0,386	70	85	95	99	92,3
PMA03C	Cre	0,386	70	85	95	99	97,3
PMA05	Cre	0,730	60	80	95	99	100
PMA06	Cre	0,774	60	80	95	99	100

18ª Etapa: resultados da avaliação e análise de sensibilidade.

- Método ELECTRE TRI

Tabela 7.18 – Resultados da avaliação empregando o método ELECTRE TRI

ETE Avaliada	Avaliação		Relação dos Limiares			Nível de corte (λ)
	Pessimista	Otimista	Q	P	V	
ETE BN	R	B	P/3	I/2	7*P	0,5
	B	B	P/3	I/2	10*P	0,5
	B	B	P/3	I/2	SV	0,5
	R	B	P/3	I/2	7*P	0,6
	B	B	P/3	I/2	10*P	0,6
	B	B	P/3	I/2	SV	0,6
	R	MB	P/3	I/2	7*P	0,76
	R	MB	P/3	I/2	10*P	0,76
	R	MB	P/3	I/2	SV	0,76
	R	MB	P/3	I/2	7*P	0,9
	R	MB	P/3	I/2	10*P	0,9
	R	MB	P/3	I/2	SV	0,9
	MR	E	P/3	I/2	7*P	1,0
	MR	E	P/3	I/2	10*P	1,0
	MR	E	P/3	I/2	SV	1,0
ETE Sam	R	B	P/3	I/2	7*P	0,5
	R	B	P/3	I/2	10*P	0,5
	B	B	P/3	I/2	SV	0,5
	R	B	P/3	I/2	7*P	0,6
	R	B	P/3	I/2	10*P	0,6
	B	B	P/3	I/2	SV	0,6
	R	MB	P/3	I/2	7*P	0,76
	R	MB	P/3	I/2	10*P	0,76
	R	MB	P/3	I/2	SV	0,76
	MR	MB	P/3	I/2	7*P	0,9
	MR	MB	P/3	I/2	10*P	0,9
	MR	MB	P/3	I/2	SV	0,9
	MR	E	P/3	I/2	7*P	1,0
	MR	E	P/3	I/2	10*P	1,0
	MR	E	P/3	I/2	SV	1,0
ETE SSeb	R	B	P/3	I/2	7*P	0,5
	R	B	P/3	I/2	10*P	0,5
	B	B	P/3	I/2	SV	0,5
	R	B	P/3	I/2	7*P	0,6
	R	B	P/3	I/2	10*P	0,6
	B	B	P/3	I/2	SV	0,6
	R	MB	P/3	I/2	7*P	0,76
	R	MB	P/3	I/2	10*P	0,76
	R	MB	P/3	I/2	SV	0,76
	R	MB	P/3	I/2	7*P	0,9
	R	MB	P/3	I/2	10*P	0,9
	R	MB	P/3	I/2	SV	0,9
	MR	E	P/3	I/2	7*P	1,0
	MR	E	P/3	I/2	10*P	1,0
	MR	E	P/3	I/2	SV	1,0

Legenda: Q - Indiferença, P - Preferência, V - Veto, SV – Sem Veto, I - Menor intervalo entre as categorias, BN - Brasília Norte, Sam - Samambaia, SSeb - São Sebastião, MR - Muito ruim, R - Ruim, B - Bom, MB - Muito bom, E - Excelente.

A Tabela 7.18 apresenta os resultados da avaliação das ETEs empregando o método ELECTRE TRI.

Utilizando o método ELECTRE TRI, a partir da análise de sensibilidade, percebeu-se uma forte influência dos parâmetros nos resultados obtidos neste estudo de caso. Dependendo dos valores adotados e sem uma análise adequada do método, as ETEs poderiam ter seus desempenhos classificados em qualquer das cinco categorias, MR até E.

O parâmetro que teve maior influência nos resultados obtidos com o método ELECTRE TRI foi o nível de corte, λ . À medida que seu valor variava, mesmo mantendo constantes os outros parâmetros, os resultados eram alterados. Citando como exemplo a avaliação da ETE BN e considerando os parâmetros Q, P e V fixos, com $Q = P/3$, $P = I/2$ e $V = 10*P$, à medida que o nível de corte variava os resultados também eram alterados.

O limiar de veto também influenciou os resultados, porém isso só ocorreu para níveis de corte com valores baixos (0,5 e 0,6). Para outros valores do nível de corte, o veto não gerou alterações.

A influência maior do nível de corte nos resultados ocorre pelo fato das relações de preferência, entre a alternativa e os perfis de referência, serem constituídas a partir da comparação do índice de credibilidade calculado com o nível de corte, conforme apresentado na fundamentação teórica.

Quando se adotam níveis de corte com valores maiores (mais próximos de 1,0), há uma tendência de haver incomparabilidade entre as relações, como pode ser notado no diagrama da Figura 3.4. Assim, podem ocorrer relações de incomparabilidade entre a alternativa analisada e os perfis de referência, principalmente os que tem valores mais próximos da alternativa. Quando o nível de corte apresenta valores mais baixos (mais próximos de 0,5) existe uma tendência para ocorrerem relações de indiferença entre a alternativa e os perfis mais próximos, o que também pode ser observado no diagrama da Figura 3.4. Devido aos fatores apresentados, o aplicativo ELECTRE TRI do laboratório LAMSADE adota como nível de corte padrão o valor 0,76, intermediário entre a faixa adotada para esse parâmetro (0,5 e 1,0).

No presente estudo de caso, quando o nível de corte assumiu valores mais baixos, as relações de preferência foram estabelecidas sem que ocorressem indiferenças. Isso justifica o fato de haver diferenças menores entre as classificações otimista e pessimista para valores de corte menores. Já para valores de corte maiores (mais próximos de 1,0) ocorreram relações de incomparabilidade entre a alternativa e os perfis de referência intermediários, o que gerou a impossibilidade de classificação nas categorias intermediárias, ocorrendo uma distorção nos resultados e uma diferença maior entre a classificação pessimista e otimista.

Quanto aos tipos de classificação, otimista ou pessimista, pode-se observar que, quanto maior o valor do nível de corte, maior é o rigor da classificação pessimista e menor o rigor da otimista. Isto também ocorre devido às distorções geradas pelas relações de incomparabilidade nos níveis de corte maiores. Esse fato reforça a ideia de desconsiderar valores de níveis de corte mais elevados para este trabalho.

Considerando níveis de corte intermediários, as três ETEs atingiram padrão R na classificação pessimista e MB na classificação otimista. Considerando níveis de corte mais próximos do valor mínimo, os resultados apresentaram menor desvio entre a classificação pessimista e otimista. Nessa condição, os resultados das ETEs convergiram para a categoria de desempenho R, considerando a classificação pessimista e B, considerando a otimista. Quando o valor do veto aumentava ou era desconsiderado, também para os valores de corte mais baixos, a classificação convergiu para a categoria B considerando tanto a classificação pessimista quanto a otimista. Essa faixa, que apresentou resultados convergentes, foi a adotada neste trabalho.

Assim, empregando o método ELECTRE TRI, as ETEs foram classificadas na categoria de desempenho B, já que os resultados, tanto otimista quanto pessimista, convergiram para essa classe na avaliação das três ETEs.

- Método TOPSIS modificado

Após proceder os cálculos do método, conforme descritos na fundamentação teórica e metodologia, foram geradas as soluções apresentadas na Tabela 7.19.

Tabela 7.19 – Resultados da avaliação empregando o método TOPSIS modificado

Resultados da avaliação da ETE BN (ordem decrescente de importância)						
Ordem	$C_{s=1}$	Alternativa	$C_{s=2}$	Alternativa	$C_{s=inf}$	Alternativa
1	0,9961	MB-E	0,9899	MB-E	0,9943	MB-E
2	0,7845	B-MB	0,7650	B-MB	0,8668	ETE BN
3	0,5264	ETE BN	0,5329	ETE BN	0,8635	B-MB
4	0,4427	R-B	0,4395	R-B	0,8390	R-B
5	0,0103	MR-R	0,0378	MR-R	0,6014	MR-R
Resultados da avaliação da ETE Sam (ordem decrescente de importância)						
Ordem	$C_{s=1}$	Alternativa	$C_{s=2}$	Alternativa	$C_{s=inf}$	Alternativa
1	0,9982	MB-E	0,9928	MB-E	0,9943	MB-E
2	0,7936	B-MB	0,7709	B-MB	0,8849	R-B
3	0,5099	ETE Sam	0,5281	ETE Sam	0,8796	ETE Sam
4	0,4585	R-B	0,4512	R-B	0,8650	B-MB
5	0,0383	MR-R	0,0839	MR-R	0,7412	MR-R
Resultados da avaliação da ETE SSeb (ordem decrescente de importância)						
Ordem	$C_{s=1}$	Alternativa	$C_{s=2}$	Alternativa	$C_{s=inf}$	Alternativa
1	0,9951	MB-E	0,9882	MB-E	0,9943	MB-E
2	0,7869	B-MB	0,7678	B-MB	0,8724	ETE SSeb
3	0,5855	ETE SSeb	0,5806	ETE SSeb	0,8635	B-MB
4	0,4408	R-B	0,4402	R-B	0,8570	R-B
5	0,0192	MR-R	0,0518	MR-R	0,6416	MR-R

Legenda: $C_{s=1,2 \text{ ou } inf}$ – Coeficiente de similaridade para s igual a 1, 2 ou inf (= infinito).

Nos resultados apresentados na Tabela 7.19 foram considerados os três valores de S . A avaliação da ETE Sam não apresentou variação nos desempenhos em função dos valores de S , para os três valores a ETE Sam teve desempenho superior ao limite R/B e inferior ao limite B/MB. Portanto, o parâmetro S não influencia os resultados de avaliação da ETE Sam. Assim, essa ETE foi classificada na categoria B, já que supera o limite entre as categorias R e B e não supera o limite entre as categorias B e MB.

No caso das ETEs BN e SSeb, para $S = 1$ e $S = 2$ os desempenhos foram superiores ao limite R/B e inferiores ao limite B/MB. Quando S assumiu o valor infinito a ETE teve desempenho superior ao limite B/MB e inferior ao limite MB/E. Neste caso, adotaram-se os valores de $S=1$ e $S=2$, por valorizarem os resultados mais equilibrados e não os desvios

máximos. A Figura 7.14 apresenta um gráfico que ilustra os desempenhos das três ETES em relação aos limites das categorias, considerando $S=1$ e $S=2$.

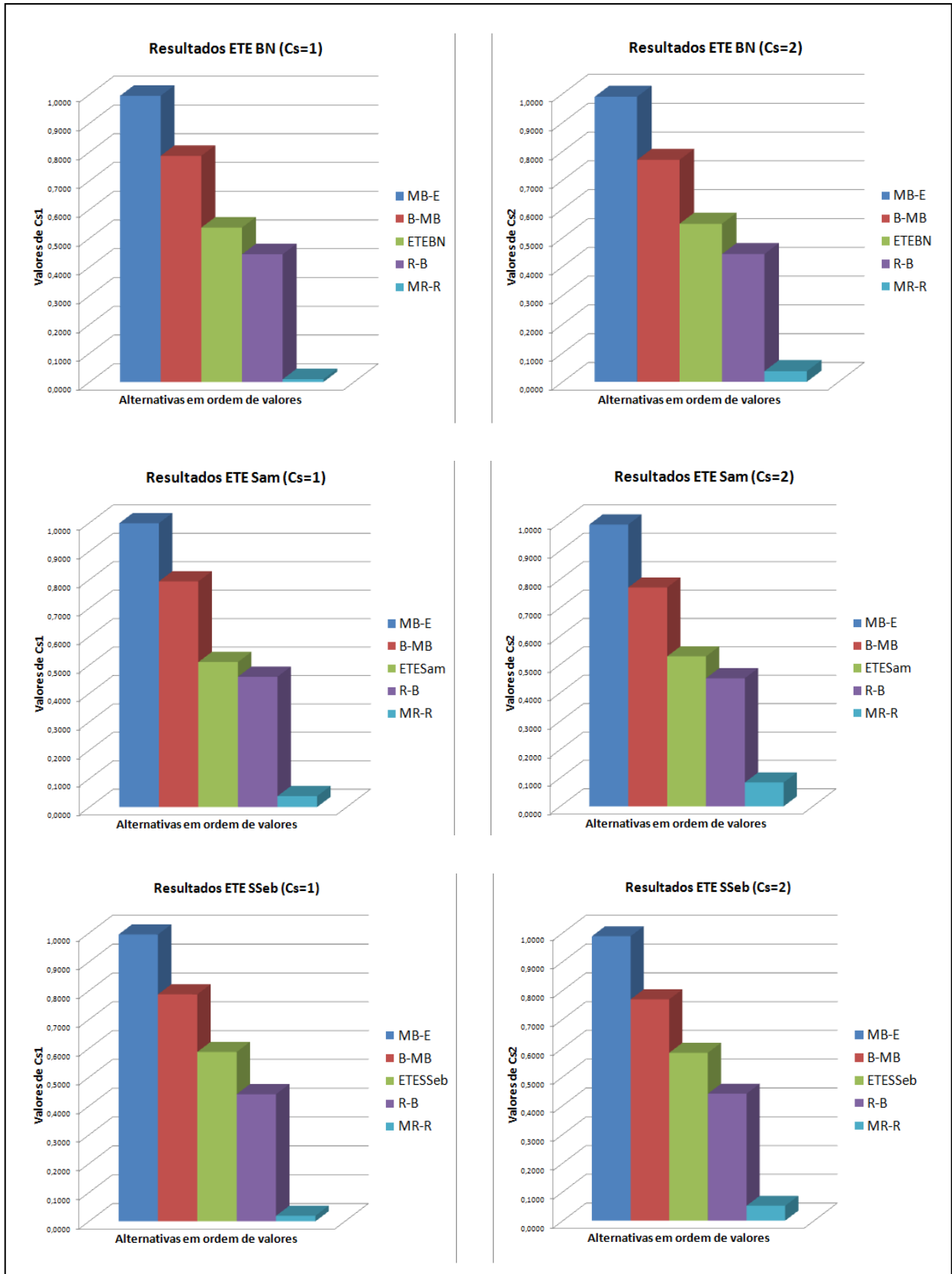


Figura 7.14 – Resultados da avaliação com o método TOPSIS adaptado

Assim, as ETEs BN e SSeb também tiveram seus desempenhos classificados na categoria B, por superar o limite entre as categorias R e B e não superar o limite entre as categorias B e MB.

- Resultado final da avaliação

As Tabelas 7.20, 7.21 e 7.22 apresentam os resultados finais da avaliação das ETEs empregando os métodos ELECTRE TRI e TOPSIS modificado. As tabelas indicam os desempenhos parciais, referentes ao conjunto de objetivos selecionados para a avaliação, e os desempenhos globais das ETEs.

Tabela 7.20 – Desempenhos parciais e global da ETE Brasília Norte

MÉTODO ELECTRE TRI		
Objetivo avaliado	Desempenho parcial	Desempenho global
Proteção da saúde pública (PSP)	Bom	BOM
Atendimento das necessidades e expectativas dos usuários (ANEU)	Bom	
Prestação dos serviços em situações normais e de emergência (PSSNE)	-	
Sustentabilidade do serviços (SS)	Ruim	
Promoção do desenvolvimento sustentável (PDS)	Muito Ruim	
Proteção do meio ambiente (PMA)	Muito Bom	
MÉTODO TOPSIS modificado		
Objetivo avaliado	Desempenho parcial	Desempenho global
Proteção da saúde pública (PSP)	Bom	BOM
Atendimento das necessidades e expectativas dos usuários (ANEU)	Bom	
Prestação dos serviços em situações normais e de emergência (PSSNE)	-	
Sustentabilidade do serviços (SS)	Ruim	
Promoção do desenvolvimento sustentável (PDS)	Muito Ruim	
Proteção do meio ambiente (PMA)	Bom	

Tabela 7.21 – Desempenhos parciais e global da ETE Samambaia

MÉTODO ELECTRE TRI		
Objetivo avaliado	Desempenho parcial	Desempenho global
Proteção da saúde pública (PSP)	Bom	BOM
Atendimento das necessidades e expectativas dos usuários (ANEU)	Bom	
Prestação dos serviços em situações normais e de emergência (PSSNE)	-	
Sustentabilidade do serviços (SS)	Ruim	
Promoção do desenvolvimento sustentável (PDS)	Muito Ruim	
Proteção do meio ambiente (PMA)	Muito Bom	
MÉTODO TOPSIS modificado		
Objetivo avaliado	Desempenho parcial	Desempenho global
Proteção da saúde pública (PSP)	Bom	BOM
Atendimento das necessidades e expectativas dos usuários (ANEU)	Bom	
Prestação dos serviços em situações normais e de emergência (PSSNE)	-	
Sustentabilidade do serviços (SS)	Ruim	
Promoção do desenvolvimento sustentável (PDS)	Muito Ruim	
Proteção do meio ambiente (PMA)	Bom	

Tabela 7.22 – Desempenhos parciais e global da ETE São Sebastião

MÉTODO ELECTRE TRI		
Objetivo avaliado	Desempenho parcial	Desempenho global
Proteção da saúde pública (PSP)	Bom	BOM
Atendimento das necessidades e expectativas dos usuários (ANEU)	Bom	
Prestação dos serviços em situações normais e de emergência (PSSNE)	-	
Sustentabilidade do serviços (SS)	Ruim	
Promoção do desenvolvimento sustentável (PDS)	Muito Ruim	
Proteção do meio ambiente (PMA)	Muito Bom	
MÉTODO TOPSIS modificado		
Objetivo avaliado	Desempenho parcial	Desempenho global
Proteção da saúde pública (PSP)	Bom	BOM
Atendimento das necessidades e expectativas dos usuários (ANEU)	Bom	
Prestação dos serviços em situações normais e de emergência (PSSNE)	-	
Sustentabilidade do serviços (SS)	Bom	
Promoção do desenvolvimento sustentável (PDS)	Muito Ruim	
Proteção do meio ambiente (PMA)	Bom	

7.3 - ANÁLISE DOS RESULTADOS

Os resultados da 1ª fase deste trabalho, que visava pré-selecionar e avaliar os indicadores de desempenho que seriam empregados na avaliação das ETEs, apresentaram coerência com o trabalho de von Sperling (2010), que também teve como objetivo selecionar e avaliar um conjunto de indicadores na área de esgotamento sanitário. A seleção dos indicadores baseou-se num amplo levantamento junto à entidades e organizações nacionais e internacionais da área de saneamento. O levantamento realizado em diferentes entidades e organizações foi fundamental em ambos os trabalhos para que a seleção fosse o mais abrangente possível e pudesse contemplar as diferentes situações de contexto em que estão inseridas as estações. No trabalho de von Sperling foram levantados 699 indicadores relacionados aos serviços de saneamento. Neste trabalho, esse número foi ampliado para 780 indicadores, sendo elaborados três, “plano de segurança e emergência”, “índice de execução de plano de manutenção dos equipamentos” e “índice de disponibilidade de equipamentos”, não utilizados nas entidades pesquisadas. Ambos os trabalhos utilizaram a opinião de atores para subsidiar a avaliação dos indicadores mais adequados para a avaliação, gerando resultados mais confiáveis.

Como resultado da seleção de indicadores, no trabalho de von Sperling (2010), foram gerados 49 indicadores de desempenho para avaliação do sistema de esgotamento sanitário. No presente trabalho, para avaliar ETEs, propôs-se um conjunto de 22 indicadores, mas concentrados apenas em tratamento de esgotos. Esse número reduzido condiz com o contexto da avaliação, já que a ETE é um dos componentes do sistema de esgotamento. Além disso, os sistemas atuais de avaliação e as recomendações normativas propõem conjuntos de indicadores mais reduzidos para que a avaliação seja realizada com maior agilidade e permita maior clareza na interpretação dos resultados. Porém, o número de indicadores não deve ser reduzido demasiadamente, pois pode gerar a perda da abrangência da avaliação.

O emprego do método AHP com ratings reduziu significativamente o número de julgamentos necessários para realizar a avaliação dos indicadores pré-selecionados. Considerando apenas os julgamentos dos indicadores em relação a cada um dos sete critérios, seriam necessários 8.925 julgamentos empregando o método tradicional, o que tornaria a avaliação impraticável. Porém, empregando o método AHP com ratings, foram

necessários 367 julgamentos. O método proporcionou, ainda, a hierarquização dos indicadores, quantificando seus desempenhos e facilitando o processo de escolha de um conjunto mais reduzido para ser empregado na avaliação das ETEs.

Para os cálculos empregando o método ELECTRE TRI, foram adotados valores de corte mais próximos do limite mínimo, entre 0,5 e 0,7, já que, na análise de sensibilidade, verificou-se que, nessa faixa de valor, os resultados são mais consistentes, promovendo a convergência entre a classificação otimista e pessimista e eliminando incomparabilidades e indiferenças. Para os cálculos com o método TOPSIS modificado, foram utilizados os valores 1 e 2 para o parâmetro S, já que apresentaram resultados mais equilibrados e também apresentaram convergência nos resultados.

Os resultados finais dos dois métodos empregados para a classificação convergiram quanto ao desempenho global, levando as três ETEs a serem classificadas na categoria B. Isso demonstra consistência nos resultados apresentados, pois apesar dos métodos empregarem regras de cálculo distintas, ambos apontaram para a mesma classificação.

Os desempenhos parciais, referentes aos objetivos da avaliação, também apresentaram convergência nos dois métodos empregados, havendo um pequeno desvio no objetivo “proteção do meio ambiente”, na avaliação das três ETEs, tendo sido classificado na categoria B no método TOPSIS modificado e na categoria MB no método ELECTRE TRI. Porém, os valores dos desempenhos das ETEs, obtidos no método TOPSIS e referentes aos indicadores que medem esse objetivo, são bem próximos do valor limite entre as categorias B e MB, o que demonstra a proximidade dos resultados. Houve, ainda, um pequeno desvio somente na avaliação da ETE São Sebastião quanto ao objetivo “sustentabilidade do serviço”, tendo sido classificado na categoria B empregando o método TOPSIS modificado e R no método ELECTRE TRI. Do mesmo modo, analisando o valor do desempenho medido na avaliação desse objetivo no método TOPSIS, verificou-se que o valor se aproxima do limite entre as categorias R e B, o que justifica a ocorrência das duas alocações nesse caso.

O resultado da avaliação global da ETE Brasília Norte neste trabalho pode ser considerado similar ao apresentado no trabalho de Brostel (2002), que também avaliou a ETE BN empregando o método ELECTRE TRI, apesar dos critérios adotados e da classificação

final terem sido um pouco distintos. Brostel (2002), estabeleceu cinco níveis de desempenho (excelente, bom, médio, baixo e muito baixo). A grande maioria dos critérios, 15 dos 18, tiveram o desempenho medido numa escala de 0 a 100 unidades, com limites estabelecidos de forma equitativa, variando a cada 20 unidades. No trabalho de Brostel a ETE BN foi classificada na categoria B, segundo nível de desempenho estabelecido naquele trabalho, referente à faixa de 60 a 80 unidades.

No presente trabalho, a ETE BN foi classificada na categoria B, porém, como as classes adotadas (excelente, muito bom, bom, ruim e muito ruim) são distintas da adotada no trabalho de Brostel, o nível B atingido não se equivale nas duas classificações, sendo enquadrado no terceiro nível de desempenho neste trabalho e no segundo nível de desempenho no trabalho de Brostel. Isso ocorreu devido às diferentes formas de medir os níveis de desempenho. Neste trabalho, adotou-se estabelecer níveis flexíveis de desempenho, permitindo que os níveis variassem de acordo com as características de cada indicador, o que permite maior flexibilidade na avaliação e que os níveis de desempenho sejam coerentes com as peculiaridades presentes em cada indicador.

Os resultados atingidos também foram coerentes com a avaliação a que se procedeu no trabalho de Barros (2012), que realizou um estudo de caso para as mesmas estações do presente trabalho, porém com uma metodologia distinta. No trabalho de Barros foi empregado o método estatístico descritivo para avaliar as estações em relação a um sistema de indicadores selecionados. No estudo de caso de Barros foram utilizados 28 indicadores referentes a quatro objetivos de avaliação, “proteção dos corpos d’água”, “sustentabilidade ambiental”, “sustentabilidade da infraestrutura” e “sustentabilidade econômica”.

O presente trabalho e o de Barros (2012), apresentaram uma metodologia flexível, no sentido de ser possível utilizar grupos de indicadores específicos para a avaliação das ETEs, em função do processo de tratamento e das informações de contexto. Os objetivos de avaliação também foram próximos, já que foram balizados pelas normas ISO 24500, que apresentam diretrizes para a avaliação de sistemas de saneamento. Uma das distinções entre os trabalhos refere-se às perspectivas de avaliação, já que Barros (2012) teve como foco a perspectiva do órgão regulador, e, neste trabalho, buscou-se empregar as perspectivas do órgão regulador, do prestador de serviços, dos usuários e dos especialistas, conforme proposto no método BSC, que avalia sistemas a partir do balanceamento de

diferentes perspectivas. Outra distinção refere-se à metodologia de avaliação. Neste trabalho, foram empregados métodos multiobjetivo para gerar a classificação global das ETEs em função dos resultados obtidos com o sistema de indicadores escolhidos, sendo realizadas avaliações parciais, referentes a cada um dos indicadores e objetivos, e a avaliação global, realizada com a adoção de todo conjunto de indicadores para gerar um resultado global da ETE. No trabalho de Barros (2012), foi utilizada a estatística descritiva para avaliar os desempenhos das ETEs referentes a cada indicador proposto, tendo sido proposto para trabalhos futuros o desenvolvimento de um método de classificação da ETE em função dos resultados do conjunto de indicadores.

8 - CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

8.1 - CONCLUSÕES

Propôs-se neste trabalho o desenvolvimento de uma metodologia de avaliação de desempenho operacional de ETEs que se adequasse às diversas situações de contexto. Para tal, foram empregados indicadores de desempenho e métodos multiobjetivo.

A metodologia desenvolvida mostrou-se adequada à avaliação de qualquer tipo e porte de ETE, já que é flexível, levando em consideração as particularidades dos sistemas de tratamento avaliados e as situações de contexto. Isso foi evidenciado na adoção de perfis de desempenho flexíveis para definição das categorias de avaliação das ETEs.

A adoção de indicadores de desempenho como instrumento de avaliação vai ao encontro dos sistemas adotados pelas principais entidades de saneamento, permitindo maior agilidade e simplicidade na avaliação e a geração de dados para monitoramento do desempenho ao longo do tempo.

A revisão bibliográfica proporcionou o levantamento de 780 indicadores de desempenho com potencial aplicação na avaliação de ETEs. Os indicadores foram levantados em 19 entidades, sendo quatro nacionais e 15 internacionais, todas da área de saneamento. Porém, muitos não tinham aplicação direta na avaliação de ETEs e apresentavam redundância ou recorrência. Dessa forma, foi realizada uma triagem para pré-selecionar os indicadores. Essa etapa foi fundamental para posterior aplicação dos métodos multiobjetivo, pois um sistema de avaliação deve conter um número reduzido de indicadores para ter maior viabilidade e aplicabilidade.

Demonstrou-se apropriada a utilização de métodos de análise multiobjetivo para seleção dos indicadores e para classificar o desempenho das ETEs. Além do emprego direto na seleção e avaliação dos indicadores e na avaliação das ETEs, esses métodos foram fundamentais na estruturação do problema.

Foram empregados três métodos multiobjetivo no trabalho. O método AHP com *ratings*, utilizado na avaliação dos indicadores de desempenho pré-selecionados, e os métodos ELECTRE TRI e TOPSIS modificado, empregados na avaliação das ETEs.

O método AHP com *ratings* foi utilizado por possibilitar a avaliação e hierarquização dos indicadores. Dessa forma, foi possível elencar os indicadores de desempenho pré-selecionados em ordem de importância e avaliar seus pesos. Esse método apresentou como vantagem a redução do número necessário de avaliações em relação ao método AHP tradicional. Como 51 indicadores foram avaliados, a aplicação do método AHP tradicional seria inviável, sendo necessários 8.925 julgamentos para a avaliação. Empregando o método AHP com *ratings* essa quantidade foi muito inferior, sendo necessários para a avaliação dos indicadores 367 julgamentos.

Os métodos ELECTRE TRI e TOPSIS modificado foram empregados por possibilitarem a alocação das ETEs em categorias de desempenho. Os dois métodos mostraram-se apropriados para essa tarefa, cada um com suas vantagens e desvantagens.

O método ELECTRE TRI demonstrou, como vantagem principal, maior flexibilidade na avaliação. Isso ocorreu porque ele possui diversos parâmetros que podem ser ajustados de acordo com os objetivos da avaliação. Quando é necessária uma avaliação mais rígida, pode ser empregada a classificação pessimista do método, por outro lado, adotando-se a classificação otimista, a avaliação se torna mais branda. Os parâmetros de limites de preferência, indiferença e veto também permitem ajustar a avaliação de acordo com os objetivos a alcançar. Como desvantagem, pode-se considerar a possível distorção dos resultados se os parâmetros não forem adequadamente ajustados ou interpretados.

O método TOPSIS modificado apresentou como vantagem principal a possibilidade de quantificar o desempenho das ETEs em relação aos limites das categorias adotadas. Isso permitiu a identificação gráfica dos valores finais da avaliação e a identificação dos melhores desempenhos, mesmo quando alocados em categorias semelhantes. Essa situação ocorreu no estudo de caso deste trabalho, pois todas as ETEs foram classificadas na mesma categoria, sendo possível perceber que a ETE SSeb se afastou mais do limite entre as categorias R e B do que as demais. Além disso, os resultados numéricos quantificam a proximidade da solução ideal positiva, quando o valor está mais próximo de um, e da

solução ideal negativa, quando o valor está mais próximo do zero. Se o valor numérico for transformado para percentual vai representar o quão próximo está da solução ideal positiva.

A aplicação dos princípios do método BSC possibilitou inserir na avaliação dos indicadores as diferentes perspectivas dos atores integrantes do contexto das ETEs, gerando maior credibilidade aos resultados. O programa *Lime Survey* foi empregado na sua elaboração e administração, gerenciando todas as fases de execução na rede mundial de computadores. O uso desse programa facilitou o gerenciamento dos dados, gerando estatísticas, tramitando mensagens eletrônicas automaticamente, enviando convites e lembretes e possibilitando filtrar as respostas por qualquer das variáveis inseridas, como nome, tipo de resposta, tempo de resposta, dentre outras. Assim, esse programa foi fundamental para a realização da consulta, reduzindo significativamente o esforço demandado no seu gerenciamento e possibilitando resultados mais confiáveis com as ferramentas de seleção e controle.

Quatro perspectivas foram consideradas para compor o grupo de atores integrantes do contexto das ETEs, a do prestador de serviços, a do regulador dos serviços, a dos usuários e a de um grupo de especialistas. O grupo de usuários, porém, não foi considerado nos resultados, tendo em vista a baixa representatividade e participação na consulta. Isso ocorreu devido ao menor grau de conhecimento técnico desse grupo em relação aos indicadores apresentados, o que desestimulou sua participação. Por outro lado, os especialistas tiveram maior participação na 1ª rodada, com 60% de adesão, e os reguladores e prestadores tiveram maior participação na 2ª rodada, com 100% de adesão. A partir dos julgamentos dos indicadores por parte dos atores, foi realizada a avaliação dos 51 indicadores pré-selecionados, empregando o método AHP com *ratings*.

Os objetivos e critérios empregados na avaliação das ETEs foram escolhidos com amparo na perspectiva normativa, sendo adotados os presentes na série de normas ISO 24500, por ser o modelo aplicado internacionalmente e por contemplar uma avaliação multifocal, mesma abordagem utilizada nos métodos multiobjetivo.

Foi proposto um grupo de 6 objetivos e 22 critérios de avaliação. A partir desses critérios foram escolhidos 22 indicadores, de forma a selecionar o número mínimo possível para a

avaliação. Os indicadores escolhidos foram retirados do banco de 51 indicadores pré-selecionados e avaliados na 1ª fase do trabalho ou elaborados, quando inexistentes nesse banco inicial. Alguns indicadores foram desmembrados de forma a permitir uma avaliação mais específica. Isso ocorreu com o indicador “utilização das estações de tratamento”, sendo avaliado pela “capacidade de carga hidráulica” e “capacidade de carga orgânica” e o indicador “eficiência de remoção”, sendo avaliadas as “eficiências de remoção de DBO”, “SST”, “NTK” e “PT”, podendo variar conforme as informações de contexto. Nesses casos, o peso do indicador desmembrado foi dividido para evitar uma supervalorização desses indicadores.

A possibilidade de variação dos indicadores empregados, respeitando as condições de contexto, proporcionou uma avaliação mais flexível, que pode ser aplicada a diferentes cenários. Quando se cria um grupo fixo, corre-se o risco de utilizar um indicador que não se aplica à ETE analisada ou de não utilizar um indicador condizente àquela estação. Desse modo, a avaliação com um grupo flexível de indicadores é mais adequada por abranger situações de contexto distintas. Esse conceito também está presente na série ISO 24500, que não adota um grupo fixo de indicadores.

Além da flexibilidade quanto ao número de indicadores adotados, a avaliação também foi caracterizada pela variação dos perfis de desempenho, sendo ajustados dependendo da ETE avaliada. Como exemplo, para o indicador “eficiência de remoção de DBO” foram adotados os padrões de eficiência do programa PRODES, que determina para ETES classificadas nas classes F, G, H e I a eficiência de remoção de 90%; para as classes D e E 85%; para a classe C 75%; para a classe B 60%; e para a classe A 30% de eficiência requerida.

A metodologia descrita neste trabalho foi aplicada em um estudo de caso, sendo realizada a avaliação de três ETES com portes e sistemas de tratamento diferenciados, assim, a flexibilidade da avaliação pôde ser verificada. Como era previsto, alguns indicadores não se aplicaram à avaliação das três ETES selecionadas, como exemplo, cita-se o indicador “eficiência de remoção de PT”, aplicado apenas na avaliação da ETE BN.

Em alguns casos, embora os indicadores fossem aplicáveis a todas as estações, os níveis de desempenho foram diferenciados, tendo em vista as distinções entre os sistemas de

tratamento, porte e locais de despejo dos efluentes, que refletem no nível de tratamento requerido. Como exemplo, cita-se o indicador “consumo de energia elétrica”. Dependendo da ETE avaliada, os níveis de consumo de energia variam muito, não devendo refletir diretamente no desempenho da estação. Uma ETE que possui sistemas mecanizados de tratamento, que exigem mais consumo de energia, não deveria ser penalizada em detrimento de outra que dispõe de sistemas naturais, como lagoas. Para esse tipo de indicador buscou-se realizar a avaliação balizando-se no desempenho histórico da própria estação, estabelecendo-se metas criteriosamente mensuradas nas categorias de desempenho.

O método de avaliação aplicado neste trabalho demonstrou ser eficiente para verificar os pontos fracos e fortes das estações. O método pode ser utilizado como ferramenta de melhoria de desempenho, por meio da análise dos resultados e do estabelecimento de metas. A associação dos dois métodos ELECTRE TRI e TOPSIS modificado mostrou-se muito eficaz, pois permite, com a flexibilidade do primeiro, avaliar a ETE considerando níveis distintos de rigidez e, com a quantificação do segundo, analisar com mais precisão a posição das ETEs em relação às categorias de desempenho determinadas. Os 51 indicadores selecionados e avaliados podem ser empregados como um banco disponível para a avaliação de ETEs em diferentes contextos de avaliação, dependendo dos objetivos e critérios escolhidos.

8.2 - RECOMENDAÇÕES

Algumas recomendações são necessárias para que em trabalhos futuros, ou na aplicação da metodologia desenvolvida, sejam contemplados outros caminhos metodológicos possíveis e seja aprimorada a execução de algumas etapas e obtido o refinamento dos resultados. A seguir estão apresentadas as recomendações consideradas mais importantes.

- Avaliação de resultados

De acordo com os resultados apresentados, alguns indicadores tiveram forte influência no desempenho global de cada ETE estudada, tendo em vista o fraco desempenho constatado para esses indicadores. Enquadram-se nesse comportamento os indicadores “plano de segurança e emergência”, “utilização de estações de tratamento (capacidade de carga

hidráulica e orgânica)”, “índice de treinamento de funcionários”, “reúso de água” e “produção de energia”. Diversos fatores podem ter motivado esses baixos desempenhos, como o nível de exigência adotado nas categorias de desempenho, falta de recursos para implantação de algumas medidas, falta de treinamento de pessoal, tendo em vista ser este um dos indicadores que apresentou baixos resultados, o ineditismo de alguns indicadores, como “plano de segurança e emergência”, já que foram elaborados neste trabalho, com base nos requisitos da série normativa ABNT NBR ISO 24500, em vigor a partir de janeiro de 2013, dentre outros. Recomenda-se uma melhor avaliação desses indicadores por parte dos prestadores de serviço para que o desempenho global alcance categorias mais elevadas.

- Categorias de desempenho

Recomenda-se realizar um estudo mais profundo a respeito das categorias de desempenho utilizadas na avaliação dos indicadores. A realização de *benchmarkings* e uma consulta aos atores podem ser realizadas nesse estudo. O estabelecimento das categorias de desempenho tem influência direta nos resultados da avaliação, sendo uma das etapas mais subjetivas e complexas da metodologia de avaliação elaborada neste trabalho. Assim, para que o método desenvolvido neste trabalho seja aplicado, as categorias de desempenho devem ser analisadas de acordo com as informações de contexto presentes na avaliação e com os interesses dos atores envolvidos no processo de avaliação. Uma outra possibilidade para estabelecer as categorias de desempenho seria consultar os atores envolvidos e avaliar qualitativamente o desempenho global de cada uma das ETEs e o desempenho parcial das ETEs em relação a cada indicador. Com esses dados pode-se trabalhar na lógica reversa para produzir as escalas de desempenho, fazendo simulações com os dados e resultados de ETEs distintas.

Em relação ao estabelecimento das categorias de desempenho, especificamente para o indicador “utilização de estações de tratamento (capacidade de carga hidráulica e orgânica)”, recomenda-se que seja discutido, juntamente com os prestadores de serviço, responsáveis pela implantação e execução dos projetos das ETEs, os valores adotados em relação à capacidade de projeto da ETE. Neste trabalho e nas diversas entidades que utilizam esse indicador, emprega-se no denominador a capacidade de projeto da ETE em relação às cargas hidráulica e orgânica, porém muitas das vezes a ETE não foi construída de acordo com o projeto inicial e diversas alterações foram realizadas ao longo de sua

implantação, o que gera um possível desvio dos valores de projeto inicialmente adotados, influenciando nos cálculos desse indicador. Assim, recomenda-se que os valores de projeto adotados nos cálculos sejam analisados antes de sua utilização para que esse indicador contemple valores mais próximos da realidade da ETE e evite possíveis desvios no seu cálculo.

Uma discussão maior também é necessária em relação ao estabelecimento das categorias de desempenho do indicador “plano de segurança e emergência”. Neste trabalho adotou-se uma escala dicotômica ao estabelecer duas possíveis medidas para esse indicador, que são possuir ou não um plano de segurança e emergência. Porém, para reduzir os possíveis impactos negativos exacerbados, nos casos de inexistência de um plano de segurança e emergência formais, e para balancear mais os resultados desse indicador, recomenda-se estudar uma escala de medida gradual visando valorizar medidas de segurança adotadas, mesmo que não tenham sido formalizadas no plano de segurança e emergência.

- Confiabilidade dos dados

Outro item recomendado para pesquisa é a inserção de métodos para verificação da confiabilidade dos dados fornecidos, principalmente para os indicadores que dependem de séries históricas ou de alguma informação subjetiva. Uma das formas possíveis de medição de confiabilidade é realizada por meio de cálculos de incerteza, que podem ser empregados no estabelecimento dos valores dos indicadores. Outra forma de medir a confiabilidade é trabalhando com dados estatísticos, como frequência e número de medidas de cada indicador.

- Estabelecimento dos pesos dos critérios

Na primeira fase do trabalho, os pesos dos critérios foram calculados empregando-se a comparação pareada do método AHP e os métodos de agregação AIJ e AIP. Outras técnicas de medição e de agregação poderiam ser utilizadas. Em trabalhos futuros pode-se realizar uma comparação dos resultados apresentados com o emprego de outros métodos para obtenção dos pesos e analisar a influência nos resultados finais.

Na segunda etapa, os indicadores tiveram seus pesos estabelecidos com os valores dos resultados da avaliação da primeira etapa. Observou-se nos resultados que esses valores foram próximos para alguns indicadores, não ocorrendo uma distinção muito grande entre eles. Isso ocorreu porque os resultados foram balanceados entre as diferentes perspectivas de avaliação, o que naturalmente gera uma redução dos desvios. Em trabalhos futuros podem ser avaliados os pesos dos indicadores por grupo de atores, sem realizar o balanceamento e verificar as influências nos resultados, baseando-se em cada grupo de atores.

- Perspectivas de avaliação

Quatro perspectivas foram consideradas neste trabalho, a dos usuários, dos prestadores de serviços, dos reguladores dos serviços e dos especialistas, sendo que a dos usuários teve que ser desconsiderada. Sugere-se que sejam consideradas as perspectivas dos órgãos ambientais e de governo, que também tem ligação direta com a avaliação de ETEs, tendo em vista serem responsáveis pela regulamentação ambiental e governabilidade, respectivamente.

Em trabalhos futuros, sugere-se aplicar a metodologia utilizada na 2ª fase da pesquisa considerando individualmente as diferentes perspectivas de avaliação, sem realizar o balanceamento. Isso possibilitaria analisar as diferentes perspectivas de avaliação até a última etapa do trabalho, gerando quatro avaliações, cada uma considerando uma perspectiva distinta.

Uma das perspectivas consultadas neste trabalho, a dos usuários, não foi considerada nos cálculos finais, tendo em vista o baixo índice de participação e pelo fato dos representantes consultados não se julgarem capazes de avaliar os indicadores propostos. Para contornar esse problema, recomenda-se que a consulta aos representantes dos usuários seja realizada presencialmente, para que sejam fornecidos os esclarecimentos necessários e se possibilite a participação desse grupo de forma efetiva.

- Consulta aos atores

Os maiores problemas verificados na fase de consulta aos atores foram: a) o desconhecimento por parte dos grupos em relação a alguns indicadores; b) a quantidade de informações consultadas; e c) o tempo de demanda para responder a pesquisa.

Recomenda-se, para sanar cada um dos itens citados, apresentar junto à consulta uma descrição detalhada dos indicadores e, ainda, dividir a consulta por área de conhecimento. Como exemplo, poderia ser enviada a consulta dos indicadores econômicos somente para os especialistas da área econômica, e assim para cada grupo de indicadores. A divisão da consulta por área do conhecimento reduziria o número de julgamentos requeridos para cada respondente. Da mesma forma, a divisão da consulta reduziria o tempo demandado para responder a pesquisa.

Em relação à qualidade das respostas, o tempo é um parâmetro primordial, tendo relação direta com a qualidade. Quanto maior o tempo disponível maior o número de respondentes e a qualidade das respostas. Assim, pode-se melhorar a qualidade dos resultados obtidos realizando novas consultas aos atores.

- Indicadores não avaliados

Alguns indicadores de desempenho não foram avaliados no estudo de caso, por falta de dados, impossibilidade técnica ou por não ser atualmente o objetivo de medição da ETE, tendo em vista as situações de contexto nas quais estão inseridas. A ausência desses dados pode diagnosticar, ainda, que não são medidos ou que o desempenho não está adequado. Esse problema deve ser analisado com maior profundidade pelo prestador de serviços. Os indicadores que não tiveram os desempenhos medidos são: “índice de execução de plano de manutenção dos equipamentos” e “calibração de equipamentos”, fundamentais para medir a prestação dos serviços em situações normais e de emergência; “índice de disponibilidade de equipamentos” e “índice de cobertura de custo total”, fundamentais para medir a sustentabilidade do serviço; e “produção de lodo na ETE”, fundamental para medir a proteção do meio ambiente. Acrescenta-se, ainda, dois testes de qualidade dos esgotos não realizados, em lodos e em disruptores endócrinos, não medidos por impossibilidade técnica ou por não ser o objetivo da ETE de acordo com as situações de contexto.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANA - Agência Nacional das Águas (2013). Resolução nº 644, de 20 de maio de 2013. Aprova o Regulamento do Programa Despoluição de Bacias Hidrográficas - PRODES para o exercício de 2013 e dá outras providências.
- Alegre, H., Melo Baptista, J., Cabrera Jr, E., Cubillo, F., Duarte, P., Hirner, W., Merkel, W., Parena, R. (2006). Performance indicators for water supply services. Manual of Best Practice Séries. *IWA Publishing*, Londres, 312p.
- Alegre, H. (2004). "Performance indicators as a management support tool." In: Mays, L. W. *Urban water supply management tools*. McGraw-Hill, 208p.
- Alegre, H., Hirner, W., Baptista, J. M. e Parena, R. (2004). "Indicadores de desempenho para serviços de abastecimento de água." Tradução: Duarte, P., Alegre, H. e Baptista, J. M. Laboratório Nacional de Engenharia Civil e Instituto Regulador de Águas e Resíduos. *Série Guias Técnicos*, Lisboa, 277p.
- Almeida Filho, A. T., Cavalcante, C. A. V. e Almeida, A. T. (2005). "Seleção de ferramenta computacional de apoio a decisão pelo método VIP analysis." *XXV Encontro Nacional de Engenharia de Produção*, 2988–2995, Porto Alegre, Brasil.
- Andrade Neto, C. O. e Campos, J. R. (1999). "Introdução ao tratamento de esgotos sanitários." In: *Tratamento de esgotos sanitários por processo anaeróbio e disposição controlada no solo*. PROSAB, Rio de Janeiro, 435p.
- ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas (1986). NBR 9649: *Projeto de redes coletoras de esgoto*. Rio de Janeiro, Brasil.
- ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas (2012). NBR ISO 24510: *Atividades relacionadas aos serviços de água potável e de esgoto - Diretrizes para a avaliação e para a melhoria dos serviços prestados aos usuários*. Rio de Janeiro, Brasil.
- ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas (2012). NBR ISO 24511: *Atividades relacionadas aos serviços de água potável e de esgoto - Diretrizes para a gestão dos prestadores de serviços de esgoto e para a avaliação dos serviços de esgoto*. Rio de Janeiro, Brasil.
- Balmér, P. e Hellström, D. (2012). "Performance indicators for wastewater treatment plants." *Water Science and Technology: a journal of the International Association on Water Pollution Research*, **65**(7), 1304-1310.
- Bana e Costa, C. A. e Vansnick, J. C. (1994). "MACBETH - an interactive path towards the construction of cardinal value functions." *International transactions in operational Research*. **1**(4),489-500.
- Barros, I. P. A. F. (2012). *Proposta de um sistema de indicadores de desempenho para avaliação de estações de tratamento de esgotos do Distrito Federal*. Dissertação de

Mestrado, Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Engenharia, Belo Horizonte, MG, 210p.

- Bellen, H. M. (2005). *Indicadores de Sustentabilidade: uma Análise Comparativa*, Editora FGV. Rio de Janeiro, 256p.
- Berzins, L. J. (2009). *Avaliação de desempenho pelo método AHP através do programa superdecisions: caso INMETRO*. Dissertação de mestrado, Faculdade de Economia e Finanças IBMEC, Administração, Rio de Janeiro, RJ, 127p.
- Bollmann, H. A. e Marques, D. M. (2000). "Bases para a estruturação de indicadores de qualidade de águas." *Revista Brasileira de Recursos Hídricos - RBRH*, **5**(1), 37-60.
- Borja, P. C. e Moraes, L. R. S. (1999). "Indicadores de saúde ambiental - Saneamento em políticas públicas: análise crítica e proposta." *XXVII Congresso Interamericano de Engenharia Sanitária e Ambiental*, Vol. 1, 1-17.
- Bossel, H. (1999). *Indicators for sustainable development: theory, method, applications – a report to the Balaton Group*. Internacional Institute for Sustainable Development - IISD, Wiinnipeg, Canada, 124p.
- Bottero, M., Comino, E. e Riggio, V. (2011). "Application of the Analytic Hierarchy Process and the Analytic Network Process for the assessment of different wastewater treatment systems." *Environmental Modelling & Software*, **26**(10), 1211–1224.
- Braga, B., Barbosa, P.S.F. e Nakayama, P.T. (1998). "Sistemas de suporte à decisão em recursos hídricos." *Revista Brasileira de Recursos Hídricos - RBRH*, **3**(3), 73-95.
- Brans, J. P. e Mareschal, B. (2005). "Promethee Methods." In: Figueira, J., Greco, S., e Ehrgott, M. *Multiple Criteria Decision Analysis*. Springer, Brussel, Bélgica, 163-194.
- Brasil. Lei Federal nº 11.445 (2007). Estabelece as diretrizes nacionais para o saneamento básico; altera as Leis nº 6.766, de 19 de dezembro de 1979, 8.036, de 11 de maio de 1990, 8.666, de 21 de junho de 1993, 8.987, de 13 de fevereiro de 1995; revoga a Lei nº 6.528, de 11 de maio de 1978; e dá outras providências.
- Briggs, T., Kunsch, P. L. e Mareschal, B. (1990). "Nuclear waste management: an application of the multicriteria PROMETHEE Methods." *European Journal of Operational Research*, **44**(1), 1-10.
- Brostel, R. C. (2002). *Formulação de modelo de avaliação de desempenho global de estações de tratamento de esgotos (ETEs)*. Dissertação de mestrado. Universidade de Brasília, Faculdade de Tecnologia, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Brasília, DF, 278p.
- Brostel, R. C. e Souza, M. A. A. (2005). "Determinação da confiabilidade operacional de estações de tratamento de esgotos do Distrito Federal." *Anais do 23º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental*. Vol. 1, 1-11, Campo Grande, Brasil.

- Brostel, R. C., Souza, M. A. A e Neder, K. D. (2002). "Formulação de modelo de avaliação de desempenho multidimensional de Estações de Tratamento de Esgotos (ETEs)." *XXVIII Congresso Interamericano de Ingeniería Sanitaria y Ambiental*. Cancún, México.
- CAESB, (2011). Sinopse do Sistema de Esgotamento Sanitário do Distrito Federal - SIESG. 24ª Edição, Brasília, 182p.
- CAESB, (2012). Sinopse do Sistema de Esgotamento Sanitário do Distrito Federal - SIESG. 25ª Edição, Brasília, 179p.
- Chen, M. F. e Tzeng, R. I., (2004). "Combining grey relation and TOPSIS concepts for selecting an expatriate host country." *Mathematical Modelling and Computer*, **40**(13), 1473-1490.
- Carpes, M. M. M., Ensslin, L. e Ensslin, S. R. (2007). "Avaliação do desempenho das praticas de responsabilidade social na gestao organizacional por meio da metodologia MCDA-Construtivista: uma abordagem aos modelos ja existentes." *Revista Alcance - UNIVALE*, **13**(1), 91-112.
- Cohon, J. L. e Marks, D. H. (1975). "A review and evaluation of multiobjective programing techniques." *Water Resources Research*. **11**(2), 208-220.
- Cook, W. D. (2006). "Distance-based and ad hoc consensus models in ordinal preference ranking." *European Journal of Operational Research*, **172**(2), 369-385.
- Cook, W. D., Golany, B., Penn, M. e Raviv, T. (2007). "Creating a consensus ranking of proposals from reviewers' partial ordinal rankings." *Computers & Operations Reserch*, **34**(4), 954-965.
- Cook, W. D. e Seiford, L.M. (1984). "An ordinal ranking model for the highway corridor selection problem." *Comput. environ. Urban System*, **9**(4), 271-276.
- Cordeiro Netto, O. M., Souza, M. A. A., Carneiro, G. A., Neri, L. e Lopes Junior, R. P. (2000). "Uma metodologia para análise tecnológica de sistemas com reatores biológicos anaeróbios para tratamento de águas residuárias municipais." *Anais do XXVII Congresso Interamericano de Engenharia Sanitária e Ambiental*, Vol. 1, 1-14, Porto Alegre, Brasil.
- Cruz, M. H. (2011). *Utilização de uma metodologia de apoio a decisao na analise de outsourcing em uma empresa metalúrgica*. Dissertação de mestrado. Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia mecânica, Campinas, SP, 83p.
- Dacach, N.G. (1984). *Sistemas urbanos de esgoto*. Guanabara Dois, Rio de Janeiro, 256p.
- D'Avignon, A., Pierre, C. V., Kligerman, D. C., Silva, H. O., Barata, M. M. L. e Malheiros, T. M. M. *Manual de auditoria para estações de tratamento de esgotos domésticos*. Qualitymark, Rio de Janeiro, 151p.

- Dheena, P. e Mohanraj, G. (2011). "Multicriteria decision-making combining fuzzy set theory, ideal and anti-ideal points for location site selection." *Expert Systems with Applications*, **38**(10), 13260-13265.
- Ensslin, L e Montibeller, G. N. (1998). "Mapas cognitivos no apoio à decisão." *Anais do XVIII Encontro Nacional de Engenharia de Produção*, Vol. 1, 1-9, Rio de Janeiro, Brasil.
- Escobar, M. T. e Jiménez, J. M. M. (2006). "Aggregation of Individual Preference Structures in Ahp-Group Decision Making." *Group Decision and Negotiation*, **16**(4), 287-301.
- Fernandes, J. E. M. F. (2009). *Seleção de uma aeronave para atividades de charter regional: uma abordagem multicritério baseada no método NAIADE*. Dissertação de Mestrado. Faculdade de Economia e Finanças IBMEC, Rio de Janeiro, RJ, 97p.
- Figueiredo Junior, M. O. (2009). *Avaliação de intervenções em áreas urbanas à luz dos impactos nos sistemas de infraestrutura sanitária*. Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Engenharia, Belo Horizonte, MG, 164p.
- Forman, E. e Peniwati, K., (1998). "Aggregation individual judgments and priorities with the Analytic Hierarchy Process." *European Journal of Operational Research*, **108**(1), 165-169.
- Ganga, G. M. D., Carpinetti, L. C. R. e Politano, P. R. (2011). "Gestão do desempenho em cadeias de suprimentos usando lógica fuzzy." *Gestao e Produção*, **18**(4), 755-774.
- Generino, R. C. M., Cordeiro Netto, O. M. (1994). "Auditoria ambiental em estações de tratamento de esgotos: um exemplo de aplicação." *20º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental*, **IV**(6), 2472–2481.
- Generino, R. C. M. (1999). *Desenvolvimento em metodologias multicritério para procedimentos 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, Brasília, DF, 174p.
- Goicoechea, A., Hansen, D. R. e Duckstein, L. (1982). *Multiobjective Decision Analysis with Engineering and Business Applications*. John Wiley & Sons, New York, E.U.A., 519p.
- Gomes, L. F. A. M. e Moreira, A. M. M. (1998). "Da informação à tomada de decisão: agregando valor através dos métodos multicritério." *Recitec - Revista de ciência e tecnologia*, **2**(2) 117-139.
- Gomes, L. F. A. M. (2007). *Teoria da decisão*. Thomson Learning. São Paulo.
- Gomes, L. F. A. M., Gomes, C.F.S. e Almeida, A. T. (2006). *Tomada de decisão gerencial: enfoque multicritério*. Atlas, São Paulo.
- Gordon, T. J. (1994). "The delphi method." *Futures Research Methodology*. Vol. 2, 1-30.

- Heller, P. G. B. (2007). *Avaliação dos serviços de saneamento de quatro municípios da Bacia Hidrográfica do Rio das Velhas-MG. Uma abordagem da dimensão tecnológica*. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Minas Gerais. Escola de Engenharia, Belo Horizonte, MG, 123p.
- Hillier, F. S. e Lieberman, G. J. (1994). *Introducción a la investigación de operaciones*. M. G. Osuna, McGraw-Hill, México.
- Hokkanen, J., Salminen, P., Rossi, E., e Ettala, M. (1995). "The choice of a solid waste management system using the ELECTRE II decision-aid method." *Waste Management & Research*, **13**(1), 175-193.
- Hwang, C. L. e Lin, M. J. (1987). *Group decision making under multiple criteria*. Springer-Verlag, Berlin, Alemanha.
- IBGE, (2011). *Atlas de saneamento*, Rio de Janeiro, Brasil.
- Igarashi, D. C. C., Ensslin, S. R., Ensslin, L. e Paladini, E. D. (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 Gestão USP*. **43**(2), 117-137.
- ISO - International Organization for standardization (2007). *ISO 24510: Service activities relating to drinking water and wastewater – Guidelines for the the service to users*. Genebra, Suíça.
- ISO - International Organization for standardization (2007). *ISO 24511: Service activities relating to drinking water and wastewater – Guidelines for the assessment of wastewater services and the management of utilities*.Genebra, Suíça.
- ISO - International Organization for standardization (2007). *ISO 24512: Service activities relating to drinking water and wastewater – Guidelines for the assessment of drinking water services and the management of utilities*. Genebra, Suíça.
- Kruger, H. A. e Kearney, W. D. (2008). "Consensus ranking - An ICT security awareness case study." *Computers & Security*, **27**(7-8), 254-259.
- Keeney, R. L., Raiffa, H. (1976). *Decision with multiple objectives: preferences and value tradeoffs*. John Wiley & Sons, New York, U.S.A, 569p.
- Lopez, J. C. L. e González, E. F. (2003). "A new method for group decision support based on ELECTRE III methodology." *European Journal of Operational Research*, **148**(1), 14-27.
- Lima, A. M. C. (2009). *Indicadores sanitário-ambientais: classificação de bacias de esgotamento sanitario e micro-áreas na cidade de Salvador - Bahia*. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal da Bahia, Faculdade de Medicina da Bahia, Salvador, BA, 115p.

- Lindtner, S., Schaar, H. e Kroiss, H. (2008). "Benchmarking of large municipal wastewater treatment plants treating over 100.000 PE in Austria." *Water science and technology: a journal of the International Association on Water Pollution Research*, **57**(10), 1487-1493.
- LNEC - Laboratório Nacional de Engenharia Civil e ERSAR - Entidade Reguladora dos Serviços de Águas e Resíduos (2013). *Guia de avaliação da qualidade dos serviços de águas e resíduos prestados aos utilizadores - 2ª geração do sistema de avaliação*. Versão 2, Lisboa, Portugal.
- Lyrio, M. V. L., Dutra, A., Ensslin, S. R. e Ensslin, L. (2007). "Construção de um modelo de avaliação de desempenho da Secretaria de Desenvolvimento Regional da grande Florianópolis: a proposta da metodologia multicritério de apoio à decisão construtivista." *Revista Contemporânea de Economia e Gestão*, **5**(2), 31-40.
- Magalhaes Junior, A. P., Cordeiro Netto, O. M. e Nascimento, N. O. (2003). "Os indicadores como instrumentos potenciais de gestão das águas no atual contexto legal-institucional do Brasil - Resultados de um painel de especialistas." *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, **8**(4), 49-67.
- Malheiros, T. F., Philippi Jr., A. e Coutinho, S. M. V. (2006). "Interfaces dos serviços de água e esgoto." In: Galvão Jr., A. C. e Silva, A. C. *Regulação - Indicadores para a prestação de serviços de água e esgoto*. Associação Brasileira de Agências de Regulação - ABAR, Expressão Gráfica e Editora Ltda, Fortaleza, Brasil, 204p.
- Mazzilli, C., (1994). "Sistemas interativos de apoio à decisão: um processo coletivo." *Revista de Administração*, **29**(3), 41-54.
- Meadows, D., (1998). *Indicators and Information Systems for Sustainable Development. A report to the balaton group*. Sustainability Institute, National Institute for Public Health and Environmental Protection - RIVM, Birthoven, Holanda, 78p.
- Meirelles, C. L. A. e Gomes, L. F. A. M. (2009). "Apoio multicritério à decisão como instrumento de gestão do conhecimento: uma aplicação à indústria de petróleo." *Pesquisa Operacional*, **29**(2), 451-470.
- Mendonça, E. C. (2009). *Metodologia para avaliação de desempenho de sistemas de drenagem urbana*. Dissertação de mestrado. Universidade de Brasília, Faculdade de Tecnologia, Engenharia Civil e Ambiental, Brasília, DF, 176p.
- Millet, I. (1997). "The effectiveness of alternative preference elicitation methods in the analytic hierarchy process." *Journal of Multi-Criteria Decision Analysis*, **6**(1), 41-51.
- Miranda, A. B. e Teixeira, B. A. N. (2004). "Indicadores para o monitoramento da sustentabilidade em sistemas urbanos de abastecimento de água e esgotamento sanitário." *Revista Engenharia Sanitária e Ambiental*, **9**(4), 269-279.
- Miranda, L. M. (2008). *Contribuição a um modelo de análise multicritério para apoio à decisão da escolha do corredor de transporte para escoamento da produção de*

granéis agrícolas de Mato Grosso. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE, Rio de Janeiro, RJ, 255p.

- Morais, D. C. (2006). *Modelagem multicritério em grupo para planejamento estratégico do controle de perdas no abastecimento de água*. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Pernambuco, Engenharia de Produção, Recife, PE, 148p.
- Mousseau, V. e Slowinski, R., (1998). Inferring an ELECTRE TRI Model from Assignment Examples. *Journal of Global Optimization*, (12), 157-174.
- Mousseau, V., Slowinski, R. e Zielniewicz, P. (1999). *ELECTRE TRI 2.0a - Methodological guide and user's manual*. LAMSADE, Universidade de Paris, Douphine, Paris, França, 70p.
- Noronha, S. M. D. (1998). *Um modelo multicritério para apoiar a decisão da escolha do combustível para alimentação de caldeiras usadas na indústria têxtil*. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Santa Catarina, Engenharia de Produção, Florianópolis, SC, 153p.
- OCDE - Organização de Cooperação e Desenvolvimento Econômico (2002). *Rumo a um desenvolvimento sustentável: indicadores ambientais*. Tradução: Teles, A. M. S. F., Serie Cadernos de Referência, Salvador, Brasil, 244p.
- Olson, D. L. (2003). "Comparison of weights in TOPSIS models." *Computers & Operations Research*. **40**(7-8), 721-727.
- Pacheco, K., Del Vecchio, R. e Kerstenetzky, C. (2008). "Pobreza fuzzy multidimensional: uma análise das condições de vida na Zona Oeste do Rio de Janeiro: 1991-2000." *Sociedade Brasileira de Pesquisa Operacional - SBPO*, **XLII**(30), 1-15.
- Philippi Jr., A. (2005). "Águas residuárias: visão de saúde pública e ambiental." In: Philippi Jr., A. *Saneamento, Saúde e Ambiente. Fundamentos para um desenvolvimento sustentável*. Manole, Barueri, Brasil, 842p.
- Quadros, S., Rosa, M. J. e Alegre, H. (2008). "Avaliação de desempenho de Estações de tratamento de águas residuárias urbanas: proposta de indicadores de avaliação de desempenho global." *Anais do 13º Encontro Nacional de Saneamento Básico - ENASB*, Covilhã, Portugal.
- Ramanathan, R. e Ganesh, L. S. (1994). "Theory and methodology group preference aggregation methods employed in AHP: an evaluation and an intrinsic process for deriving members' weightages." *European Journal Operations Research*, **79**(1), 249-265.
- Ramos, M. S. (2010). *Utilização da abordagem multicriterio para priorização do portfólio de projetos de investimento*. Dissertação de Mestrado. Faculdade de Economia e Finanças IBMEC, Rio de Janeiro, RJ, 132p.

- Ramos, T.A.B., (1996). *Sistemas de indicadores e índices de qualidade da água e sedimento em zonas costeiras*. Dissertação de Mestrado. Universidade de Aveiro, Aveiro, Portugal, 199p.
- Ribeiro, H. K. S. S. (2003). *Avaliação de desempenho ambiental em estações de tratamento de água*. Dissertação de Mestrado. Universidade de Brasília. Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Brasília, DF, 135p.
- Rocha, D. J. A. (2000). *Desenvolvimento do Balanced Scorecard para instituição de ensino superior privada - Estudo de caso da unidade de negócios 4 da Universidade Gama*. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Santa Catarina, Engenharia de Produção, Florianópolis, SC, 104p.
- Roy, B. e Boussou, D. (1993). *Aid multicritère à la decision*. Production et techniques quantitatives appliquées à la gestion. Economica, Paris, França, 695p.
- Saari, D. G. (1999). "Explaining all three-alternative voting outcomes." *Journal of Economic Theory*, **87**(1), 313-355.
- Saaty, T. L. (1991). *Método de Análise Hierárquica*. McGraw-Hill, São Paulo, Brasil.
- Saaty, T. L. (1999). "Fundamental of the analytic network process." *ISAHP*. Mervis Hall, Kobe, Japan, 48-63.
- Saaty, T. L. e Ozdemir, M. S. (2003). "Why the magic number seven plus or minus two." *Mathematical and Computer Modelling*, **38**(03), 233-244.
- Saaty, T. L. (2004). "Fundamentals of the analytic network process - Dependence and feedback in decision-making with a single network." *Journal of Systems Science and Systems Engineering*, **13**(2), 129-157.
- Saaty, T. L. (2008a). "The analytic hierarchy and analytic network measurement processes: applications to decisions under risk." *European Journal of pure and applied mathematics*. **1**(1), 122-196.
- Saaty, T. L. (2008b). "Decision making with the analytic hierarchy process." *International Journal of Services Sciences*, **1**(1), 83-98.
- Saaty, T. L. (2006). "Rank from comparisons and from ratings in the analytic hierarchy/network processes." *European Journal of Operational Research*, **168**(2), 557-570.
- Saliba, G. C. (2009). *Priorização de projetos em petroquímica: análise multicritério pelo método TODIM*. Dissertação de Mestrado. Faculdade de Economia e Finanças IBMEC, Rio de Janeiro, RJ, 85p.
- Salomon, V. P., Montevechi, J. A. B. e Pamplona, E. O. (1999). "Justificativas para aplicação do método de análise hierárquica. 19º ENEGEP (Associação Brasileira de Engenharia de Produção - ABEPRO), Rio de Janeiro, Brasil.

- Sanches, A. B. (2009). *Avaliação da sustentabilidade de sistemas de tratamento de esgotos sanitarios: uma proposta metodológica*. Tese de Doutorado. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Departamento de Engenharia Civil, Porto Alegre, RS, 258p.
- Santos, L. A. e Cardoso, R. L. S. (2001). "Avaliação de desempenho da ação governamental no Brasil: problemas e perspectivas." *XV Concurso de Ensayos del CLAD "Control y Evaluación del Desempeño Gubernamental"*. Caracas, Venezuela.
- Schmidt, A. M. A. (1995). *Processo de apoio à tomada de decisão. Abordagens: AHP e MACBETH*. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Santa Catarina, Departamento de Engenharia de Produção e Sistemas, Florianópolis, SC, 193p.
- Schuch, C. (2001). *Análise de indicadores voltados à tomada de decisão gerencial - um comparativo entre a teoria e a prática*. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Escola de Engenharia, Porto Alegre, RS, 101p.
- Sheu, J. B. (2008). "A hybrid neuro-fuzzy analytical approach to mode choice of global logistics management." *European Journal of Operational Research*, **189**(3), 971-986.
- Shimizu, T. (2006). *Decisão nas organizações*. Atlas, São Paulo, 446p.
- Silva, A. C. S., Belderrain, M. C. N. e Pantoja, F. C. M. (2010). Prioritization of R&D projects in the aerospace sector: AHP method with ratings." *Journal of Aerospace Technology and Management*, **2**(3), pp.339-348.
- Silva, C. Ramalho, P., Rosa, M. J., Vieira, P., Quadros, S. e Alegre, H. (2011). "Resultados preliminares da iniciativa nacional de avaliação de desempenho de ETA e ETAR urbanas - PAST21." *Simpósio Luso-Brasileiro de Engenharia Sanitaria e Ambiental*, **1**(14), 1-19.
- Silva, C. D. P. (2007). *Aplicação de medidas de avaliação de desempenho a estações de tratamento de águas do Algarve*. Dissertação de Mestrado. Universidade do Algarve, Engenharia do Ambiente, Faro, Portugal, 163p.
- Silva, R. B. e Cavalcanti Netto, M. A. (2008). "Uma estrutura de apoio à decisão para orientar a escolha de projetos prioritários para a infraestrutura de transporte do Brasil." *Sociedade Brasileira de Pesquisa Operacional - SBPO*, **1**(42), 1-12.
- Silva, R. T. (2006). Aspectos conceituais e teóricos. In: Galvão Jr., A. C. e Silva, A. C. *Regulação - Indicadores para a prestação de serviços de água e esgoto*. Associação Brasileira de Agências de Regulação - ABAR, Expressão Gráfica e Editora Ltda, Fortaleza, Brasil, 204p.
- Simon, H. A. (1960). *The new science of management decision*. Harper & Row, New York, U. S.A.
- Smith, J. H. (1973). "Aggregation of Preferences with Variable Electorate." *The Econometrica Society Stable*, **41**(6), 1027-1041.

- Souza, M. A. A., (1992). *Methodology for selection of wastewater treatment*. Tese de Doutorado. Department of Civil Engineering, University of Birmingham, England.
- Souza, M. A. A., Cordeiro Netto, O. M., Carneiro, G. A., Lopes Júnior, R. P. (2001). "Análise tecnológica de alternativas para pós-tratamento de efluentes de reatores anaeróbios: resultados da avaliação multiobjetivo." *21º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental*, João Pessoa, Brasil.
- Souza, M. A. A. e Forster, C. F. (1996). "Metodologias para seleção de processos de tratamento de águas residuárias." *Revista Engenharia Sanitária e Ambiental*, **1**(2), 19-31.
- Tsaur, S. H., Chang, T. Y. e Yen, C. H. (2002). "The evaluation of airline service quality by fuzzy MCDM." *Tourism Management*, **23**(2), 107-115.
- Tsutiya, M. T. e Sobrinho, P. A. (2000). *Coleta e transporte de esgoto sanitário*. Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 547p.
- Valladares, G. S., Gomes, E. G., Mello, J. C. C. B. S., Pereira, M. G., Anjos, H. C., Ebeling, A. G. e Benites, V. M. (2008). "Análise dos componentes principais e métodos multicritério ordinais no estudo de organossolos e solos afins." *Revista Brasileira de Solos*, **32**(1)285-296.
- Vieira, P., Rosa, M. J., Alegre, H. e Lucas, H. (2006). "Proposta de indicadores de desempenho de estações de tratamento de água." *Anais do 12º Encontro Nacional de Saneamento Básico*, Cascais, Portugal.
- 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, Escola de Engenharia, Belo Horizonte, MG, 134p.
- Warfield, J. N. (1994). *Science of generic design: managing complexity through systems design*, Iowa State Press, 628p.
- Will, J. T. e Briggs, D. J. (1995). "Developing indicators for environment and health." *World Health Stat. Q.*, **48**(2), 155-163.
- Wright, J. T. C. e Giovinazzo, R. A. (2000). "Delphi - uma ferramenta de apoio ao planejamento prospectivo." *Caderno de Pesquisas em Administração*. **1**(12), 54-65.
- Yu, R. e Tzeng, G. H. (2006). "A soft computing method for multi-criteria decision making with dependence and feedback." *Applied Mathematics and Computation*, **180**(1), 63-75.
- Zawadzki, M. e Belderrain, M. C. N. O. (2008). "Uso de Mapas Cognitivos para a Estruturação de Problemas." *Simpósio de Aplicações em Áreas de Defesa*. São José dos Campos, SP.

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, Engenharia Ambiental, Florianópolis, SC, 188p.

Zuffo, A. C., Reis, L. F. R., Santos, R. F. e Chaudhry, F. H. (2002). "Aplicação de Métodos Multicriteriais ao Planejamento de Recursos Hídricos." *Revista Brasileira de Recursos Hídricos - RBRH*, 7(1), 81-102.

APÊNDICES

APÊNDICE A – LEVANTAMENTO DE INDICADORES DE DESEMPENHO

Tabela A.1 – Levantamento preliminar de indicadores de desempenho (ISO, 2007; Ximenes, 2006; ABES, 2010; PMSS, 2009; Matos *et al.*, 2003; IRAR, 2008; ERSAR e LNEC, 2010, ADERASA, 2007; IBNET, 2012; Stahre e Adamsson, 2004; WSAA, 2009; AWWA, 2009; OFWAT, 2007; ANA, 2002; Brostel, 2002)

Nr Ordem	Indicadores	Unidade de Medida	Dimensões de Avaliação	Origem
1	População residente não servida (código da IWA: wQS4)		Proteção da saúde pública	ISO 24511
2	Número de desconformidades de testes de qualidade/quantidade da descarga de efluente		Proteção da saúde pública	ISO 24511
3	Testes de qualidade de esgotos realizados de acordo com requisitos		Proteção da saúde pública	ISO 24511
4	Testes de qualidade de resíduos realizados de acordo com requisitos		Proteção da saúde pública	ISO 24511
5	Eficiência da nova conexão		Atendimento às necessidades e expectativas dos usuários	ISO 24511
6	Interrupções por conexão		Atendimento às necessidades e expectativas dos usuários	ISO 24511
7	Conformidade da qualidade da água		Atendimento às necessidades e expectativas dos usuários	ISO 24511
8	Contatos telefônicos resolvidos no tempo		Atendimento às necessidades e expectativas dos usuários	ISO 24511
9	Cobertura da população		Atendimento às necessidades e expectativas dos usuários	ISO 24511
10	Concordância das estações de tratamento de esgotos com padrões de lançamento		Atendimento às necessidades e expectativas dos usuários	ISO 24511
11	Existência de um sistema de gerenciamento ambiental		Atendimento às necessidades e expectativas dos usuários	ISO 24511
12	Entupimento de esgotos (código da IWA: wOp34)		Prestação de serviços em situações normais e de emergência	ISO 24511
13	Número de propriedades afetadas por transbordamento de esgotos em mau funcionamento		Prestação de serviços em situações normais e de emergência	ISO 24511
14	Número de falhas em estações de tratamento de esgotos dentro do limite permitido.		Prestação de serviços em situações normais e de emergência	ISO 24511
15	Índice de cobertura de custo total (código da IWA: wFi30)		Sustentabilidade dos serviços de esgotamento sanitário	ISO 24511
16	Taxa média de substituição da rede		Sustentabilidade dos serviços de esgotamento sanitário	ISO 24511
17	Custo operacional unitário		Sustentabilidade dos serviços de esgotamento sanitário	ISO 24511

Nr Ordem	Indicadores	Unidade de Medida	Dimensões de Avaliação	Origem
18	Ativos fixos (bruto / líquido)		Sustentabilidade dos serviços de esgotamento sanitário	ISO 24511
19	Receita média por conexão		Sustentabilidade dos serviços de esgotamento sanitário	ISO 24511
20	Índice da tarifa industrial pela residencial		Sustentabilidade dos serviços de esgotamento sanitário	ISO 24511
21	Taxa de conexão		Sustentabilidade dos serviços de esgotamento sanitário	ISO 24511
22	Conta de esgoto mensal por casa		Sustentabilidade dos serviços de esgotamento sanitário	ISO 24511
23	Período de recolhimento da conta		Sustentabilidade dos serviços de esgotamento sanitário	ISO 24511
24	Taxa de recolhimento da conta		Sustentabilidade dos serviços de esgotamento sanitário	ISO 24511
25	Cobertura dos custos de operação		Sustentabilidade dos serviços de esgotamento sanitário	ISO 24511
26	Relação do serviço de débito		Sustentabilidade dos serviços de esgotamento sanitário	ISO 24511
27	Reúso de esgoto (código da IWA: wEn2)		Promoção do desenvolvimento sustentável da comunidade	ISO 24511
28	Utilização de resíduo		Promoção do desenvolvimento sustentável da comunidade	ISO 24511
29	Consumo de energia por tratamento de esgoto (ex.: por população equivalente servida)		Promoção do desenvolvimento sustentável da comunidade	ISO 24511
30	Recuperação de energia de sistemas de esgoto		Promoção do desenvolvimento sustentável da comunidade	ISO 24511
31	Capacidade de utilização do tratamento de esgotos (taxa de carga atual x capacidade do projeto)		Promoção do desenvolvimento sustentável da comunidade	ISO 24511
32	Frequência da descarga intermitente (código da IWA: wEn3)		Proteção do ambiente (proteção do ambiente natural e proteção do ambiente construído / público)	ISO 24511
33	Impacto ambiental de extravasamentos de esgotos		Proteção do ambiente (proteção do ambiente natural e proteção do ambiente construído / público)	ISO 24511
34	Eficácia do sistema		Proteção do ambiente (proteção do ambiente natural e proteção do ambiente construído / público)	ISO 24511

Nr Ordem	Indicadores	Unidade de Medida	Dimensões de Avaliação	Origem
35	Porcentagem de volume coletado em relação ao volume enviado para tratamento		Proteção do ambiente (proteção do ambiente natural e proteção do ambiente construído / público)	ISO 24511
36	Proporção do esgoto coletado que recebe pelo menos tratamento primário		Proteção do ambiente (proteção do ambiente natural e proteção do ambiente construído / público)	ISO 24511
37	Proporção de esgoto coletado que recebe pelo menos tratamento secundário		Proteção do ambiente (proteção do ambiente natural e proteção do ambiente construído / público)	ISO 24511
38	Inundação de propriedade por esgotos (ID adaptado do ID da IWA com o código: wQS13)		Proteção do ambiente (proteção do ambiente natural e proteção do ambiente construído / público)	ISO 24511
39	Número de sobrecargas por comprimento de rede de esgotos		Proteção do ambiente (proteção do ambiente natural e proteção do ambiente construído / público)	ISO 24511
40	Número de eventos de inundação por unidade de tempo		Proteção do ambiente (proteção do ambiente natural e proteção do ambiente construído / público)	ISO 24511
41	Peso dos sedimentos removidos por comprimento de rede de esgoto		Proteção do ambiente (proteção do ambiente natural e proteção do ambiente construído / público)	ISO 24511
42	Porcentagem de rede de esgoto inspecionada por unidade de tempo		Proteção do ambiente (proteção do ambiente natural e proteção do ambiente construído / público)	ISO 24511
43	Água infiltrada nos esgotos por vazão de esgotos		Proteção do ambiente (proteção do ambiente natural e proteção do ambiente construído / público)	ISO 24511
44	Porcentagem de rede de esgotos limpa por unidade de tempo		Proteção do ambiente (proteção do ambiente natural e proteção do ambiente construído / público)	ISO 24511
45	Número de falhas em estações de bombeamento, por ano e por comprimento de rede de esgoto		Proteção do ambiente (proteção do ambiente natural e proteção do ambiente construído / público)	ISO 24511
46	Peso dos resíduos removidos por caixa de areia, separador de graxa e tela		Proteção do ambiente (proteção do ambiente natural e proteção do ambiente construído / público)	ISO 24511

Nr Ordem	Indicadores	Unidade de Medida	Dimensões de Avaliação	Origem
47	Volume de sedimentos removidos de estruturas do sistema (ex.: tanque séptico)		Proteção do ambiente (proteção do ambiente natural e proteção do ambiente construído / público)	ISO 24511
48	Frequência de inspeção de equipamento		Proteção do ambiente (proteção do ambiente natural e proteção do ambiente construído / público)	ISO 24511
49	Porcentagem de pessoal treinado a um nível de habilidade apropriado (ex.: dentro de espaços confinados)		Proteção do ambiente (proteção do ambiente natural e proteção do ambiente construído / público)	ISO 24511
50	Índice de produtividade: economias ativas por pessoal próprio	(economia/ empregado)	Econômico-financeira e administrativa	SNIS
51	Despesa total com os serviços por m³ faturado	(R\$/m³)	Econômico-financeira e administrativa	SNIS
52	Tarifa média praticada (água + esgoto)	(R\$/m³)	Econômico-financeira e administrativa	SNIS
53	Tarifa média de esgoto	(R\$/m³)	Econômico-financeira e administrativa	SNIS
54	Incidência de despesas de pessoal e de serviços de terceiros nas despesas totais com os serviços	(%)	Econômico-financeira e administrativa	SNIS
55	Despesa média anual por empregado	(R\$/empregado)	Econômico-financeira e administrativa	SNIS
56	Indicador de desempenho financeiro	(%)	Econômico-financeira e administrativa	SNIS
57	Quantidade equivalente de pessoal total	(empregados)	Econômico-financeira e administrativa	SNIS
58	Índice de produtividade: economias ativas por pessoal total	(economia./ empregado)	Econômico-financeira e administrativa	SNIS
59	Despesa de exploração por m³	(R\$/m³)	Econômico-financeira e administrativa	SNIS
60	Despesa de exploração por economia	((R\$/ano) / economia)	Econômico-financeira e administrativa	SNIS
61	Índice de evasão de receitas	(%)	Econômico-financeira e administrativa	SNIS
62	Margem da despesa de exploração	(%)	Econômico-financeira e administrativa	SNIS
63	Margem da despesa com pessoal próprio	(%)	Econômico-financeira e administrativa	SNIS
64	Margem da despesa com pessoal próprio total (equivalente)	(%)	Econômico-financeira e administrativa	SNIS
65	Margem do serviço da dívida	(%)	Econômico-financeira e administrativa	SNIS
66	Margem das outras despesas de exploração	(%)	Econômico-financeira e administrativa	SNIS
67	Participação da despesa com pessoal próprio nas despesas de exploração	(%)	Econômico-financeira e administrativa	SNIS
68	Participação da despesa com pessoal total (equivalente) nas despesas de exploração	(%)	Econômico-financeira e administrativa	SNIS

Nr Ordem	Indicadores	Unidade de Medida	Dimensões de Avaliação	Origem
69	Participação da despesa com energia elétrica nas despesas de exploração	(%)	Econômico-financeira e administrativa	SNIS
70	Participação da despesa com produtos químicos nas despesas de exploração	(%)	Econômico-financeira e administrativa	SNIS
71	Participação das outras despesas nas despesas de exploração	(%)	Econômico-financeira e administrativa	SNIS
72	Participação da receita operacional direta de esgoto na receita operacional total	(%)	Econômico-financeira e administrativa	SNIS
73	Participação da receita operacional indireta na receita operacional total	(%)	Econômico-financeira e administrativa	SNIS
74	Índice de produtividade: empregados próprios por mil ligações (AG e ES)	(empregados / mil lig.)	Econômico-financeira e administrativa	SNIS
75	Dias de faturamento comprometidos com contas a receber	(dias)	Econômico-financeira e administrativa	SNIS
76	Índice de despesa por consumo de energia elétrica no sistema	(R\$/kWh)	Econômico-financeira e administrativa	SNIS
77	Indicador de suficiência de caixa	(%)	Econômico-financeira e administrativa	SNIS
78	Índice de produtividade de pessoal total	(ligações / empregado)	Econômico-financeira e administrativa	SNIS
79	Índice de coleta de esgotos	(%)	Operacional	SNIS
80	Índice de tratamento de esgoto	(%)	Operacional	SNIS
81	Extensão da rede de esgoto por ligação	(m/ligação)	Operacional	SNIS
82	Índice de atendimento urbano de esgoto referido aos municípios com água	(%)	Operacional	SNIS
83	Índice de esgoto tratado referido à água consumida	(%)	Operacional	SNIS
84	Índice de atendimento urbano de esgoto referido aos municípios atendidos com esgoto	(%)	Operacional	SNIS
85	Índice de atendimento total de esgoto referido aos municípios atendidos com água	(%)	Operacional	SNIS
86	Índice de consumo de energia elétrica em sistemas de esgotamento sanitário	(kWh/m³)	Operacional	SNIS
87	Liquidez corrente	(-)	Balanço	SNIS
88	Liquidez geral	(-)	Balanço	SNIS
89	Grau de endividamento	(-)	Balanço	SNIS
90	Margem operacional com depreciação	(%)	Balanço	SNIS

Nr Ordem	Indicadores	Unidade de Medida	Dimensões de Avaliação	Origem
91	Margem líquida com depreciação	(%)	Balanço	SNIS
92	Retorno sobre o patrimônio líquido	(%)	Balanço	SNIS
93	Composição de exigibilidades	(%)	Balanço	SNIS
94	Margem operacional sem depreciação	(%)	Balanço	SNIS
95	Margem líquida sem depreciação	(%)	Balanço	SNIS
96	Duração média dos reparos de extravasamentos de esgotos	(horas / extravasamento)	Qualidade	SNIS
97	Extravasamentos de esgotos por extensão de rede	(extravasamento/km)	Qualidade	SNIS
98	Duração média dos serviços executados	(hora/serviço)	Qualidade	SNIS
99	Densidade de obstruções	(obstruções/km)	Operacional	ABAR (ADERASA)
100	Atendimento Urbano	(%)	Operacional	ABAR (SNIS)
101	Cumprimento da quantidade de análises exigidas pela norma	(%)	Qualidade	ABAR (ADERASA)
102	Conformidade das análises das águas residuárias	(%)	Qualidade	ABAR
103	* Densidade de reclamações de água e esgoto	(reclamações/ 1.000)	Qualidade	ABAR
104	* Quantidade de solicitações de serviços de água e esgoto	(%)	Qualidade	ABAR
105	* Atendimento em tempo às reclamações	(%)	Qualidade	ABAR
106	Faturamento médio de esgoto	(R\$/m ³)	Econômico-financeira	ABAR (SNIS)
107	* Índice de desempenho financeiro	(%)	Econômico-financeira	ABAR (SNIS)
108	* Custo médio faturado	(R\$/m ³)	Econômico-financeira	ABAR (SNIS)
109	* Inadimplência	(%)	Econômico-financeira	ABAR (SNIS)
110	* Endividamento sobre o patrimônio	(%)	Econômico-financeira	ABAR
111	* Rentabilidade sobre o patrimônio líquido	(%)	Econômico-financeira	ABAR
112	* Liquidez geral	(%)	Econômico-financeira	ABAR (SNIS)
113	Índice de desempenho financeiro	(%)	Econômico-financeira	PNQS (SNIS)
114	Despesas totais com os serviços por m ³	(R\$/m ³)	Econômico-financeira	PNQS
115	Indicador da execução orçamentária dos investimentos	(-)	Econômico-financeira	PNQS (SNIS)

Nr Ordem	Indicadores	Unidade de Medida	Dimensões de Avaliação	Origem
116	Margem líquida com depreciação	(%)	Econômico-financeira	PNQS (SNIS)
117	Indicador do nível de investimentos	(%)	Econômico-financeira	PNQS
118	Indicador dias de faturamento comprometidos com contas a receber	(dias)	Econômico-financeira	PNQS
119	Índice de reclamações e de comunicação de problemas	(reclamação/lig.)	Relativa aos clientes e ao mercado	PNQS
120	Índice de satisfação dos clientes	(%)	Relativa aos clientes e ao mercado	PNQS
121	Índice de favorabilidade da imagem da organização	(%)	Relativa aos clientes e ao mercado	PNQS
122	Índice de conhecimento dos serviços e produtos	(%)	Relativa aos clientes e ao mercado	PNQS
123	Índice de atendimento urbano de esgoto sanitário	(%)	Relativa aos clientes e ao mercado	PNQS (SNIS)
124	Índice de tratamento do esgoto gerado	(%)	Relativa aos clientes e ao mercado	PNQS (SNIS)
125	Índice de atendimento total de esgoto sanitário	(%)	Relativa aos clientes e ao mercado	PNQS (SNIS)
126	Tempo médio de resposta aos usuários	(h/ligação)	Relativa aos clientes e ao mercado	PNQS
127	Indicador de desenvolvimento social	(homens-hora/dia)	Relativa à sociedade	PNQS
128	Indicador de sanções e indenizações	(%)	Relativa à sociedade	PNQS
129	Indicador de mitigação de impactos ambientais	(%)	Relativa à sociedade	PNQS
130	Incidência de processos administrativos internos julgados como procedentes	(%)	Relativa à sociedade	PNQS
131	Incidência de processos judiciais recebidos	(ocorrências-ano/1000 hab.)	Relativa à sociedade	PNQS
132	Índice de comprometimento de renda familiar	(%)	Relativa à sociedade	PNQS
133	Índice de produtividade da força de trabalho p/ sistemas de água e esgotos	(lig/empreg.)	Relativa às pessoas	PNQS
134	Índice de criatividade do pessoal	(sugestão/empreg.)	Relativa às pessoas	PNQS
135	Índice de capacitação anual da força de trabalho	(h.ano/emprego)	Relativa às pessoas	PNQS
136	Índice de cumprimento plano de capacitação e desenvolvimento	(%)	Relativa às pessoas	PNQS
137	Índice de eficácia de treinamento	(%)	Relativa às pessoas	PNQS
138	Índice de satisfação dos empregados	(%)	Relativa às pessoas	PNQS
139	Índice de frequência de acidentes	(acidente/milhão_h)	Relativa às pessoas	PNQS

Nr Ordem	Indicadores	Unidade de Medida	Dimensões de Avaliação	Origem
140	Coeficiente de gravidade dos acidentes	(dia/milhão_h)	Relativa às pessoas	PNQS
141	Comprometimento das forças de trabalho com as diretrizes		Relativa às pessoas	PNQS
142	Índice de produtividade de pessoal total	(lig./empreg.)	Relativa às pessoas	PNQS
143	Índice de absentefismo	(%)	Relativa às pessoas	PNQS
144	Remoção de carga poluente do esgoto recebido na estação de tratamento	(%)	Relativa a processos	PNQS
145	Tempo médio de execução de ligação de esgoto sanitário	(h/ligação)	Relativa a processos	PNQS
146	Tempo médio de execução dos serviços	(h/serv. executado)	Relativa a processos	PNQS (SNIS)
147	Índice de extravasamentos de esgotos sanitários	(extravasamento/km)	Relativa a processos	PNQS (SNIS)
148	Efetividade da redução de carga poluente do esgoto coletado na rede	(%)	Relativa a processos	PNQS
149	Incidência de atraso no pagamento a fornecedores	(%)	Relativa a processos	PNQS
150	Consumo médio de energia elétrica	(kWh/m³)	Relativa a processos	PNQS
151	Índice de reparos proativos	(%)	Relativa a processos	PNQS
152	Índice de projetos implantados no prazo	(%)	Relativa a processos	PNQS
153	Índice de avaliação do sistema de gestão	(%)	Relativa a processos	PNQS
154	Satisfação dos usuários de informações		Relativa aos fornecedores	PNQS
155	Índice de atraso nas entregas dos fornecedores	(%)	Relativa aos fornecedores	PNQS
156	Índice de insumos químicos entregues fora de especificação	(%)	Relativa aos fornecedores	PNQS
157	Índice de insumos críticos não químicos entregues fora de especificação	(%)	Relativa aos fornecedores	PNQS
158	Índice de falhas no fornecimento de energia elétrica	(h/est. elevatória x ano)	Relativa aos fornecedores	PNQS
159	Índice de desempenho de prestadores de serviço	(%)	Relativa aos fornecedores	PNQS
160	Atendimento da ETE ao padrão de lançamento	(%/ano)	Ambiental	IWA
161	Reúso de efluente	(%)	Ambiental	IWA
162	Frequência de vazão de inundação intermitente	(nº inundações/ano)	Ambiental	IWA
163	Volume de inundação intermitente	(m³ inundação/ano)	Ambiental	IWA
164	Vazão de inundação intermitente relacionada com chuvas	(%/ano)	Ambiental	IWA

Nr Ordem	Indicadores	Unidade de Medida	Dimensões de Avaliação	Origem
165	Produção de lodo na ETE	(kg/p.e./ano)	Ambiental	IWA
166	Reutilização do lodo	(%)	Ambiental	IWA
167	Disposição do lodo	(%)	Ambiental	IWA
168	Lodo indo para o aterro	(%)	Ambiental	IWA
169	Secagem térmica do lodo	(%)	Ambiental	IWA
170	Outros destinos do lodo	(%)	Ambiental	IWA
171	Sedimentos dos esgotos	(t/km rede/ano)	Ambiental	IWA
172	Sedimentos de unidades auxiliares	(t/km rede/ano)	Ambiental	IWA
173	Sólidos de gradeamento e desarenadores	(t/km rede/ano)	Ambiental	IWA
174	Sedimentos de unidades particulares	(t/p.e./ano)	Ambiental	IWA
175	Funcionários trabalhando na ETE por população equivalente	(n°/1000 p.e.)	Recursos Humanos	IWA
176	Funcionários trabalhando no sistema de esgotos por rede	(n°/100 km rede)	Recursos Humanos	IWA
177	Índice de gestores gerais	(%)	Recursos Humanos	IWA
178	Índice de funcionários de recursos humanos	(%)	Recursos Humanos	IWA
179	Índice funcionários de finanças e comercial	(%)	Recursos Humanos	IWA
180	Índice de funcionários de atendimento ao público	(%)	Recursos Humanos	IWA
181	Índice de funcionários técnicos	(%)	Recursos Humanos	IWA
182	Índice de funcionários de planejamento, projetos e obras	(%)	Recursos Humanos	IWA
183	Índice de funcionários de operação	(%)	Recursos Humanos	IWA
184	Número de operadores na ETE	(n°/1000 p.e.)	Recursos Humanos	IWA
185	Número de operadores no sistema de esgotos	(n°/100 km rede)	Recursos Humanos	IWA
186	Número de funcionários nos laboratórios	(n°/1000 testes/ano)	Recursos Humanos	IWA
187	Número de funcionários de serviços de apoio	(%)	Recursos Humanos	IWA
188	Índice de qualificação universitária	(%)	Recursos Humanos	IWA
189	Índice de qualificação básica	(%)	Recursos Humanos	IWA
190	Índice de outras qualificações	(%)	Recursos Humanos	IWA

Nr Ordem	Indicadores	Unidade de Medida	Dimensões de Avaliação	Origem
191	Treinamento dos funcionários	(horas/func./ano)	Recursos Humanos	IWA
192	Índice de vacinação	(%)	Recursos Humanos	IWA
193	Índice de treinamento em lugares fechados	(%)	Recursos Humanos	IWA
194	Acidentes de trabalho	(n°/100 func./ano)	Recursos Humanos	IWA
195	Acidentes fatais ou permanentes no trabalho	(n°/100 func./ano)	Recursos Humanos	IWA
196	Ausência de funcionários	(dias/100 func./ano)	Recursos Humanos	IWA
197	Ausência por acidentes de trabalho	(dias/100 func./ano)	Recursos Humanos	IWA
198	Ausência por outros motivos	(dias/100 func./ano)	Recursos Humanos	IWA
199	Índice de horas extra	(%)	Recursos Humanos	IWA
200	Utilização de tratamento preliminar	(%)	Infraestrutura	IWA
201	Utilização de tratamento primário	(%)	Infraestrutura	IWA
202	Utilização de tratamento secundário	(%)	Infraestrutura	IWA
203	Utilização de tratamento terciário	(%)	Infraestrutura	IWA
204	Índice de sobrecarga nas tubulações em estações secas	(%)	Infraestrutura	IWA
205	Índice de sobrecarga nas tubulações em estações chuvosas	(%)	Infraestrutura	IWA
206	Índice de elevadas sobrecargas nas tubulações	(%)	Infraestrutura	IWA
207	Índice de bombeamento no sistema	(%)	Infraestrutura	IWA
208	Índice de bombeamento na ETE	(%)	Infraestrutura	IWA
209	Índice de estações elevatórias críticas	(%)	Infraestrutura	IWA
210	Índice de automação	(%)	Infraestrutura	IWA
211	Índice de controle remoto	(%)	Infraestrutura	IWA
212	Índice de inspeção nas tubulações	(%/ano)	Operacional	IWA
213	Índice de limpeza das tubulações	(%/ano)	Operacional	IWA
214	Número de inspeções nos poços de visita	(-/ano)	Operacional	IWA
215	Número de inspeções nos bueiros	(-/ano)	Operacional	IWA
216	Número de limpezas dos bueiros	(-/ano)	Operacional	IWA

Nr Ordem	Indicadores	Unidade de Medida	Dimensões de Avaliação	Origem
217	Frequência de inspeção dos tanques de equalização	(no/ano)	Operacional	IWA
218	Volume de inspeção dos tanques de equalização	(-/ano)	Operacional	IWA
219	Limpeza dos tanques de equalização	(-/ano)	Operacional	IWA
220	Inspeção de gradeamento dos tanques de equalização	(-/ano)	Operacional	IWA
221	Frequência de inspeção de EE	(-/ano)	Operacional	IWA
222	Inspeção por potência de bomba	(-/ano)	Operacional	IWA
223	Calibração de medidores de vazão do sistema de esgotos		Operacional	IWA
224	Calibração de medidores de vazão das ETEs	(-/ano)	Operacional	IWA
225	Calibração de equipamento de monitoração da qualidade dos esgotos	(-/ano)	Operacional	IWA
226	Inspeção do sistema de emergência	(-/ano)	Operacional	IWA
227	Inspeção de equipamento de transmissão de sinais	(-/ano)	Operacional	IWA
228	Inspeção de equipamentos elétricos	(-/ano)	Operacional	IWA
229	Consumo de energia nas ETEs	(kWh/p.e./ano)	Operacional	IWA
230	Aproveitamento energético nas ETEs	(%)	Operacional	IWA
231	Consumo de energia padrão	(kWh/m ³ /m)	Operacional	IWA
232	Reabilitação de redes coletoras	(%/ano)	Operacional	IWA
233	Renovação de redes coletoras	(%/ano)	Operacional	IWA
234	Trocas de redes coletoras	(%/ano)	Operacional	IWA
235	Reparo de redes e conexões	(n°/100 km/ano)	Operacional	IWA
236	Reparo ou troca de PVs	(%/ano)	Operacional	IWA
237	Trocas de tampões de PVs	(%/ano)	Operacional	IWA
238	Manutenção de ligações prediais	(%/ano)	Operacional	IWA
239	Manutenção de bombas	(%/ano)	Operacional	IWA
240	Troca de bombas	(%/ano)	Operacional	IWA
241	Infiltração, ligações clandestinas, vazamentos	(%)	Operacional	IWA
242	Ligações clandestinas	(m ³ /km/ano)	Operacional	IWA

Nr Ordem	Indicadores	Unidade de Medida	Dimensões de Avaliação	Origem
243	Infiltração	(m3/km/ano)	Operacional	IWA
244	Vazamentos	(m3/km/ano)	Operacional	IWA
245	Entupimento de rede	(n°/100 km/ano)	Operacional	IWA
246	Entupimentos de rede pontuais	(n°/100 km/ano)	Operacional	IWA
247	Entupimentos de estações elevatórias	(n°/EE/ano)	Operacional	IWA
248	Extravasamento de redes	(n°/100 km/ano)	Operacional	IWA
249	Extravasamento de sistemas unitários	(n°/100 km/ano)	Operacional	IWA
250	Inundação superficial	(n°/100 km/ano)	Operacional	IWA
251	Ruptura de redes	(n°/100 km/ano)	Operacional	IWA
252	Falha de bombas	(horas/bomba/ano)	Operacional	IWA
253	Falha energética	(horas/EE/ano)	Operacional	IWA
254	Controle de tanques de equalização	(%)	Operacional	IWA
255	Testes de qualidade dos esgotos realizados	(-/ano)	Operacional	IWA
256	Teste de DBO	(-/ano)	Operacional	IWA
257	Teste de DQO	(-/ano)	Operacional	IWA
258	Teste de SST	(-/ano)	Operacional	IWA
259	Teste de P Total	(-/ano)	Operacional	IWA
260	Teste de Nitrogênio	(-/ano)	Operacional	IWA
261	Teste E.coli	(-/ano)	Operacional	IWA
262	Outros testes	(-/ano)	Operacional	IWA
263	Teste de lodo	(-/ano)	Operacional	IWA
264	Teste de lançamentos industriais	(-/ano)	Operacional	IWA
265	Disponibilidade de veículos	(n°/100 km)	Operacional	IWA
266	Detectores de gás	(n°/func.)	Operacional	IWA
267	Detectores de gás permanentemente instalados	(%)	Operacional	IWA
268	População residente conectada à rede coletora	(%)	Qualidade do Serviço	IWA

Nr Ordem	Indicadores	Unidade de Medida	Dimensões de Avaliação	Origem
269	População residente servida por ETE	(%)	Qualidade do Serviço	IWA
270	População residente servida por sistema individual	(%)	Qualidade do Serviço	IWA
271	População residente não atendida	(%)	Qualidade do Serviço	IWA
272	Esgoto tratado na ETE	(%)	Qualidade do Serviço	IWA
273	Índice de esgoto tratado por tratamento preliminar	(%)	Qualidade do Serviço	IWA
274	Índice de esgoto tratado por tratamento primário	(%)	Qualidade do Serviço	IWA
275	Índice de esgoto tratado por tratamento secundário	(%)	Qualidade do Serviço	IWA
276	Índice de esgoto tratado por tratamento terciário	(%)	Qualidade do Serviço	IWA
277	Propriedades afetadas com inundação na estação seca	(n°/1000 prop./ano)	Qualidade do Serviço	IWA
278	Propriedades afetadas com inundação na estação chuvosa	(n°/1000 prop./ano)	Qualidade do Serviço	IWA
279	Propriedades afetadas com inundação por sistemas unitários na estação seca	(n°/1000 prop./ano)	Qualidade do Serviço	IWA
280	Propriedades afetadas com inundação por sistemas unitários na estação chuvosa	(n°/1000 prop./ano)	Qualidade do Serviço	IWA
281	Propriedades afetadas com inundação superficial em estações chuvosas	(n°/1000 prop./ano)	Qualidade do Serviço	IWA
282	Interrupção na coleta de esgotos	(%)	Qualidade do Serviço	IWA
283	Eficiência de instalação de novas conexões	(dias/conexões)	Qualidade do Serviço	IWA
284	Tempo de reparo de conexões	(dias/conexões)	Qualidade do Serviço	IWA
285	Tempo de resposta médio de limpeza de fossas	(dias/pedido)	Qualidade do Serviço	IWA
286	Total de reclamações	(n°/1000 hab./ano)	Qualidade do Serviço	IWA
287	Reclamações bloqueadas	(n°/1000 hab./ano)	Qualidade do Serviço	IWA
288	Reclamações por inundação	(n°/1000 hab./ano)	Qualidade do Serviço	IWA
289	Reclamações por incidentes de poluição	(n°/1000 hab./ano)	Qualidade do Serviço	IWA
290	Reclamações por odor	(n°/1000 hab./ano)	Qualidade do Serviço	IWA
291	Reclamações por roedores	(n°/1000 hab./ano)	Qualidade do Serviço	IWA
292	Reclamações por contas	(n°/1000 hab./ano)	Qualidade do Serviço	IWA
293	Outras reclamações	(n°/1000 hab./ano)	Qualidade do Serviço	IWA

Nr Ordem	Indicadores	Unidade de Medida	Dimensões de Avaliação	Origem
294	Resposta às reclamações	(%)	Qualidade do Serviço	IWA
295	Índice de danos a terceiros	(%)	Qualidade do Serviço	IWA
296	Interrupção no tráfego	(km/interrupção)	Qualidade do Serviço	IWA
297	Receita unitária	(US\$/p.e./ano)	Econômico-financeira	IWA
298	Receita de serviços	(%)	Econômico-financeira	IWA
299	Outras receitas	(%)	Econômico-financeira	IWA
300	Receitas industriais	(%)	Econômico-financeira	IWA
301	Despesa total unitária por p.e.	(US\$/p.e./ano)	Econômico-financeira	IWA
302	Despesa total unitária por extensão de rede	(US\$/km/ano)	Econômico-financeira	IWA
303	Despesa corrente unitária por p.e.	(US\$/p.e./ano)	Econômico-financeira	IWA
304	Despesa corrente unitária por extensão de rede	(US\$/km/ano)	Econômico-financeira	IWA
305	Despesa capital unitária por p.e.	(US\$/p.e./ano)	Econômico-financeira	IWA
306	Despesa capital unitária por extensão de rede	(US\$/km/ano)	Econômico-financeira	IWA
307	Despesas efetivas internas	(%)	Econômico-financeira	IWA
308	Despesas com serviços externos	(%)	Econômico-financeira	IWA
309	Despesas com energia	(%)	Econômico-financeira	IWA
310	Despesas com materiais, produtos químicos e outros insumos	(%)	Econômico-financeira	IWA
311	Outras despesas	(%)	Econômico-financeira	IWA
312	Despesas com pessoal da administração/diretoria	(%)	Econômico-financeira	IWA
313	Despesas com pessoal dos recursos humanos	(%)	Econômico-financeira	IWA
314	Despesas com pessoal do financeiro e comercial	(%)	Econômico-financeira	IWA
315	Despesas com pessoal de atendimento ao usuário	(%)	Econômico-financeira	IWA
316	Despesas com pessoal dos serviços técnicos	(%)	Econômico-financeira	IWA
317	Despesas com tratamento dos esgotos	(%)	Econômico-financeira	IWA
318	Despesas com a rede coletora	(%)	Econômico-financeira	IWA
319	Despesas com monitoramento de qualidade dos esgotos	(%)	Econômico-financeira	IWA

Nr Ordem	Indicadores	Unidade de Medida	Dimensões de Avaliação	Origem
320	Despesas com serviços de apoio	(%)	Econômico-financeira	IWA
321	Depreciação dos custos	(%)	Econômico-financeira	IWA
322	Juros líquidos	(%)	Econômico-financeira	IWA
323	Investimento unitário	(%)	Econômico-financeira	IWA
324	Investimentos para novos recursos e reforço dos recursos existentes	(%)	Econômico-financeira	IWA
325	Investimento em trocas e renovação de recursos existentes	(%)	Econômico-financeira	IWA
326	Razão do custo total de cobertura	(-)	Econômico-financeira	IWA
327	Razão do custo operacional de cobertura	(-)	Econômico-financeira	IWA
328	Atraso nas contas a receber	(dias)	Econômico-financeira	IWA
329	Razão de investimento	(-)	Econômico-financeira	IWA
330	Contribuição de fontes internas para investimento	(%)	Econômico-financeira	IWA
331	Idade média dos recursos tangíveis	(%/ano)	Econômico-financeira	IWA
332	Razão média de depreciação	(-/ano)	Econômico-financeira	IWA
333	Razão de pagamentos atrasados	(-/ano)	Econômico-financeira	IWA
334	Inventário de valor	(-/ano)	Econômico-financeira	IWA
335	Margem do serviço da dívida	(%)	Econômico-financeira	IWA
336	Dívida capital	(-/ano)	Econômico-financeira	IWA
337	Liquidez corrente	(-)	Econômico-financeira	IWA
338	Rentabilidade dos ativos fixos líquidos	(%/ano)	Econômico-financeira	IWA
339	Retorno sobre capital próprio	(%)	Econômico-financeira	IWA
340	Retorno de capital empregado	(%)	Econômico-financeira	IWA
341	Volume de ativos de negócio	(-/ano)	Econômico-financeira	IWA
342	Cobertura do serviço	(%)	Defesa dos interesses dos usuários (Acessibilidade do serviço aos usuários)	IRAR (IWA)
343	Preço médio do serviço	(\$/m3)	Defesa dos interesses dos usuários (Acessibilidade do serviço aos usuários)	IRAR

Nr Ordem	Indicadores	Unidade de Medida	Dimensões de Avaliação	Origem
344	Ocorrência de inundações	(m3/100km/ano)	Defesa dos interesses dos usuários (Qualidade dos serviços prestados aos usuários)	IRAR (IWA)
345	Resposta a reclamações escritas	(%)	Defesa dos interesses dos usuários (Qualidade dos serviços prestados aos usuários)	IRAR (IWA)
346	Razão de cobertura dos custos operacionais	(-)	Sustentabilidade econômico-financeira da prestadora de serviço	IRAR (IWA)
347	Custos operacionais unitários	(\$/m3)	Sustentabilidade econômico-financeira da prestadora de serviço	IRAR
348	Razão de solvabilidade	(-)	Sustentabilidade econômico-financeira da prestadora de serviço	IRAR
349	Utilização de estações de tratamento	(%)	Sustentabilidade infraestrutural da prestadora de serviço	IRAR (IWA)
350	Tratamento de esgoto doméstico coletado	(%)	Sustentabilidade infraestrutural da prestadora de serviço	IRAR
351	Utilização de bombeamento dos esgotos na rede de drenagem	(%)	Sustentabilidade infraestrutural da prestadora de serviço	IRAR (IWA)
352	Reabilitação dos coletores	(%/ano)	Sustentabilidade infraestrutural da prestadora de serviço	IRAR (IWA)
353	Reabilitação de ramais de ligação	(%/ano)	Sustentabilidade infraestrutural da prestadora de serviço	IRAR (IWA)
354	Obstruções de coletores	(n°/100km*ano)	Sustentabilidade operacional da prestadora de serviço	IRAR (IWA)
355	Falhas em conjuntos moto-bombas	(horas/conj.*ano)	Sustentabilidade operacional da prestadora de serviço	IRAR (IWA)
356	Colapsos estruturais em coletores	(n°/100km/ano)	Sustentabilidade operacional da prestadora de serviço	IRAR (IWA)
357	Recursos humanos	(n°/100km/ano)	Sustentabilidade em recursos humanos da prestadora de serviço	IRAR (IWA)
358	Análises de efluentes realizadas	(%)	Sustentabilidade ambiental	IRAR (IWA)
359	Cumprimento dos parâmetros de descarga	(%)	Sustentabilidade ambiental	IRAR (IWA)
360	Utilização dos recursos energéticos	(kWh/m3)	Sustentabilidade ambiental	IRAR
361	Destino final de lodos	(%)	Sustentabilidade ambiental	IRAR (IWA)
362	Acessibilidade física do serviço	(%)	Acessibilidade do serviço aos usuários	ERSAR

Nr Ordem	Indicadores	Unidade de Medida	Dimensões de Avaliação	Origem
363	Acessibilidade econômica do serviço	(%)	Acessibilidade do serviço aos usuários	ERSAR
364	Ocorrência de inundações	(n°/100km/ano ou n°/100 ramais/ano)	Acessibilidade do serviço aos usuários	ERSAR
365	Resposta a reclamações e sugestões	(%)	Acessibilidade do serviço aos usuários	ERSAR
366	Cobertura dos gastos totais	(-)	Sustentabilidade econômica	ERSAR
367	Adesão ao serviço	(%)	Sustentabilidade econômica	ERSAR
368	<i>Adequação da capacidade de tratamento</i>	(%)	Sustentabilidade infraestrutural	ERSAR
369	Reabilitação de coletores	(%/ano)	Sustentabilidade infraestrutural	ERSAR
370	Ocorrência de colapsos estruturais em coletores	(n°/100km/ano)	Sustentabilidade infraestrutural	ERSAR
371	Adequação dos recursos humanos	(n°/10 ⁶ m ³ /ano ou n°/100km/ano)	Sustentabilidade infraestrutural	ERSAR
372	Eficiência energética de instalações elevatórias	(kWh/m ³ /100m)	Sustentabilidade ambiental	ERSAR
373	<i>Destino adequado de águas residuárias recolhidas</i>	(%)	Sustentabilidade ambiental	ERSAR
374	<i>Controle de descargas de emergências</i>	(%)	Sustentabilidade ambiental	ERSAR
375	<i>Análises de águas residuárias realizadas</i>	(%)	Sustentabilidade ambiental	ERSAR
376	<i>Cumprimento de parâmetros de descarga</i>	(%)	Sustentabilidade ambiental	ERSAR
377	<i>Destino de lodos do tratamento</i>	(%)	Sustentabilidade ambiental	ERSAR
378	Cobertura de serviço - índice de coleta	(%)	Estrutura dos serviços	ADERASA
379	<i>Disponibilidade de tratamento secundário</i>	(%)	Estrutura dos serviços	ADERASA
380	Número de empregados por extensão de rede	(n° func./km)	Operacional	ADERASA
381	Índice de quebras em redes	(n°/km)	Operacional	ADERASA
382	Índice de quebras em conexões	(n°/100 conexões)	Operacional	ADERASA
383	<i>Índice de tratamento</i>	(%)	Operacional	ADERASA
384	<i>Índice de tratamento secundário</i>	(%)	Operacional	ADERASA
385	Vazão por habitante	(L/hab./dia)	Operacional	ADERASA
386	Índice de entupimentos	(n°/km)	Qualidade do Serviço	ADERASA
387	<i>Índice de execução de análises do efluente tratado</i>	(%)	Qualidade do Serviço	ADERASA

Nr Ordem	Indicadores	Unidade de Medida	Dimensões de Avaliação	Origem
388	<i>Índice de análises do efluente tratado dentro do padrão exigido pela norma</i>	(%)	Qualidade do Serviço	ADERASA
389	Índice de reclamações totais	(reclamações/conta)	Qualidade do Serviço	ADERASA
390	Índice de reclamações comerciais	(%)	Qualidade do Serviço	ADERASA
391	Índice de reclamações por conexão	(%)	Qualidade do Serviço	ADERASA
392	Resposta às reclamações	(%)	Qualidade do Serviço	ADERASA
393	Receita média de serviços de esgotos domésticos por conta	(US\$/conta)	Econômico-financeira	ADERASA
394	Receita média de serviços de esgotos não domésticos por conta	(US\$/conta)	Econômico-financeira	ADERASA
395	Receita unitária	(US\$/m3)	Econômico-financeira	ADERASA
396	Despesa total por conta	(US\$/conta)	Econômico-financeira	ADERASA
397	Relação de despesas operacionais e de faturamento por serviço	(%)	Econômico-financeira	ADERASA
398	Despesa unitária operacional por metro cúbico coletado	(US\$/m3)	Econômico-financeira	ADERASA
399	Índice de despesa com pessoal próprio e terceirizado	(%)	Econômico-financeira	ADERASA
400	Índice de despesa com energia	(%)	Econômico-financeira	ADERASA
401	Despesas com administração e vendas por conta	(US\$/conta)	Econômico-financeira	ADERASA
402	Índice de despesa com pessoal terceirizado	(%)	Econômico-financeira	ADERASA
403	Índice de investimentos	(%)	Econômico-financeira	ADERASA
404	Morosidade	(meses)	Econômico-financeira	ADERASA
405	Endividamento sobre patrimônio	(%)	Econômico-financeira	ADERASA
406	Composição do passivo	(%)	Econômico-financeira	ADERASA
407	Rentabilidade sobre patrimônio	(%)	Econômico-financeira	ADERASA
408	Cobertura de esgotos	(%)	Cobertura do serviço	IBNET
409	Entupimentos da rede coletora	(entupimentos/km/ano)	Desempenho da rede	IBNET
410	Custos operacionais unitários (água + esgoto)	(US\$/m3 água distribuída)	Custos operacionais e recursos humanos	IBNET
411	Custos operacionais unitários (água + esgoto)	(US\$/m3 água produzida)	Custos operacionais e recursos humanos	IBNET
412	Divisão dos custos operacionais de esgoto	(%)	Custos operacionais e recursos humanos	IBNET
413	Custo operacional unitário de esgoto	(US\$/pop. servida)	Custos operacionais e recursos humanos	IBNET

Nr Ordem	Indicadores	Unidade de Medida	Dimensões de Avaliação	Origem
414	Número total de funcionários	(n°/1000 conexões)	Custos operacionais e recursos humanos	IBNET
415	Número total de funcionários no sistema de esgotos	(n°/1000 conexões)	Custos operacionais e recursos humanos	IBNET
416	Número total de funcionários	(n°/1000 hab.)	Custos operacionais e recursos humanos	IBNET
417	Número total de funcionários no sistema de esgotos	(n°/1000 hab.)	Custos operacionais e recursos humanos	IBNET
418	Funcionários de sistemas de esgotos	(%)	Custos operacionais e recursos humanos	IBNET
419	Relação dos custos humanos e custos operacionais	(%)	Custos operacionais e recursos humanos	IBNET
420	Relação dos custos de energia e custos operacionais	(%)	Custos operacionais e recursos humanos	IBNET
421	Relação dos custos de terceiros e custos operacionais	(%)	Custos operacionais e recursos humanos	IBNET
422	Reclamações relacionadas com o serviço de abastecimento de água e esgotamento sanitário	(%)	Qualidade do Serviço	IBNET
423	<i>Utilização de tratamento de nível primário ou superior</i>	(%)	Qualidade do Serviço	IBNET
424	<i>Utilização somente de tratamento primário</i>	(%)	Qualidade do Serviço	IBNET
425	<i>Utilização de tratamento secundário ou superior</i>	(%)	Qualidade do Serviço	IBNET
426	Receita unitária (água + esgoto)	(US\$/ m3 água distribuída)	Faturamento e cobrança	IBNET
427	Receita unitária (água + esgoto)	(US\$/conexão de água/ano)	Faturamento e cobrança	IBNET
428	Divisão das receitas unitárias de esgoto	(%)	Faturamento e cobrança	IBNET
429	Receita unitária de esgoto	(US\$/pop. servida)	Faturamento e cobrança	IBNET
430	Receita total	(%)	Faturamento e cobrança	IBNET
431	Componente fixo da tarifa para usuários domésticos (água + esgoto)	(US\$/conexão/ano)	Faturamento e cobrança	IBNET
432	Componente fixo da tarifa de esgoto para usuários domésticos	(US\$/conexão/ano)	Faturamento e cobrança	IBNET
433	Componente fixo da tarifa para usuários domésticos (água + esgoto)	(% da tarifa média)	Faturamento e cobrança	IBNET
434	Componente fixo da tarifa de esgoto para usuários domésticos	(% da tarifa média)	Faturamento e cobrança	IBNET
435	Relação da tarifa industrial e tarifa doméstica	(%)	Faturamento e cobrança	IBNET
436	Relação da tarifa de esgoto industrial e doméstica	(%)	Faturamento e cobrança	IBNET
437	Cobrança de ligação	(US\$/conexão)	Faturamento e cobrança	IBNET
438	Cobrança de ligação	(%)	Faturamento e cobrança	IBNET

Nr Ordem	Indicadores	Unidade de Medida	Dimensões de Avaliação	Origem
439	Período de faturamento	(dias)	Faturamento e cobrança	IBNET
440	Razão de faturação	(%)	Faturamento e cobrança	IBNET
441	Cobertura de custos correntes	(%)	Financeira	IBNET
442	Taxa de cobertura do serviço da dívida	(%)	Financeira	IBNET
443	Valor do imobilizado, sem amortizações (água + esgoto)	(US\$/pop. servida)	Financeira	IBNET
444	Valor do imobilizado (esgoto)	(US\$/pop. servida)	Financeira	IBNET
445	* Consumo de energia	(kW)	Ambiental	SSCG
446	* Produção de energia	(kW)	Ambiental	SSCG
447	<i>Custo de reagentes por m³ de esgoto tratado</i>	(\$/m3)	Ambiental	SSCG
448	* Número de empregados por 1000 usuários	(-/1000)	Recursos Humanos	SSCG
449	* Custo com pessoal	(\$)	Recursos Humanos	SSCG
450	* Custo da terceirização/custo total * 100	(\$/CT * 100)	Recursos Humanos	SSCG
451	<i>Custo do m³ de esgoto tratado</i>	(\$/m3)	Econômica	SSCG
452	Lucro	(\$)	Econômica	SSCG
453	<i>Custo de operação e manutenção por m de coletor</i>	(\$/m)	Econômica	SSCG
454	Número de obstruções por 10 km de coletor	(-/10Km)	Qualidade do Serviço	SSCG
455	Número de inundações por 1000 usuários	(-/1000)	Qualidade do Serviço	SSCG
456	Custo de operação e manutenção por m ³ de esgoto tratado	(\$/m3)	Econômica	SSCG
457	<i>% de remoção de pesticidas organoclorados</i>	(%)	Ambiental	SSCG
458	<i>% de remoção de matéria orgânica</i>	(%)	Ambiental	SSCG
459	<i>% de remoção de nitrogênio total</i>	(%)	Ambiental	SSCG
460	<i>% de remoção de fósforo total</i>	(%)	Ambiental	SSCG
461	<i>Teor de metal nos lodos</i>	(%)	Ambiental	SSCG
462	<i>% de lodo utilizado na agricultura</i>	(%)	Ambiental	SSCG
463	<i>Volume de esgoto tratado por capacidade instalada de tratamento * 100</i>	(m3/cap. * 100)	Ambiental	SSCG

Nr Ordem	Indicadores	Unidade de Medida	Dimensões de Avaliação	Origem
464	Comprimento de coletores sujeito a construção e reabilitação por comprimento total de tubulação * 100	(m/100)	Qualidade do Serviço	SSCG
465	* Coeficiente de liquidez		Econômica	SSCG
466	* Coeficiente de exploração		Econômica	SSCG
467	* Índice de produtividade		Econômica	SSCG
468	* Índice de eficiência total		Econômica	SSCG
469	Volume de esgoto coletado (esgoto doméstico e não doméstico)	(mL)	Recursos Hídricos	WSAA
470	Volume de efluente industrial coletado	(mL)	Recursos Hídricos	WSAA
471	Volume total coletado	(mL)	Recursos Hídricos	WSAA
472	Esgoto coletado por residência	(L/residência)	Recursos Hídricos	WSAA
473	Número de estações de tratamento de esgotos	(-)	Dados da empresa	WSAA
474	Extensão de redes de esgoto	(km)	Dados da empresa	WSAA
475	Residências servidas por rede por km		Dados da empresa	WSAA
476	Número de rupturas de rede coletora	(por 100 km de rede)	Dados da empresa	WSAA
477	Número de rupturas de ligações prediais	(por 100 km de rede)	Dados da empresa	WSAA
478	População servida por rede coletora		Usuários	WSAA
479	Propriedades residenciais conectadas		Usuários	WSAA
480	Propriedades não residenciais conectadas		Usuários	WSAA
481	Total de propriedades conectadas		Usuários	WSAA
482	Reclamações do serviço de esgoto por 1000 residências		Usuários	WSAA
483	Reclamações por tarifas (água e esgoto) por 1000 residências		Usuários	WSAA
484	Reclamações totais de água esgoto por 1000 residências		Usuários	WSAA
485	Índice de atendimento às ligações em 30 segundos	(%)	Usuários	WSAA
486	Média de interrupção no sistema de esgoto	(minutos)	Usuários	WSAA
487	<i>Índice de tratamento primário</i>	(%)	Ambiental	WSAA
488	<i>Índice de tratamento secundário</i>	(%)	Ambiental	WSAA
489	<i>Índice de tratamento terciário ou superior</i>	(%)	Ambiental	WSAA

Nr Ordem	Indicadores	Unidade de Medida	Dimensões de Avaliação	Origem
490	<i>Índice de esgoto tratado dentro dos padrões</i>	(%)	Ambiental	WSAA
491	Número de estações de tratamento de esgotos dentro dos padrões		Ambiental	WSAA
492	<i>Divulgação pública da eficiência das estações de tratamento</i>		Ambiental	WSAA
493	<i>Atendimento aos padrões regulatórios</i>	(sim/não)	Ambiental	WSAA
494	<i>Índice de reúso do lodo estabilizado</i>	(%)	Ambiental	WSAA
495	<i>Emissões de gases provenientes do sistema de esgoto danosos ao efeito estufa</i>	(t CO2/1000 propr.)	Ambiental	WSAA
496	<i>Total de emissões de gases danosos ao efeito estufa</i>	(t CO2/1000 propriedades)	Ambiental	WSAA
497	Número de inundações reportadas ao órgão regulador por 100 km de rede		Ambiental	WSAA
498	Receita total de esgoto	(\$)	Financeira	WSAA
499	Renda total para a prestadora	(\$)	Financeira	WSAA
500	Receita de esgoto por residência	(\$/residência)	Financeira	WSAA
501	Renda para a prestadora por residência	(\$/residência)	Financeira	WSAA
502	Receita dos 'serviços obrigatórios da comunidade	(%)	Financeira	WSAA
503	Ativos fixos relativos aos serviços de esgotos	(\$)	Financeira	WSAA
504	Custo operacional de esgoto	(\$/residência)	Financeira	WSAA
505	Custo operacional total de água e esgoto	(\$/residência)	Financeira	WSAA
506	Despesas de capital total - esgoto	(\$)	Financeira	WSAA
507	Despesas de capital total - água e esgoto	(\$)	Financeira	WSAA
508	Taxa de retorno econômico – esgoto		Financeira	WSAA
509	Taxa de retorno econômico - água e esgoto		Financeira	WSAA
510	Dividendos	(\$)	Financeira	WSAA
511	Razão de dividendos	(%)	Financeira	WSAA
512	Dívida líquida de capital	(%)	Financeira	WSAA
513	Cobertura de juros		Financeira	WSAA
514	Lucro líquido após impostos	(\$)	Financeira	WSAA
515	Serviços obrigatórios da comunidade	(\$)	Financeira	WSAA

Nr Ordem	Indicadores	Unidade de Medida	Dimensões de Avaliação	Origem
516	Capital de fundos do governo para este fim específico	(\$)	Financeira	WSAA
517	Despesa de capital de esgoto	(\$/residência)	Financeira	WSAA
518	Razão do lucro líquido após impostos		Financeira	WSAA
519	Tarifa fixa	(\$/residência)	Financeira	WSAA
520	Conta residencial padrão	(\$)	Financeira	WSAA
521	Tarifa fixa de esgoto	(\$/residência)	Financeira	WSAA
522	Conta anual	(\$)	Financeira	WSAA
523	Conta residencial padrão - esgoto	(\$)	Financeira	WSAA
524	Indicador das melhores práticas organizacionais		Desenvolvimento institucional	AWAA
525	Taxa de severidade da segurança no trabalho e saúde do empregado	(medido pelo número de dias de trabalho perdidos por ano por empregado)	Desenvolvimento institucional	AWAA
526	Horas de treinamento por empregado por ano		Desenvolvimento institucional	AWAA
527	Eficiência dos funcionários (ligações ativas por empregado, volume médio de água distribuída por empregado, volume médio de esgoto tratado por empregado)		Desenvolvimento institucional	AWAA
528	Reclamações quanto ao atendimento e qualidade do serviço por ligações ativas por ano		Relação com os clientes	AWAA
529	Preço da água residencial e/ou esgoto (seis indicadores, sendo três para o valor médio das contas domiciliares mensais de água, de esgoto e de ambos e três para os valores destas contas para um consumo médio de 27 m ³ /mês)		Financeira	AWAA
530	Custo anual de atendimento por ligação		Financeira	AWAA
531	Exatidão da conta	(calculado pela relação entre contas corrigidas e total de contas emitidas)	Relação com os clientes	AWAA
532	Taxa de endividamento do prestador		Financeira	AWAA
533	Taxa de substituição e renovação do sistema		Operações empresariais	AWAA
534	Retorno sobre ativos	(relação entre lucro líquido do prestador e seus ativos totais)	Financeira	AWAA

Nr Ordem	Indicadores	Unidade de Medida	Dimensões de Avaliação	Origem
535	Taxa de extravasão de esgoto	(número de extravasão por extensão de rede por ano)	Operacional	AWAA
536	Integridade do sistema de esgotos	(expresso pelas falhas por 100 metros de rede)	Operacional	AWAA
537	<i>Efetividade do tratamento de esgotos</i>	(medido pela conformidade com os padrões estabelecidos)	Operacional	AWAA
538	Custo unitário de operação e manutenção	(por ligação e m3)	Financeira	AWAA
539	Taxa de manutenção planejada	(expresso por duas taxas - custo e horas dedicadas a esta atividade)	Financeira	AWAA
540	Número de propriedades afetadas por extravasamento		Qualidade do Serviço	OFWAT
541	Resposta a contatos dos usuários relativos a faturamento		Serviço ao consumidor	OFWAT
542	Resposta a reclamações escritas		Serviço ao consumidor	OFWAT
543	Contas não baseadas em medições		Serviço ao consumidor	OFWAT
544	Facilidade de contato telefônico com a prestadora de serviço		Serviço ao consumidor	OFWAT
545	Outros aspectos: modo de pagamento de contas, informação ao usuário, política de indenização de usuários, serviços para usuários idosos.		Serviço ao consumidor	OFWAT
546	<i>Número de acidentes de poluição decorrentes da drenagem e tratamento dos esgotos</i>		Ambiental	OFWAT
547	<i>Disposição de lodo</i>	(%)	Ambiental	OFWAT
548	<i>População servida por ETEs que não cumprem os padrões de lançamento</i>	(%)	Ambiental	OFWAT
549	Número de excedências	(-)	Qualidade do Serviço	WERF
550	Número de reclamações	(-)	Qualidade do Serviço	WERF
551	<i>Número de reclamações relacionadas a odor</i>	(-)	Qualidade do Serviço	WERF
552	Número de horas perdidas	(h)	Qualidade do Serviço	WERF
553	<i>Custo por volume tratado</i>	(\$/m ³)	Econômico-financeira	WERF
554	<i>Custo por análise de laboratório</i>	(\$/análise)	Econômico-financeira	WERF
555	<i>Custo de manutenção por volume tratado</i>	(\$/Vol. Tratado)	Econômico-financeira	WERF

Nr Ordem	Indicadores	Unidade de Medida	Dimensões de Avaliação	Origem
556	Custo com horas extras	(\$)	Econômico-financeira	WERF
557	Percentual de remoção	(%)	Qualidade	WERF
558	Número de empregados por volume tratado	(-/m ³)	Recursos Humanos	WERF
559	Número de empregados por cliente atendido		Recursos Humanos	WERF
560	<i>kWh por volume tratado</i>	(kWh/m ³)	Qualidade	WERF
561	Número de análises por técnico	(-)	Qualidade	WERF
562	Índice da capacitação anual da força de trabalho		Capacitação e desenvolvimento	CAESB (GET (CHTE))
563	Índice de empregados treinados		Capacitação e desenvolvimento	CAESB (GEP)
564	Índice de cumprimento do plano de capacitação e desenvolvimento		Capacitação e desenvolvimento	CAESB (GEP)
565	Índice de eficácia de treinamento		Capacitação e desenvolvimento	CAESB (GEP)
566	Índice de reclamações de comunicação de problemas		Clientes	CAESB (PRO)
567	Índice de satisfação dos clientes		Clientes	CAESB (PRO)
568	Tempo médio de resposta à reclamação dos cidadãos/usuários		Clientes	CAESB (GDC (IRPR))
569	Índice de atraso nas entregas dos fornecedores		Confiabilidade no fornecimento	CAESB (GLG (IMRA))
570	Margem líquida com depreciação		Desempenho econômico	CAESB (SNIS)
571	Indicador do nível de investimentos		Desempenho econômico	CAESB
572	Índice de desempenho financeiro		Desempenho financeiro	CAESB (SNIS)
573	Índice de margem operacional		Desempenho financeiro	CAESB (GDC (MAOP))
574	Índice de perda de faturamento		Desempenho financeiro	CAESB (GDC (PEFA))
575	Despesas totais com serviços por m ³		Desempenho financeiro	CAESB (SNIS (I03))
576	Indicador de exec. orçamentária dos invest.		Desempenho financeiro	CAESB
577	Indicador dias de fatu. comprom. contas a receber		Desempenho financeiro	CAESB (SNIS)
578	Indicador de suficiência de caixa		Desempenho financeiro	CAESB (SNIS)

Nr Ordem	Indicadores	Unidade de Medida	Dimensões de Avaliação	Origem
579	Índice de evasão de receita		Desempenho financeiro	CAESB (SNIS)
580	Índice de recuperação de créditos		Desempenho financeiro	CAESB (GDC (RECUP))
581	Índice de qualidade do faturamento		Eficiência do faturamento	CAESB (PCM (IREF))
582	<i>Utilização capacidade instalada - esgoto</i>		Eficiência no tratamento do esgoto sanitário	CAESB (POE (IUCI))
583	<i>Carga poluente removida dos esgotos coletados (DBO₅)</i>		Eficiência no tratamento do esgoto sanitário	CAESB (POE (IGER*))
584	<i>Eficiência do tratamento de esgoto</i>		Efic. no proc. de trat. de esgoto	CAESB (POE (ISp03))
585	<i>Indicador de padrões de efluentes de esgotos</i>		Efic. no proc. de trat. de esgoto	CAESB (GDC (APLE))
586	Incidência do atraso no pagamento a fornecedores		Eficiência de processo	CAESB (GEF)
587	Tempo médio de execução dos serviços		Eficiência no atendimento	CAESB (SNIS)
588	Incidência de processos judiciais recebidos julgados como procedentes		Ética	CAESB (PRJ)
589	Indicador de desempenho do processo de segurança		Gestão dos contatos	CAESB (GSA (IPP03))
590	Indicador de governança corporativa		Governança	CAESB (PRMG)
591	Informatização de processos corporativos		Informatização de processos	CAESB (PRT (IPC))
592	Índice de avaliação do sistema de gestão		Med. Sistema de gestão por sist. Avaliação	CAESB (PRMG (ICQ))
593	Índice de favorabilidade da imagem da organização		Mercado	CAESB (PRO)
594	Índice de conhecimento dos serviços e produtos		Mercado	CAESB (PRO)
595	Índice de atendimento urbano de esgoto sanitário		Mercado	CAESB (PRP (RIG))
596	<i>Índice de tratamento de esgoto gerado</i>		Mercado	CAESB (SNIS)
597	Incremento do número de ligações de esgoto		Mercado	CAESB (PRP (RIG))
598	Índice de novos negócios e parcerias		Mercado	CAESB (PRE)
599	Índice de expansão no mercado de saneamento		Mercado	CAESB (PRMG)

Nr Ordem	Indicadores	Unidade de Medida	Dimensões de Avaliação	Origem
600	Consumo médio de energia elétrica		Processo de apoio	CAESB (PPA (IPEN))
601	Incidência de extravasamentos de esgotos sanitários		Qual. Rede de esgoto sanitário	CAESB (SNIS)
602	Índice de satisfação dos empregados		Qualidade de vida	CAESB (GEP (clima))
603	Índice de satisfação dos empregados		Qualidade de vida	CAESB (PRMG (IQAT))
604	Índice de benefícios		Qualidade de vida	CAESB (PRMG)
605	Índice de remuneração variável		Qualidade de vida	CAESB (PRMG)
606	Índice de frequência de acidentes		Qualidade de vida	CAESB (GEP (IFAT))
607	Coeficiência de gravidade de acidentes		Qualidade de vida	CAESB (GEP (IGAT))
608	Tempo médio de execução de ligação de esgoto sanitário		Qual. do serviço prestado	CAESB
609	Indicador de eficiência ambiental		Responsabilidade ambiental	CAESB (EMR (IEAmb))
610	<i>Indicador de tratamento do esgoto gerado</i>		Responsabilidade ambiental	CAESB (SNIS)
611	<i>Índice de disposição de lodos de esgotos</i>		Responsabilidade ambiental	CAESB (POE (IDL))
612	Indicador de sanções e indenizações		Responsabilidade social	CAESB (PRMG)
613	Indicador de mitigação de impactos ambientais		Responsabilidade social	CAESB (EMR)
614	Indicador de reversão de passivos ambientais		Responsabilidade social	CAESB (EMR)
615	Indicador de comprometimento da renda familiar		Responsabilidade social	CAESB (PRMG)
616	Índice de criatividade do pessoal		Sistema de trabalho	CAESB (GEP (ECO))
617	Índice de produtividade da força de trabalho para sistemas de água e esgoto		Sistema de trabalho	CAESB
618	Índice de produtividade da força de trabalho para sistema de água e esgotos		Sistema de trabalho	CAESB (SNIS)
619	Índice de gestão do quadro de pessoal		Sistema de trabalho	CAESB (GET (IGQ))
620	Satisfação dos usuários de informações		Sistema de trabalho	CAESB (PRMG (Exame))

Nr Ordem	Indicadores	Unidade de Medida	Dimensões de Avaliação	Origem
621	Grau de endividamento		Desempenho financeiro	CAESB (GEFC)
622	Dívida líquida/ EBTIDA		Desempenho financeiro	CAESB (GEFC)
623	EBTIDA/ Resultado financeiro		Desempenho financeiro	CAESB (GEFC)
624	Indicador de desenvolvimento social		Responsabilidade social	CAESB
625	Índice de desempenho (SGPC)		Capacitação e desenvolvimento	CAESB (GEP)
626	Indicador de promoção		Capacitação e desenvolvimento	CAESB (GEP)
627	Índice de retenção		Capacitação e desenvolvimento	CAESB
628	Índice de insumos entregues fora de especificação		Confiabilidade no fornecimento	CAESB (GLG (SILOG))
629	DBO		Operacional	ANA
630	SST		Operacional	ANA
631	CF		Operacional	ANA
632	PT		Operacional	ANA
633	NTK		Operacional	ANA
634	Produção de lodo	[kg/m ³]	Sustentabilidade Ambiental	LNEC
635	Descarte de lodo	[-]	Sustentabilidade Ambiental	LNEC
636	Valorização de lodos	[%]	Sustentabilidade Ambiental	LNEC
637	Teor em matéria seca das lodos produzidos	[%]	Sustentabilidade Ambiental	LNEC
638	Produção de outros subprodutos	(m ³ / 10 ⁶ m ³)	Sustentabilidade Ambiental	LNEC
639	Escoamento de subprodutos		Sustentabilidade Ambiental	LNEC
640	Rejeição do meio suporte	(m ³ / 10 ⁶ m ³)	Sustentabilidade Ambiental	LNEC
641	Produção de biogás	(m ³ /kg)	Sustentabilidade Ambiental	LNEC
642	Valorização de biogás		Sustentabilidade Ambiental	LNEC
643	Emissões de Gases de Efeito Estufa		Sustentabilidade Ambiental	LNEC
644	Eficiência volumétrica	[%]	Proteção dos corpos de água	LNEC
645	Eficiência mássica de estabilização de DBO5		Proteção dos corpos de água	LNEC
646	Eficiência mássica de remoção de DBO5	[%]	Proteção dos corpos de água	LNEC

Nr Ordem	Indicadores	Unidade de Medida	Dimensões de Avaliação	Origem
647	Eficiência de remoção de DQO	[%]	Proteção dos corpos de água	LNEC
648	Adequação a capacidade da planta	(%)	Sustentabilidade da Infraestrutura	LNEC
649	Adequação da capacidade mássica em DBO5	[%]	Sustentabilidade da Infraestrutura	LNEC
650	Adequação da capacidade mássica em SST		Sustentabilidade da Infraestrutura	LNEC
651	Armazenamento de produtos químicos	[dia]	Sustentabilidade Ambiental	LNEC
652	Testes de laboratório	[No./ano]	Proteção dos corpos de água	LNEC
653	Tipo de monitoramento da qualidade da água / lodo		Proteção dos corpos de água	LNEC
654	Monitoramento da qualidade das águas residuárias		Proteção dos corpos de água	LNEC
655	Reciclagem de bombas com controle automático		Sustentabilidade da Infraestrutura	LNEC
656	Controle da recirculação	[%]	Sustentabilidade da Infraestrutura	LNEC
657	Supervisão do tratamento	[%]	Proteção dos corpos de água	LNEC
658	Inspeção de bombas	[No. / (bomba x ano)]	Sustentabilidade da Infraestrutura	LNEC
659	Bombas inspecionadas		Sustentabilidade da Infraestrutura	LNEC
660	Inspeção de aeradores	[%/ano]	Sustentabilidade da Infraestrutura	LNEC
661	Inspeção de motobombas		Sustentabilidade da Infraestrutura	LNEC
662	Motobombas inspecionadas	[%]	Sustentabilidade da Infraestrutura	LNEC
663	Inspeção de meio filtrante	[No./filtros biológicos x ano]	Sustentabilidade da Infraestrutura	LNEC
664	Calibração de medidores de vazão	[No./(medidor de vazão x ano)]	Proteção dos corpos de água	LNEC
665	Calibração de dosadores de reagentes		Proteção dos corpos de água	LNEC
666	Interrupção do funcionamento de aeradores		Proteção dos corpos de água	LNEC
667	Tempo médio para conserto de falhas	[hora/falha]	Sustentabilidade Ambiental	LNEC
668	Autonomia energética	[%]	Sustentabilidade Ambiental	LNEC
669	Interrupção do funcionamento de equipamentos-chave devido a falhas de energia		Proteção dos corpos de água	LNEC
670	Reclamações		Relacionamento adequado com a comunidade	LNEC

Nr Ordem	Indicadores	Unidade de Medida	Dimensões de Avaliação	Origem
671	Reclamações devido ao funcionamento da ETE		Relacionamento adequado com a comunidade	LNEC
672	Interrupção do funcionamento de motobombas	(> 30 min)	Proteção dos corpos de água	LNEC
673	Equalização das taxas de vazão	[%]	Proteção dos corpos de água	LNEC
674	Rendimento unitário operacional ajustado	[Euro/m ³]	Sustentabilidade Econômica	LNEC
675	Custo unitário operacional ajustado	[Euro/m ³]	Sustentabilidade Econômica	LNEC
676	Custo de serviços terceirizados	(%)	Sustentabilidade Econômica	LNEC
677	Custo com energia elétrica	[Euro/m ³]	Sustentabilidade Ambiental	LNEC
678	Custo com aquisição de reagentes e meios de enchimento		Sustentabilidade Ambiental	LNEC
679	Custos com energia elétrica	[%]	Sustentabilidade Econômica	LNEC
680	Taxa de cobertura dos custos operacionais	[-]	Sustentabilidade Econômica	LNEC
681	Taxa de cobertura dos custos operacionais ajustados	[-]	Sustentabilidade Econômica	LNEC
682	Pessoal dedicado ao planejamento e projeto		Sustentabilidade da Infraestrutura	LNEC
683	Área ocupada pelo tratamento	[m ² /m ³]	Sustentabilidade da Infraestrutura	LNEC
684	Avaliação do custo corrente do terreno	[Euro/m ³]	Sustentabilidade Econômica	LNEC
685	Pessoal dedicado ao tratamento	[n./106 m ³]	Proteção da saúde pública	LNEC
686	Pessoal com formação superior	[%]	Proteção da saúde pública	LNEC
687	Tempo total de treinamento	[hora/(empregado.ano)]	Proteção da saúde pública	LNEC
688	Absenteísmo	[%]	Proteção da saúde pública	LNEC
689	Absenteísmo por acidente de trabalho ou doença profissional		Proteção da saúde pública	LNEC
690	Horas extras de trabalho	[%]	Proteção da saúde pública	LNEC
691	Consumo de água doce na ETE	[m ³ /10 m ³]	Sustentabilidade Ambiental	LNEC
692	Consumo de energia	[kWh/m ³]	Sustentabilidade Ambiental	LNEC
693	Consumo de ácidos e bases	(eq./m ³)	Sustentabilidade Ambiental	LNEC
694	Reposição/substituição de meios de enchimento		Sustentabilidade Ambiental	LNEC
695	Substituição de areia	(% / ano)	Sustentabilidade Ambiental	LNEC
696	Derrames e fugas de produtos químicos, subprodutos (ou águas residuárias)	[kg/10 ⁶ m ³]	Sustentabilidade Ambiental	LNEC

Nr Ordem	Indicadores	Unidade de Medida	Dimensões de Avaliação	Origem
697	Derramamento e/ou escapamento de produtos químicos gasosos	[kg/10 ⁶ m ³]	Sustentabilidade Ambiental	LNEC
698	Acidentes de trabalho e doenças profissionais	[n.º/(10 empregados.ano)]	Proteção da saúde pública	LNEC
699	Resposta a emergência	[min / evento de emergência]	Proteção dos corpos de água	LNEC
700	Testes de qualidade realizados (descarga permitida pela regulação)	(%)	Proteção dos corpos de água	LNEC
701	Conformidade da água de descarga em número de análises realizadas (DL 152/97)	[%]	Proteção dos corpos de água	LNEC
702	Conformidade da qualidade das águas residuárias	(%)	Proteção dos corpos de água	LNEC
703	Conformidade da água de descarga em relação à qualidade (DL 152/97)	[%]	Proteção dos corpos de água	LNEC
704	Conformidade da qualidade da descarga de água com outras normas	(%)	Proteção dos corpos de água	LNEC
705	Conformidade da água residuária para reutilização em no. de análises realizadas		Sustentabilidade Ambiental	LNEC
706	Conformidade da qualidade da água com padrões de reuso	(%)	Sustentabilidade Ambiental	LNEC
707	Qualidade microbiológica da água recuperada nos pontos de entrega	[%]	Proteção dos corpos de água	LNEC
708	Produção específica de material retido na grade	[kg/(e.p.-DQO110*a)]		Austrian System
709	Produção específica de graxa	[m ³ /(e.p.-DQO110*a)]		Austrian System
710	Produção específica de material nos desarenadores	[kg/(e.p.-DQO110*a)]		Austrian System
711	Produção específica de excesso de lodo	[g sólido seco/(p.e.-DQO110*d)]		Austrian System
712	Produção específica primária de lodo	[g sólido seco/(p.e.-DQO110*d)]		Austrian System
713	Produção de energia elétrica (CHP)	[kWh/m ³ -gas/a]		Austrian System
714	Consumo específico do agente precipitante como valor-beta	[mol de gradiente ativo/mol P-precipitável]		Austrian System
715	Eficiência de remoção da sedimentação primária	[%]		Austrian System
716	Sólidos secos - lodo espesso	[%]		Austrian System
717	Consumo específico de agente coagulante	[kg ingrediente ativo / t-sólido seco]		Austrian System
718	Fator de coagulação	[sólido seco-saída/sólido seco-entrada]		Austrian System

Nr Ordem	Indicadores	Unidade de Medida	Dimensões de Avaliação	Origem
719	Acumulação específico do gás do digestor	[L/(e.p.-DQO110*d)]		Austrian System
720	Sólidos voláteis do lodo estabilizado	[%]		Austrian System
721	Eficiência de remoção de DQO, DBO, N e P	[%]		Austrian System
722	Concentrações do efluente DQO, DBO, N e P	[mg/L]		Austrian System
723	Índice de lodo	[mL/g]		Austrian System
724	DBO/DQO	[-]		Austrian System
725	Idade do lodo	[d]		Austrian System
726	Idade do lodo aeróbico	[d]		Austrian System
727	Tempo de retenção hidráulica da sedimentação primária	[h]		Austrian System
728	Tempo de residência na digestão anaeróbia	[d]		Austrian System
729	Carga orgânica por volume	[kg SSV/m³/d]		Austrian System
730	Sólidos secos específicos	[g sólidos secos/(e.p.-DQO110*d)]		Austrian System
731	SSV específicos	[g SSV/(e.p.-DQO110*d)]		Austrian System
732	Produção específica de lodo (processo saída)	[g lodo úmido/(e.p.-DQO110*d)]		Austrian System
733	Custo específico do processo	[Euro/e.p.-DQO110]		Austrian System
734	Custo específico de material	[Euro/e.p.-DQO110]		Austrian System
735	Custo específico de trabalho	[Euro/e.p.-DQO110]		Austrian System
736	Custo específico externo (terceirizados)	[Euro/e.p.-DQO110]		Austrian System
737	Custo específico de energia	[Euro/e.p.-DQO110]		Austrian System
738	Custo específico de tratamento de resíduos	[Euro/e.p.-DQO110]		Austrian System
739	Outros custos específicos	[Euro/e.p.-DQO110]		Austrian System
740	Custo específico de tratamento de resíduos	[Euro/ton. de material retido nas grades]		Austrian System
741	Custo específico de tratamento de resíduos	[Euro/ton de material removido nos desarenadores]		Austrian System
742	Custo específico de tratamento de resíduos	[Euro/t lodo úmido]		Austrian System

Nr Ordem	Indicadores	Unidade de Medida	Dimensões de Avaliação	Origem
743	Custo específico para condicionamento de lodo	[Euro/t-agente condicionador]		Austrian System
744	Custo específico de energia	[Euro/kWh]		Austrian System
745	Custo específico para condicionamento de lodo	[Euro/t-(excesso) lodo-lodo úmido]		Austrian System
746	Consumo específico de energia	[kWh/e.p.-DQO-110/a]		Austrian System
747	Consumo específico de energia	[kWh/t-(excesso)lodo-lodo úmido]		Austrian System
748	Consumo específico de energia para aeração	[kWh/e.p.-DQO-110/a]		Austrian System
749	Consumo específico de energia para aeração	[kWh/DQO degradada/a]		Austrian System
750	Energia padronizada de bombeamento	[kWh/m³/m]		Austrian System
751	Energia específica de mistura	[W/m³]		Austrian System
752	Tempo de execução	[h/d]		Austrian System
753	Utilização da capacidade	[%]		Austrian System
754	Cargas específicas	(kg /p.e. / ano de DBO, DQO, COT, P e N)	ID Sobre carga	SWWA
755	Percentagem de remoção de DBO, DQO, COT, P, N e PCO*(1)		ID Sobre qualidade dos efluentes	SWWA
756	Descargas	(kg / p.e. / ano de DBO, DQO, P, N e PCO)	ID Sobre qualidade dos efluentes	SWWA
757	Produção de lodo	(kg sólidos secos/p.e./ano)	ID Sobre lodo e qualidade de lodo	SWWA
758	Qualidade de lodo	(mg de contaminante/ hab. ligado à rede de coleta / ano)	ID Sobre lodo e qualidade de lodo	SWWA
759	Energia comprada	(kWh / p.e. / ano)	ID Sobre energia	SWWA
760	Energia vendida	(kWh / p.e. / ano)	ID Sobre energia	SWWA
761	Energia líquida utilizada	(kWh / p.e. / ano)	ID Sobre energia	SWWA
762	Energia elétrica total utilizada	(kWh / p.e. / ano)	ID Sobre energia	SWWA
763	Energia elétrica utilizada para aeração	(kWh / p.e. / ano)	ID Sobre energia	SWWA
764	Energia elétrica utilizada para aeração	(kWh / kg demanda de oxigênio)	ID Sobre energia	SWWA
765	Energia elétrica utilizada em outras etapas biológicas	(kWh / p.e. / ano)	ID Sobre energia	SWWA

Nr Ordem	Indicadores	Unidade de Medida	Dimensões de Avaliação	Origem
766	Produção de biogás	(kWh / p.e. / ano)	ID Sobre energia	SWWA
767	Produção de biogás	(kWh / kg DQO recebido na ETE)	ID Sobre energia	SWWA
768	Produção de biogás como	(kWh / kg DQO consumida nos digestores)	ID Sobre energia	SWWA
769	Consumo de precipitantes	(mol de metal / p.e. / ano)	ID Sobre consumo de produtos químicos	SWWA
770	Consumo de precipitantes	(mol de metal / mol de P)	ID Sobre consumo de produtos químicos	SWWA
771	Consumo de polímeros para a desidratação	(kg / p.e. / ano)	ID Sobre consumo de produtos químicos	SWWA
772	Consumo de polímeros para a desidratação	(kg sólidos secos / t)	ID Sobre consumo de produtos químicos	SWWA
773	Consumo de fonte de carbono para desnitrificação	(kg DQO /p.e./ ano e kg DQO/ kg N desnitrificado)	ID Sobre consumo de produtos químicos	SWWA
774	Total de pessoal	(No/10000 p.e.)	ID Sobre pessoal	SWWA
775	Pessoal nas operações	(No/10000 p.e.)	ID Sobre pessoal	SWWA
776	Custo operacional total e líquido	(coroa sueca/m ³ consumo de água faturado)	ID Sobre aspectos econômicos	SWWA
777	Custo de operação total e líquido	(coroa sueca / p.e. / ano)	ID Sobre aspectos econômicos	SWWA
778	Custo de operação total e líquido	(coroa sueca / kg PCO removido)	ID Sobre aspectos econômicos	SWWA
779	Custo ajustado de operação total e líquido	(coroa sueca / p.e. / ano)	ID Sobre aspectos econômicos	SWWA
780	Principais custos operacionais	(coroa sueca / p.e. / ano)	ID Sobre aspectos econômicos	SWWA

APÊNDICE B – INDICADORES PRÉ-SELECIONADOS

Tabela B.1 – Indicadores pré-selecionados, com unidade de medida, dimensão e entidades que os empregam.

Nr Ordem	Indicador	Unidade de medida	Dimensão	Entidades que empregam
1	Incidência de processos judiciais recebidos	(ocorrências-ano/1000 hab.)	Administrativa	PNQS - CAESB
2	Índice de avaliação do sistema de gestão	(%)	Administrativa	PNQS - CAESB
3	Índice de disposição de lodos de esgotos	(%)	Ambiental	IRAR - IWA - ERSAR - OFWAT - WSAA
4	Ocorrência de inundações	(nº inundações/ano)	Ambiental	ERSAR - IRAR - IWA - SSCG - ISO 24511
5	Produção de lodo na ETE	(kg/p.e./ano)	Ambiental	IWA - LNEC - Austrian System - SWWA
6	Produção de biogás	(m³/kg)	Ambiental	LNEC - SWWA - Austrian System
7	Emissões de gases provenientes do sistema de esgoto danosos ao efeito estufa	(t CO2/1000 propr.)	Ambiental	WSAA – LNEC
8	Indicador de mitigação de impactos ambientais	(%)	Ambiental	PNQS - CAESB
9	Produção de energia	(kW)	Ambiental	SSCG - Austrian System
10	Reúso de efluente	(%)	Ambiental	IWA - ISO 24511
11	Volume de sedimentos removidos de estruturas do sistema (ex.: tanque séptico)	(t/p.e./ano)	Ambiental	IWA - ISO 24511
12	Custo de operação e manutenção por m³ de esgoto tratado	(R\$/m³)	Econômico-financeira	AWAA - SSCG - IRAR - IBNET - WSAA - ISO 24511 - ABAR - SNIS - WERF - IWA - ADERASA - SWWA - LNEC - PNQS - CAESB - Austrian System
13	Custo com energia elétrica	(R\$/m³)	Econômico-financeira	LNEC - Austrian System - SNIS - ADERASA - IWA - IBNET
14	Despesa média anual por empregado	(R\$/empregado)	Econômico-financeira	SNIS - Austrian System - ADERASA - IBNET - SSCG - IWA
15	Faturamento médio de esgoto	(R\$/m³)	Econômico-financeira	ABAR - SNIS - IBNET - WSAA - ADERASA - IWA
16	Liquidez geral	(%)	Econômico-financeira	ABAR - SNIS - IWA - SSCG - PNQS - CAESB
17	Despesas com materiais, produtos químicos e outros insumos	(%)	Econômico-financeira	IWA - SNIS - SSCG - LNEC - Austrian System

Nr Ordem	Indicador	Unidade de medida	Dimensão	Entidades que empregam
18	Endividamento sobre patrimônio	(%)	Econômico-financeira	SNIS - CAESB - AWAA - IWA - WSAA
19	Índice de cobertura de custo total	(%)	Econômico-financeira	ERSAR - ISO 24511 - IWA - IBNET - LNEC
20	Índice de investimentos	(%)	Econômico-financeira	ADERASA - PNQS - CAESB - IWA - SNIS
21	Margem do serviço da dívida	(%)	Econômico-financeira	IWA - SNIS - IBNET
22	Despesa total unitária por p.e.	(R\$/p.e./ano)	Econômico-financeira	IWA - IBNET
23	Indicador de suficiência de caixa	(%)	Econômico-financeira	SNIS - CAESB
24	Índice de evasão de receita	(%)	Econômico-financeira	CAESB – SNIS
25	Índice de margem operacional	(%)	Econômico-financeira	SNIS – CAESB
26	Rentabilidade sobre patrimônio	(%)	Econômico-financeira	ADERASA - ABAR
27	Adequação da capacidade de tratamento	(%)	Infraestrutural	ERSAR - LNEC - Austrian System
28	Utilização de estações de tratamento	(%)	Infraestrutural	IRAR – IWA
29	Consumo de energia elétrica na ETE por volume tratado	(kWh/m³)	Operacional	SNIS - PNQS - CAESB - IWA - ISO 24511 - SSCG - WERF - IRAR - LNEC - SWWA
30	Frequência de inspeção de equipamento	(-/ano)	Operacional	IWA - ISO 24511 - LNEC
31	Calibração de equipamentos	(-/ano)	Operacional	IWA – LNEC
32	Número de reclamações e de comunicação de problemas	(n°/1000 hab./ano)	Qualidade	IBNET - AWAA - WSAA - PNQS - CAESB - ADERASA - IWA - ABAR - WERF - OFWAT - LNEC
33	Índice de tratamento de esgoto (Porcentagem de volume coletado em relação ao volume enviado para tratamento)	(%)	Qualidade	SNIS - ADERASA - PNQS - CAESB - IRAR - AWAA - ISO 24511 - WSAA - IWA
34	Índice de análises do efluente tratado dentro do padrão exigido pela norma	(%)	Qualidade	ABAR - ADERASA - IWA - ISO 24511 - ERSAR - IRAR
35	Resposta a reclamações e sugestões	(%)	Qualidade	IRAR - IWA - OFWAT - ADERASA - ERSAR - ABAR
36	Índice de tratamento secundário	(%)	Qualidade	IBNET - WSAA - ADERASA - IWA - ISO 24511

Nr Ordem	Indicador	Unidade de medida	Dimensão	Entidades que empregam
37	Eficiência de remoção de DQO, DBO, N e P	(%)	Qualidade	Austrian System - LNEC - SWWA
38	Índice de tratamento primário	(%)	Qualidade	IBNET - WSAA - IWA
39	Testes de qualidade dos esgotos realizados (de acordo com requisitos) (Teste de DBO; Teste de DQO; Teste de SST; Teste de P Total ; Teste de Nitrogênio; Teste E.coli ; Teste de lodo; Teste de lançamentos industriais...)	(-/ano)	Qualidade	IWA - ISO 24511 - LNEC
40	Falhas em conjuntos moto-bombas	(horas/conj.*ano)	Qualidade	IRAR - IWA
41	Índice de conhecimento dos serviços e produtos	(%)	Qualidade	PNQS - CAESB
42	Índice de satisfação dos clientes	(%)	Qualidade	PNQS - CAESB
43	Índice de tratamento terciário ou superior	(%)	Qualidade	WSAA – IWA
44	População residente servida pela ETE (Cobertura da população)	(%)	Qualidade	IWA - ISO 24511
45	Tempo médio de resposta aos usuários	(h/ligação)	Qualidade	PNQS - CAESB
46	Funcionários trabalhando na ETE por população equivalente	(nº/1000 p.e.)	Recursos Humanos	IBNET - IWA - SNIS - SWWA - ERSAR - IRAR
47	Índice de empregados treinados	(%)	Recursos Humanos	CAESB - ISO 24511 - PNQS - AWAA - IWA - LNEC
48	Taxa de severidade da segurança no trabalho e saúde do empregado	(dias/100 func./ano) (medido pelo número de dias de trabalho perdidos por 100 empregados por ano)	Recursos Humanos	AWAA - CAESB - IWA - PNQS - LNEC
49	Acidentes de trabalho e doenças profissionais	(nº/100 func./ano)	Recursos Humanos	LNEC - IWA - PNQS - CAESB
50	Indicador de sanções e indenizações	(%)	Recursos Humanos	PNQS - CAESB
51	Índice de satisfação dos empregados	(%)	Recursos Humanos	PNQS - CAESB

APÊNDICE C – CONSULTA AOS ATORES PARA AVALIAÇÃO DOS INDICADORES PRÉ-SELECIONADOS

A consulta aos atores para avaliar os indicadores pré-selecionados foi realizada com o auxílio do programa *Lime Survey*, uma aplicação livre para desenvolver pesquisas online. Esta aplicação tem como funções: suporte a um número ilimitado de questionários e participantes, vários idiomas, gestão de utilizadores, vários formatos de questões, suporte para imagens, questionários públicos e reservados, envio de convites e avisos por email, apresentação básica dos resultados dos questionários em gráficos e Tabelas, exportação para programas de análise estatística, entre outras. O programa roda completamente em servidor Web. Dessa forma, foi um facilitador para a criação, aplicação e gerenciamento da pesquisa, além de auxiliar na análise estatística dos resultados.

A consulta teve como página inicial uma tela que apresentava seu objetivo, composição e orientações quanto ao preenchimento do questionário, conforme apresentado na Figura C.1.

Pesquisa sobre Avaliação de desempenho de ETEs

Este questionário visa selecionar os indicadores mais adequados para avaliação de desempenho operacional de Estações de Tratamento de Esgoto.

Seja bem vindo ao ambiente virtual preparado para selecionar os indicadores de desempenho mais adequados para avaliação das Estações de Tratamento de Esgoto (ETEs), componente fundamental de um sistema de esgotamento sanitário municipal.

Esta pesquisa de opinião está dividida em 10 partes. Na primeira você indicará sua familiaridade com o tema; na segunda apontará as dimensões de indicadores mais importantes; nas sete posteriores avaliará os indicadores de desempenho propriamente ditos, agrupados em suas respectivas dimensões; e, por último, fará uma comparação dos critérios de seleção dos indicadores.

O tempo médio de resposta deste questionário é de 25 minutos. Você tem a opção de responder a pesquisa por etapas, clicando no botão "continuar mais tarde" (parte inferior das janelas). Neste caso, você deverá gerar um nome de usuário e senha de sua escolha. Fazendo isso, suas respostas serão salvas e você poderá continuar do ponto onde parou posteriormente.

Clique no botão "PRÓXIMO" para iniciar a pesquisa de opinião.

Próximo >

Sair e apagar o questionário

Carregar questionário não finalizado

Figura C.1 – Página inicial da consulta

Uma das vantagens da elaboração da consulta no programa *Lime Survey* foi a possibilidade de gerenciar as respostas em um banco de dados, armazenado em um servidor web. Isso possibilitou o

acesso remoto aos dados. Os participantes poderiam acessar o banco de dados, gerado a partir de suas respostas parciais, depois de criar um código de acesso personalizado, com nome de usuário e senha. Essa possibilidade gerou aumento na participação da pesquisa, já que os respondentes poderiam executar parcialmente o questionário e posteriormente concluí-lo. A Figura C.2 apresenta a tela criada para alertar e explicar essa possibilidade aos que tentassem fechar o questionário antes de ser completamente preenchido.

Pesquisa sobre Avaliação de desempenho de ETEs

Salve seu questionário ainda não terminado

Informe um nome e uma senha para o questionário e clique no botão Salvar abaixo.
O questionário será salvo utilizando seu nome e senha e poderá ser finalizado posteriormente, fazendo login com esses dados.

Informe seu e-mail para receber mais detalhes.

Após ter clicado no botão salvar você pode fechar esta janela ou continuar preenchendo a pesquisa.

Nome:

Senha:

Repita a senha:

Seu endereço de e-mail:

Pergunta de segurança:

[Voltar à pesquisa](#)

Figura C.2 – Tela de aviso para finalização posterior do questionário

A primeira página do questionário teve como objetivo classificar a familiaridade dos atores com o tema e identificar sua esfera de atuação, conforme apresentado na Figura C.3.

Familiaridade com o tema

Auto-classificação do grau de familiaridade com o tema.

1. Avalie seu grau de familiaridade com o tema, empregando a seguinte escala de valor:

Grau de familiaridade	
5	Muito familiar
4	Familiar
3	Familiaridade moderada
2	Pouca familiaridade
1	Nenhuma familiaridade

	1	2	3	4	5
Familiaridade	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

2. Indique a esfera de atuação em que você está enquadrado.

Escolha a(s) que mais se adequem

- Órgão regulador
- Prestador de serviço
- Órgão ambiental
- Usuário do serviço de saneamento
- Pesquisador/especialista da área de saneamento

Figura C.3 – Identificação da esfera de atuação dos atores e de sua familiaridade com o tema

A próxima página apresentava o questionamento aos atores referente à importância das dimensões de avaliação. A Figura C.4 apresenta o formato da pergunta.

Avaliação das Dimensões de Avaliação

Visa verificar a importância das dimensões dos indicadores para avaliação das ETEs.

*** Indique 3 dentre as 7 dimensões apresentadas que, pela sua perspectiva, seriam as mais importantes para avaliação de uma ETE? (se achar necessário pode sugerir outras dimensões)**
Escolha a(s) que mais se adequem

- Administrativa
- Ambiental
- Econômico-financeira
- de Infraestrutura
- Operacional
- de Qualidade (na prestação dos serviços de esgotamento)
- de Recursos Humanos
- Outros:

◀ Anterior Próximo ▶

Sair e apagar o questionário

Retomar mais tarde

Figura C.4 - Verificação da importância das dimensões de avaliação das ETEs

Em seguida, foram apresentados os três critérios que seriam empregados no questionário para avaliação dos indicadores: importância, aplicabilidade e facilidade de interpretação. Foi indicada, ainda, a escala de valor de cada critério. A Figura C.5 apresenta os critérios citados e as respectivas escalas de valor atribuídas.

Avalie a importância, aplicabilidade e facilidade de interpretação dos indicadores apresentados, para sua utilização na avaliação de desempenho de uma ETE. Utilize a seguinte escala de valor para classificar os indicadores:

Importância		Aplicabilidade		Facilidade de interpretação	
5	Muito importante	5	Muito aplicável	5	Muito claro e compreensível
4	Importante	4	Aplicável	4	Claro e compreensível
3	Importância moderada	3	Aplicação moderada	3	Clareza e compreensão moderada
2	Pouco importante	2	Pouco aplicável	2	Pouca clareza e compreensão
1	Irrelevante	1	Inaplicável	1	Obscuro e incompreensível

- **Importância** (relevância do indicador para avaliação de uma ETE);
 - **Aplicabilidade** (viabilidade de aplicação do indicador na avaliação de uma ETE); e
 - **Facilidade de interpretação** (clareza, compreensão do indicador).

Figura C.5 – Critérios de avaliação dos indicadores e escalas de valor atribuídas

Os indicadores de desempenho pré-selecionados foram apresentados com suas respectivas unidades de medida e entidades que o empregam. A Figura C.6 ilustra o modelo de apresentação utilizado, contendo os critérios de avaliação e a respectiva escala de valor.

1. Indicador: Incidência de processos judiciais recebidos (ocorrências-ano/1000 hab.).
Entidades que empregam: PNQS - CAESB

	1	2	3	4	5
Importância	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Aplicabilidade	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Facilidade de interpretação	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

*** 2. Indicador: Índice de avaliação do sistema de gestão (%).**
Entidades que empregam: PNQS - CAESB

	1	2	3	4	5
Importância	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Aplicabilidade	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Facilidade de interpretação	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

◀ Anterior
Próximo ▶

Figura C.6 – Modelo de avaliação dos indicadores no questionário

Todos os 51 indicadores pré-selecionados, apresentados no Apêndice B, foram inseridos na pesquisa conforme o modelo da Figura C.6.

Foram apresentados, no fim da consulta, os critérios que seriam empregados na avaliação global dos indicadores e a escala para avaliação, utilizada para comparação entre os critérios, conforme demonstra a Figura C.7.

Uma das fases mais importantes para seleção dos indicadores é a escolha dos critérios e a medição dos seus pesos. Para tanto, compare os critérios apresentados, utilizando a escala apresentada a seguir.

- Critérios a serem comparados:

1. Grau de importância (relevância do indicador para avaliação de uma ETE);
2. Aplicabilidade (viabilidade de aplicação do indicador na avaliação de uma ETE);
3. Facilidade de interpretação (clareza, compreensão do indicador);
4. Recorrência (número de entidades que empregam o indicador);
5. Disponibilidade de dados para medição e monitoramento;
6. Custo para medição e monitoramento (Custo adequado de medição – aquisição e processamento de dados – e monitoramento); e
7. Referência para medição (existência de nível de referência para que o indicador possa ser comparado).

Escala para avaliação		
1	Importância igual	Os dois critérios tem o mesmo grau de importância
2	Importância pequena de um sobre o outro	A experiência e o juízo favorecem um critério em relação ao outro
3	Importância grande ou essencial	A experiência ou juízo favorece fortemente um critério em relação ao outro
4	Importância muito grande ou demonstrada	Um critério é muito fortemente preferível em relação ao outro.
5	Importância Absoluta	A evidência favorece um critério em relação ao outro, com o mais alto grau de segurança

Obs: utilizando números inteiros, (4) por exemplo, indica que o primeiro critério é muito fortemente preferível em relação ao segundo; por sua vez, ao utilizar números inversos, (1/4) por exemplo, indica que o segundo critério é muito fortemente preferível em relação ao primeiro.

Figura C.7 – Apresentação dos critérios e da escala de valor para ponderação dos critérios

Na próxima página da pesquisa os critérios foram apresentados pareados, com o objetivo de possibilitar a comparação pareada, subsídio do método AHP. A Figura C.8 ilustra o formato utilizado no questionário para coletar as comparações dos critérios.

	1	2	3	4	5	1/2	1/3	1/4	1/5
Grau de importância / Aplicabilidade	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Grau de importância / Facilidade de interpretação	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Grau de importância / Recorrência	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Grau de importância / Disponibilidade de dados para medição e monitoramento	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Grau de importância / Custo para medição e monitoramento	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Grau de importância / Referência para medição	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Aplicabilidade / Facilidade de interpretação	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Aplicabilidade / Recorrência	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Aplicabilidade / Disponibilidade de dados para medição e monitoramento	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Aplicabilidade / Custo para medição e monitoramento	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Aplicabilidade / Referência para medição	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Figura C.8 – Comparações pareadas dos critérios

Por fim, a pesquisa possibilita aos atores a sugestão de outros critérios para utilização na seleção dos indicadores, conforme ilustra a Figura C.9.

Avaliação dos critérios de seleção de indicadores

Esta avaliação visa determinar o grau de importância dos critérios sugeridos e permitir a sugestão de novos critérios para seleção dos indicadores de desempenho.

Se julgar necessário, sugira outros critérios que não estão presentes nesta avaliação (critérios que você considera importantes para selecionar os melhores indicadores de desempenho para avaliação de uma ETE).

Figura C.9 – Sugestões de novos critérios

APENDICE D – RESULTADOS DA CONSULTA AOS ATORES

Tabela D.1 – Resultados da consulta aos atores coletados com o programa Lime Survey.

Nr	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	1	2	3	4	1	2	3	4	5	6	1	2
Instituição de origem dos atores	Especialista														Regulador				Prestador						Usuário		
	UFRJ	UFMS	UFPE	UFSC	UFMG	UFMG	UFMS	UFMG	UNICAMP	UFRJ	UFMG	IPT	UFRJ	UnB	UEFS	ADASA	SNSA	ADASA	ADASA	CAESB	CAESB	CAESB	COPASA	COPASA	COPASA	Associação de Moradores	ONG
1. Indicador: Incidência de processos judiciais recebidos (ocorrências-ano/1000 hab.). Entidades que empregam: PNQS - CAESB [Importância]	3	3	3	3	4	3	5	2	3	1	3	2	5	2	5	1	3	3	5	3	1	4	4	3	3	5	3
1. [Aplicabilidade]	3	4	4	2	4	3	4	5	2	1	2	2	5	3	5	2	4	3	5	3	1	4	3	3	4	4	3
1. [Facilidade de interpretação]	2	2	4	2	4	3	4	5	3	5	2	1	5	2	5	2	4	5	5	2	1	3	3	3	5	4	3
1. [Disp. de dados para medição e monit.]	-	-	-	3	-	-	-	-	-	-	3	2	-	-	2	5	2	2	3	4	3	2	4	3	3	-	-
1. [Custo para medição e monitoramento]	-	-	-	3	-	-	-	-	-	-	5	4	-	-	2	5	3	3	4	5	5	3	4	4	3	-	-
1. [Referência para medição e monit.]	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	3	1	-	-	4	1	2	2	2	3	2	2	2	3	4	-	-
1. [Recorrência]															2												
2. Indicador: Índice de avaliação do sistema de gestão (%). Entidades que empregam: PNQS - CAESB [Importância]	5	4	3	3	3	3	5	2	3	1	3	2	5	3	5	3	5	5	5	4	3	5	4	1	4	5	2
2. [Aplicabilidade]	4	4	3	3	2	2	4	5	3	1	2	3	5	2	5	3	5	3	5	3	3	5	4	2	4	3	2
2. [Facilidade de interpretação]	4	3	3	3	1	2	4	5	2	1	2	1	5	2	5	3	3	3	5	3	3	3	4	2	2	4	2
2. [Disp. de dados para medição e monit.]	-	-	-	3	-	-	-	-	-	-	5	2	-	-	2	3	2	2	3	5	2	4	3	3	2	-	-
2. [Custo para medição e monitoramento]	-	-	-	3	-	-	-	-	-	-	5	3	-	-	2	3	3	3	3	4	3	5	3	3	3	-	-
2. [Referência para medição e monit.]	-	-	-	3	-	-	-	-	-	-	5	1	-	-	4	3	2	2	2	4	3	4	3	3	2	-	-
2. [Recorrência]															2												
3. Indicador: Índice de disposição de lodos de esgotos (%). Entidades que utilizam: IRAR - IWA - ERSAR - OFWAT - WSAA [Importância]	5	3	3	5	4	4	5	5	5	5	5	5	4	4	5	5	5	5	5	5	4	5	4	5	5	5	2
3. [Aplicabilidade]	4	4	3	5	4	4	5	4	4	5	5	5	4	4	5	5	5	5	5	5	4	5	4	5	5	3	2
3. [Facilidade de interpretação]	3	3	3	5	2	4	5	3	4	5	5	3	4	4	5	5	5	5	5	5	4	5	4	4	5	5	4
3. [Disp. de dados para medição e monit.]	-	-	-	4	-	-	-	-	-	-	4	4	-	-	2	5	2	2	2	4	3	3	3	4	1	-	-
3. [Custo para medição e monitoramento]	-	-	-	3	-	-	-	-	-	-	5	3	-	-	2	5	3	3	4	4	3	3	4	4	1	-	-

Obs: a) para preservar a identidade dos atores foi citada apenas a sua instituição de origem; e b) a ordem apresentada dentro dos grupos está de acordo com o recebimento das respostas.

Nr	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	1	2	3	4	1	2	3	4	5	6	1	2	
Instituição de origem do avaliador	Especialista														Regulador				Prestador						Usuário			
3. [Referência para medição e monit.]	-	-	-	3	-	-	-	-	-	-	4	3	-	-	4	5	3	2	3	4	2	2	1	4	4	-	-	
3. [Recorrência]	5																											
4. Indicador: Ocorrência de inundações (nº inundações/ano). Entidades que empregam: ERSAR - IRAR - IWA - SSCG - ISO 24511 [Importância]	4	3	5	5	3	4	5	5	4	1	5	3	1	4	5	5	4	4	5	1	2	3	1	5	4	1	2	
4. [Aplicabilidade]	4	4	5	5	5	4	5	5	4	1	5	4	1	4	5	5	5	3	5	1	2	3	1	5	5	1	2	
4. [Facilidade de interpretação]	4	4	5	5	4	4	5	5	3	5	5	5	1	4	5	5	5	4	5	1	4	3	2	5	4	1	2	
4. [Disp. de dados para medição e monit.]	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	4	2	-	-	4	5	4	4	2	2	5	3	2	4	1	-	-	
4. [Custo para medição e monitoramento]	-	-	-	4	-	-	-	-	-	-	4	4	-	-	3	5	4	2	3	2	4	3	2	5	4	-	-	
4. [Referência para medição e monit.]	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	4	1	-	-	5	5	4	4	2	2	3	3	2	5	4	-	-	
4. [Recorrência]	5																											
5. Indicador: Produção de lodo na ETE. Entidades que empregam: IWA - LNEC - Austrian System - SWWA [Importância]	5	4	3	5	2	5	5	5	5	5	3	5	4	3	4	2	5	3	5	4	4	3	4	5	5	3	2	
5. [Aplicabilidade]	5	4	4	5	4	5	5	3	5	5	3	4	4	4	4	2	5	3	5	4	4	3	4	5	5	4	2	
5. [Facilidade de interpretação]	4	4	4	5	2	5	5	5	4	5	3	2	4	4	4	2	2	3	5	4	3	3	4	5	5	5	2	
5. [Disp. de dados para medição e monit.]	-	-	-	3	-	-	-	-	-	-	4	4	-	-	2	4	4	4	2	5	4	4	4	4	1	-	-	
5. [Custo para medição e monitoramento]	-	-	-	3	-	-	-	-	-	-	3	3	-	-	2	3	2	3	3	4	4	4	4	4	5	-	-	
5. [Referência para medição e monit.]	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	3	3	-	-	4	4	4	4	3	5	3	4	2	4	5	-	-	
5. [Recorrência]	4																											
6. Indicador: Produção de biogás (m³/kg).Entidades que empregam: LNEC - SWWA - Austrian System [Importância]	5	4	3	5	2	4	5	5	4	5	3	5	4	2	5	2	5	3	5	5	3	5	4	5	5	4	1	
6. [Aplicabilidade]	5	4	4	3	4	4	5	3	2	5	3	3	4	2	5	2	5	3	5	4	1	3	4	5	5	5	1	
6. [Facilidade de interpretação]	4	4	4	5	2	5	5	5	3	5	3	2	4	1	5	2	5	3	5	4	3	1	4	5	5	5	2	
6. [Disp. de dados para medição e monit.]	-	-	-	3	-	-	-	-	-	-	3	2	-	-	2	3	2	4	2	5	2	2	2	3	2	-	-	
6. [Custo para medição e monitoramento]	-	-	-	3	-	-	-	-	-	-	2	3	-	-	2	3	2	3	4	4	2	1	2	4	3	-	-	
6. [Referência para medição e monit.]	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	2	2	-	-	3	3	2	4	2	5	3	2	1	2	4	-	-	
6. [Recorrência]	3																											
7. Indicador: Emissões de gases provenientes do sistema de esgoto, danosos ao efeito estufa (t CO2/1000 prop.). Entidades que empregam: WSAA - LNEC [Importância]	5	4	4	5	4	4	4	4	4	1	3	4	3	3	4	5	5	5	5	3	4	5	2	5	4	5	1	
7. [Aplicabilidade]	4	4	3	3	4	4	4	2	2	1	2	3	3	3	4	5	5	4	5	3	4	1	2	5	3	5	1	
7. [Facilidade de interpretação]	4	4	2	4	3	4	4	5	3	1	1	2	3	2	4	5	5	4	5	3	3	1	2	5	4	5	1	
7. [Disp. de dados para medição e monit.]	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	3	1	-	-	2	3	2	4	1	4	2	1	2	4	1	-	-	
7. [Custo para medição e monitoramento]	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	2	4	-	-	2	2	2	2	4	4	2	1	2	4	4	-	-	

Nr	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	1	2	3	4	1	2	3	4	5	6	1	2	
Instituição de origem do avaliador	Especialista														Regulador				Prestador						Usuário			
7. [Referência para medição e monit.]	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	2	1	-	-	3	3	4	4	2	4	2	1	2	2	4	-	-	
7. [Recorrência]	2																											
8. Indicador: Indicador de mitigação de impactos ambientais (%). Entidades que empregam: PNQS - CAESB [Importância]	5	4	4	5	4	3	4	4	5	1	1	4	4	4	5	3	5	5	5	4	4	5	4	4	4	5	1	
8. [Aplicabilidade]	4	4	3	4	3	3	4	4	4	1	1	2	4	4	5	3	5	4	5	4	4	5	4	4	4	4	5	1
8. [Facilidade de interpretação]	3	3	2	4	2	2	4	4	4	1	1	1	4	4	5	3	3	4	5	3	2	5	4	3	4	5	1	
8. [Disp. de dados para medição e monit.]	-	-	-	4	-	-	-	-	-	-	3	2	-	-	2	3	3	4	1	3	3	4	2	4	1	-	-	
8. [Custo para medição e monitoramento]	-	-	-	4	-	-	-	-	-	-	3	4	-	-	2	3	3	3	4	3	3	4	3	4	3	-	-	
8. [Referência para medição e monit.]	-	-	-	3	-	-	-	-	-	-	3	2	-	-	3	3	3	4	2	2	2	4	2	4	4	-	-	
8. [Recorrência]	2																											
9. Indicador: Produção de energia (kW). Entidades que empregam: SSCG - Austrian System [Importância]	5	3	4	5	2	4	4	3	3	3	3	4	3	4	5	4	4	3	5	4	2	5	4	4	5	4	1	
9. [Aplicabilidade]	4	2	4	3	2	4	4	4	2	3	3	3	3	4	5	5	4	3	5	4	1	3	2	4	5	4	1	
9. [Facilidade de interpretação]	3	3	4	3	2	4	4	5	2	1	3	3	3	4	5	5	4	3	5	4	1	1	2	5	5	4	2	
9. [Disp. de dados para medição e monit.]	-	-	-	3	-	-	-	-	-	-	2	1	-	-	2	5	2	4	1	4	2	1	2	4	2	-	-	
9. [Custo para medição e monitoramento]	-	-	-	3	-	-	-	-	-	-	4	4	-	-	2	3	1	2	4	4	3	1	1	4	1	-	-	
9. [Referência para medição e monit.]	-	-	-	3	-	-	-	-	-	-	2	1	-	-	2	5	3	4	2	4	2	1	2	2	2	-	-	
9. [Recorrência]	2																											
10. Indicador: Reúso de efluente (%). Entidades que empregam: IWA - ISO 24511 [Importância]	5	4	5	5	3	4	3	4	5	1	5	5	4	4	4	4	4	4	5	4	2	5	4	4	5	5	2	
10. [Aplicabilidade]	5	3	5	5	3	4	4	4	4	1	5	5	4	2	4	5	4	4	5	4	1	5	2	4	5	5	2	
10. [Facilidade de interpretação]	5	4	5	5	4	3	4	5	4	5	5	4	4	3	4	5	4	4	5	4	1	5	4	4	5	5	4	
10. [Disp. de dados para medição e monit.]	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	2	2	-	-	2	4	3	2	2	4	3	2	2	4	1	-	-	
10. [Custo para medição e monitoramento]	-	-	-	3	-	-	-	-	-	-	3	3	-	-	2	4	3	3	4	4	4	3	3	4	4	-	-	
10. [Referência para medição e monit.]	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	2	3	-	-	2	3	3	2	2	4	2	2	2	2	3	-	-	
10. [Recorrência]	2																											
11. Indicador: Volume de sedimentos removidos de estruturas do sistema, ex.: tanque séptico, (t/p.e./ano) Entidades que empregam: IWA - ISO 24511 [Importância]	5	3	5	5	2	3	5	4	5	4	2	3	3	4	4	2	5	3	5	3	3	5	2	4	5	5	1	
11. [Aplicabilidade]	4	4	4	5	4	3	5	4	5	4	2	3	3	4	4	2	5	3	5	3	1	3	2	5	5	5	1	
11. [Facilidade de interpretação]	4	3	3	5	3	3	5	5	5	1	1	4	3	2	4	3	5	3	5	3	1	1	2	5	5	5	2	
11. [Disp. de dados para medição e monit.]	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	2	3	-	-	2	5	3	2	1	3	2	2	4	4	1	-	-	
11. [Custo para medição e monitoramento]	-	-	-	3	-	-	-	-	-	-	3	3	-	-	2	3	3	3	4	3	2	2	4	4	4	-	-	
11. [Referência para medição e monit.]	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	2	3	-	-	2	3	3	2	2	3	1	2	1	2	4	-	-	

Nr	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	1	2	3	4	1	2	3	4	5	6	1	2	
Instituição de origem do avaliador	Especialista														Regulador				Prestador						Usuário			
11. [Recorrência]	2																											
12. Indicador: Custo de operação e manutenção por m3 de esgoto tratado (R\$/m³). Entidades que utilizam: AWAA - SSCG - IRAR - IBNET - WSAA - ISO 24511 - ABAR - SNIS - WERF - IWA - ADERASA - SWWA - LNEC - PNQS - CAESB - Austrian System [Importância]	4	4	5	5	3	5	5	5	5	1	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	4	5	1	5	5	5	5	2
12. [Aplicabilidade]	4	5	5	5	3	5	5	5	5	1	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	2	5	1	5	5	5	5	2
12. [Facilidade de interpretação]	3	4	5	5	5	5	5	5	5	1	5	4	5	4	5	5	5	5	5	5	2	3	1	5	5	5	5	2
12. [Disp. de dados para medição e monit.]	-	-	-	4	-	-	-	-	-	-	5	3	-	-	2	5	5	3	2	4	4	4	2	4	5	-	-	
12. [Custo para medição e monitoramento]	-	-	-	4	-	-	-	-	-	-	5	3	-	-	1	4	5	2	3	3	5	4	3	4	4	-	-	
12. [Referência para medição e monit.]	-	-	-	3	-	-	-	-	-	-	5	2	-	-	3	4	5	4	3	4	4	4	3	2	4	-	-	
12. [Recorrência]	16																											
13. Indicador: Custo com energia elétrica (R\$/m3). Entidades que empregam: LNEC - Austrian System - SNIS - ADERASA - IWA - IBNET [Importância]	4	4	5	5	3	4	5	4	5	1	5	5	4	3	4	4	4	5	5	4	4	5	1	5	5	5	5	2
13. [Aplicabilidade]	3	4	5	5	4	5	5	5	5	1	5	5	4	2	4	5	5	5	5	4	1	3	1	5	5	5	5	2
13. [Facilidade de interpretação]	3	4	5	5	5	5	5	5	5	1	5	3	4	3	4	5	5	5	5	4	2	3	1	5	5	5	5	2
13. [Disp. de dados para medição e monit.]	-	-	-	4	-	-	-	-	-	-	5	4	-	-	2	5	5	4	3	4	4	4	4	4	5	-	-	
13. [Custo para medição e monitoramento]	-	-	-	4	-	-	-	-	-	-	5	5	-	-	1	5	5	3	3	4	5	4	4	4	5	-	-	
13. [Referência para medição e monit.]	-	-	-	3	-	-	-	-	-	-	5	3	-	-	2	4	5	4	3	4	4	4	3	4	5	-	-	
13. [Recorrência]	6																											
14. Indicador: Despesa média anual por empregado (R\$/empregado). Entidades que empregam: SNIS - Austrian System - ADERASA - IBNET - SSCG - IWA [Importância]	4	3	5	5	2	3	5	3	5	1	4	3	4	3	4	2	4	3	5	2	1	5	2	5	4	5	3	
14. [Aplicabilidade]	4	4	5	5	4	3	5	5	5	1	5	5	4	3	4	2	5	3	5	2	1	5	2	5	3	5	3	
14. [Facilidade de interpretação]	4	4	5	5	5	3	5	5	5	1	5	3	4	2	4	4	5	5	5	2	1	5	2	5	4	5	3	
14. [Disp. de dados para medição e monit.]	-	-	-	4	-	-	-	-	-	-	5	5	-	-	2	5	5	2	4	5	3	2	4	4	5	-	-	
14. [Custo para medição e monitoramento]	-	-	-	4	-	-	-	-	-	-	5	4	-	-	1	5	5	3	4	5	5	4	4	4	5	-	-	
14. [Referência para medição e monit.]	-	-	-	3	-	-	-	-	-	-	5	2	-	-	2	4	5	3	4	5	3	2	3	4	5	-	-	
14. [Recorrência]	6																											
15. Indicador: Faturamento médio de esgoto (R\$/m³). Entidades que empregam: ABAR - SNIS - IBNET - WSAA - ADERASA - IWA [Importância]	5	3	5	5	3	4	5	3	4	1	4	2	2	4	3	2	5	5	5	3	1	5	1	5	5	3	3	
15. [Aplicabilidade]	5	4	5	5	4	4	5	5	3	1	4	1	2	4	3	2	5	5	5	3	1	5	1	5	5	4	3	
15. [Facilidade de interpretação]	4	4	5	5	5	4	5	5	4	1	4	1	2	3	3	4	5	5	5	3	1	5	1	5	5	4	3	
15. [Disp. de dados para medição e monit.]	-	-	-	4	-	-	-	-	-	-	2	5	-	-	2	5	5	2	2	5	4	4	3	4	5	-	-	

Nr	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	1	2	3	4	1	2	3	4	5	6	1	2	
Instituição de origem do avaliador	Especialista														Regulador				Prestador						Usuário			
15. [Custo para medição e monitoramento]	-	-	-	4	-	-	-	-	-	-	4	5	-	-	2	4	5	3	3	5	5	4	4	4	4	-	-	
15. [Referência para medição e monit.]	-	-	-	3	-	-	-	-	-	-	2	1	-	-	2	4	5	2	2	5	5	4	3	2	4	-	-	
15. [Recorrência]	6																											
16. Indicador: Liquidez geral (%). Entidades que empregam: ABAR - SNIS - IWA - SSCG - PNQS - CAESB [Importância]	4	2	4	4	3	3	5	3	3	1	2	2	1	3	3	1	3	2	5	1	1	5	3	5	5	5	5	3
16. [Aplicabilidade]	3	3	4	3	3	3	5	5	3	1	2	2	1	2	3	1	3	2	5	1	1	5	3	5	4	5	3	
16. [Facilidade de interpretação]	3	3	4	3	2	2	5	5	3	1	1	1	1	2	3	3	3	2	5	1	1	5	3	3	5	5	3	
16. [Disp. de dados para medição e monit.]	-	-	-	4	-	-	-	-	-	-	4	2	-	-	2	5	5	2	2	5	4	4	4	4	4	-	-	
16. [Custo para medição e monitoramento]	-	-	-	4	-	-	-	-	-	-	4	3	-	-	2	5	5	3	2	5	5	4	4	4	3	-	-	
16. [Referência para medição e monit.]	-	-	-	3	-	-	-	-	-	-	4	1	-	-	2	1	5	2	2	5	5	4	3	2	3	-	-	
16. [Recorrência]	6																											
17. Indicador: Despesas com materiais, produtos químicos e outros insumos (%). Entidades que empregam: IWA - SNIS - SSCG - LNEC - Austrian System [Importância]	5	4	4	5	2	3	5	4	5	1	4	4	4	3	5	2	4	5	5	4	4	5	1	5	5	5	3	
17. [Aplicabilidade]	5	4	3	5	3	3	5	5	5	1	4	5	4	2	5	2	5	5	5	4	2	5	1	5	5	5	3	
17. [Facilidade de interpretação]	4	4	3	5	5	3	5	5	5	1	4	3	4	2	4	2	5	5	5	4	2	5	1	5	5	5	3	
17. [Disp. de dados para medição e monit.]	-	-	-	4	-	-	-	-	-	-	5	4	-	-	3	5	5	2	4	5	4	3	4	4	5	-	-	
17. [Custo para medição e monitoramento]	-	-	-	4	-	-	-	-	-	-	5	4	-	-	1	5	5	3	4	5	5	3	4	4	4	-	-	
17. [Referência para medição e monit.]	-	-	-	3	-	-	-	-	-	-	5	1	-	-	4	4	5	2	4	5	4	3	2	2	4	-	-	
17. [Recorrência]	5																											
18. Indicador: Endividamento sobre patrimônio (%). Entidades que empregam: SNIS - CAESB - AWAA - IWA - WSAA [Importância]	4	3	4	5	2	3	5	3	3	1	2	2	1	2	3	1	3	2	5	1	1	5	3	5	5	4	3	
18. [Aplicabilidade]	4	4	3	3	2	3	5	5	3	1	2	1	1	2	3	1	3	2	5	1	1	5	3	4	4	3	3	
18. [Facilidade de interpretação]	3	4	2	3	4	3	5	5	4	1	1	1	1	1	2	2	3	2	5	1	1	5	3	3	5	4	3	
18. [Disp. de dados para medição e monit.]	-	-	-	3	-	-	-	-	-	-	4	1	-	-	3	2	5	2	4	5	4	4	3	4	4	-	-	
18. [Custo para medição e monitoramento]	-	-	-	3	-	-	-	-	-	-	4	4	-	-	3	2	5	3	4	5	5	4	4	4	3	-	-	
18. [Referência para medição e monit.]	-	-	-	3	-	-	-	-	-	-	4	1	-	-	3	2	5	2	4	5	5	4	3	2	4	-	-	
18. [Recorrência]	5																											

Nr	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	1	2	3	4	1	2	3	4	5	6	1	2
Instituição de origem do avaliador	Especialista														Regulador				Prestador						Usuário		
19. Indicador: Índice de cobertura de custo total (%). Entidades que empregam: ERSAR - ISO 24511 - IWA - IBNET - LNEC [Importância]	5	3	4	5	4	3	5	3	5	1	2	2	1	3	4	1	5	3	5	2	1	5	2	4	4	5	2
19. [Aplicabilidade]	5	4	3	4	3	3	5	5	5	1	2	1	1	3	3	1	5	3	5	2	1	5	2	4	3	5	2
19. [Facilidade de interpretação]	4	4	2	4	4	3	5	5	5	1	1	1	1	2	2	2	5	3	5	2	1	5	2	2	3	5	3
19. [Disp. de dados para medição e monit.]	-	-	-	3	-	-	-	-	-	-	4	2	-	-	2	3	3	3	3	4	3	2	3	4	4	-	-
19. [Custo para medição e monitoramento]	-	-	-	3	-	-	-	-	-	-	4	3	-	-	3	3	4	4	3	4	3	3	3	4	3	-	-
19. [Referência para medição e monit.]	-	-	-	3	-	-	-	-	-	-	4	1	-	-	3	3	3	3	3	4	2	2	3	2	4	-	-
19. [Recorrência]	5																										
20. Indicador: Índice de investimentos (%).Entidades que empregam: ADERASA - PNQS - CAESB - IWA - SNIS [Importância]	5	4	4	5	2	3	5	4	4	1	3	3	2	1	5	1	4	2	5	1	1	5	3	5	5	5	1
20. [Aplicabilidade]	5	3	3	4	3	3	5	5	4	1	3	3	2	1	4	1	5	2	5	1	1	5	3	4	4	5	1
20. [Facilidade de interpretação]	4	3	3	4	3	3	5	5	3	1	3	2	2	1	3	3	5	2	5	1	1	5	3	3	4	5	1
20. [Disp. de dados para medição e monit.]	-	-	-	3	-	-	-	-	-	-	4	2	-	-	3	5	5	3	4	4	3	4	3	4	5	-	-
20. [Custo para medição e monitoramento]	-	-	-	3	-	-	-	-	-	-	5	3	-	-	2	5	5	4	4	4	4	4	3	4	4	-	-
20. [Referência para medição e monit.]	-	-	-	3	-	-	-	-	-	-	4	1	-	-	4	3	5	3	3	4	4	4	3	2	4	-	-
20. [Recorrência]	5																										
21. Indicador: Margem do serviço da dívida (%). Entidades que empregam: IWA - SNIS - IBNET [Importância]	4	2	4	4	2	3	5	3	4	1	2	1	2	1	3	1	4	2	5	2	2	5	3	4	5	4	3
21. [Aplicabilidade]	3	3	3	4	2	3	5	5	4	1	2	1	2	1	2	3	5	2	5	2	2	5	3	3	4	4	3
21. [Facilidade de interpretação]	2	3	3	4	3	3	5	5	4	1	1	1	2	1	2	3	5	2	5	2	3	5	3	2	4	4	3
21. [Disp. de dados para medição e monit.]	-	-	-	3	-	-	-	-	-	-	3	1	-	-	2	5	5	2	2	5	3	3	3	4	4	-	-
21. [Custo para medição e monitoramento]	-	-	-	3	-	-	-	-	-	-	5	3	-	-	3	5	5	3	2	5	4	3	3	4	3	-	-
21. [Referência para medição e monit.]	-	-	-	3	-	-	-	-	-	-	3	1	-	-	3	4	5	3	2	5	3	3	3	2	3	-	-
21. [Recorrência]	3																										
22. Indicador: Despesa total unitária por p.e.(R\$/p.e./ano). Entidades que empregam: IWA - IBNET [Importância]	4	4	4	5	2	4	5	5	5	1	4	2	4	1	3	4	4	3	5	3	4	5	3	3	4	2	3
22. [Aplicabilidade]	3	4	3	5	3	5	5	5	4	1	4	2	4	1	3	4	5	3	5	3	2	3	3	3	4	2	3
22. [Facilidade de interpretação]	3	4	3	5	4	5	5	5	5	1	4	1	4	1	3	5	5	3	5	3	2	3	3	2	3	3	3
22. [Disp. de dados para medição e monit.]	-	-	-	4	-	-	-	-	-	-	4	1	-	-	2	4	4	2	2	5	3	2	3	4	3	-	-
22. [Custo para medição e monitoramento]	-	-	-	4	-	-	-	-	-	-	5	3	-	-	2	4	4	3	2	5	4	2	3	4	3	-	-
22. [Referência para medição e monit.]	-	-	-	3	-	-	-	-	-	-	4	1	-	-	3	3	4	3	2	5	2	2	2	2	3	-	-

Nr	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	1	2	3	4	1	2	3	4	5	6	1	2				
	Instituição de origem do avaliador															Especialista					Regulador				Prestador						Usuário
22. [Recorrência]	2																														
23. Indicador: Índice de suficiência de caixa (%). Entidades que empregam: SNIS - CAESB [Importância]	4	2	4	5	3	3	5	4	4	1	2	1	1	1	3	1	5	2	5	1	1	5	3	3	5	4	3				
23. [Aplicabilidade]	3	2	3	4	2	3	5	5	3	1	2	1	1	1	3	1	5	2	5	1	1	5	3	3	4	5	3				
23. [Facilidade de interpretação]	3	3	3	3	4	3	5	5	3	1	1	1	1	1	3	2	5	2	5	1	1	5	3	2	4	4	3				
23. [Disp. de dados para medição e monit.]	-	-	-	3	-	-	-	-	-	-	1	2	-	-	2	5	5	2	3	5	3	2	3	4	4	-	-				
23. [Custo para medição e monitoramento]	-	-	-	3	-	-	-	-	-	-	5	3	-	-	2	5	5	3	3	5	4	3	3	4	3	-	-				
23. [Referência para medição e monit.]	-	-	-	3	-	-	-	-	-	-	1	1	-	-	2	5	5	3	3	5	4	2	3	2	3	-	-				
23. [Recorrência]	2																														
24. Indicador: Índice de evasão de receita (%). Entidades que empregam: CAESB - SNIS [Importância]	3	3	4	4	2	3	5	3	3	1	3	1	1	1	3	1	4	4	5	2	1	5	3	5	5	3	3				
24. [Aplicabilidade]	3	4	3	3	2	2	5	4	3	1	3	1	1	1	3	1	5	4	5	2	1	5	3	5	4	4	3				
24. [Facilidade de interpretação]	2	4	2	2	4	2	5	5	3	1	1	1	1	1	2	3	5	4	5	2	1	5	3	5	5	4	3				
24. [Disp. de dados para medição e monit.]	-	-	-	3	-	-	-	-	-	-	1	2	-	-	2	5	5	3	3	5	4	2	3	4	4	-	-				
24. [Custo para medição e monitoramento]	-	-	-	3	-	-	-	-	-	-	5	3	-	-	2	5	5	2	3	5	4	3	3	4	3	-	-				
24. [Referência para medição e monit.]	-	-	-	3	-	-	-	-	-	-	1	1	-	-	2	5	5	3	3	5	4	2	3	2	3	-	-				
24. [Recorrência]	2																														
25. Indicador: Índice de margem operacional (%). Entidades que empregam: SNIS - CAESB [Importância]	4	3	4	4	2	3	5	3	3	1	3	1	1	2	2	1	3	4	5	2	1	5	2	4	5	1	2				
25. [Aplicabilidade]	3	4	3	3	2	2	5	4	2	1	3	1	1	2	3	1	3	4	5	2	1	5	2	3	4	2	2				
25. [Facilidade de interpretação]	3	4	2	3	3	2	5	5	2	1	1	1	1	1	2	2	3	4	5	2	1	5	2	2	4	1	3				
25. [Disp. de dados para medição e monit.]	-	-	-	3	-	-	-	-	-	-	1	1	-	-	2	4	5	2	3	5	4	2	3	4	4	-	-				
25. [Custo para medição e monitoramento]	-	-	-	3	-	-	-	-	-	-	5	3	-	-	2	4	5	3	3	5	4	3	3	4	4	-	-				
25. [Referência para medição e monit.]	-	-	-	3	-	-	-	-	-	-	1	1	-	-	2	4	5	3	3	5	4	2	3	2	3	-	-				
25. [Recorrência]	2																														
26. Indicador: Rentabilidade sobre patrimônio (%). Entidades que empregam: ADERASA - ABAR [Importância]	5	3	4	3	2	2	5	3	4	1	2	1	1	1	2	1	3	3	5	1	1	5	3	4	5	3	3				
26. [Aplicabilidade]	4	3	3	3	2	2	5	4	3	1	2	1	1	1	1	1	3	3	5	1	1	5	3	3	4	5	3				
26. [Facilidade de interpretação]	3	4	3	3	2	1	5	5	3	1	1	1	1	1	2	2	3	3	5	1	1	5	3	2	4	3	3				
26. [Disp. de dados para medição e monit.]	-	-	-	3	-	-	-	-	-	-	1	1	-	-	3	2	3	3	2	5	3	2	3	4	4	-	-				
26. [Custo para medição e monitoramento]	-	-	-	3	-	-	-	-	-	-	5	3	-	-	3	2	4	2	2	5	4	3	3	4	3	-	-				
26. [Referência para medição e monit.]	-	-	-	3	-	-	-	-	-	-	1	1	-	-	3	2	3	3	2	5	3	2	3	2	3	-	-				
26. [Recorrência]	2																														

Nr	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	1	2	3	4	1	2	3	4	5	6	1	2	
Instituição de origem do avaliador	Especialista														Regulador				Prestador						Usuário			
27. Indicador: Adequação da capacidade de tratamento (%). Entidades que utilizam: ERSAR - LNEC - Austrian System [Importância]	5	5	5	5	5	4	5	4	5	5	5	5	4	3	5	5	5	4	5	5	4	5	2	5	5	-	1	
27. I [Aplicabilidade]	5	5	5	4	3	4	5	5	4	5	3	5	4	3	5	5	5	4	5	5	5	4	5	2	5	5	-	1
27. [Facilidade de interpretação]	4	5	5	4	4	4	5	4	4	5	2	5	4	3	5	5	5	4	5	5	5	4	5	2	2	5	-	1
27. [Disp. de dados para medição e monit.]	-	-	-	4	-	-	-	-	-	-	5	4	-	-	3	5	3		4	4	3	2	4	4	4	-	-	
27. [Custo para medição e monitoramento]	-	-	-	3	-	-	-	-	-	-	5	3	-	-	2	5	3		3	4	4	3	4	4	4	-	-	
27. [Referência para medição e monit.]	-	-	-	3	-	-	-	-	-	-	5	4	-	-	4	5	3		3	4	2	2	2	2	4	-	-	
27. [Recorrência]	2																											
28. Indicador: Utilização de estações de tratamento (%). Entidades que empregam: IRAR - IWA [Importância]	5	4	5	5	1	2	5	4	5	1	5	4	4	4	5	5	5	5	5	5	5	1	5	2	5	5	-	1
28. [Aplicabilidade]	5	4	5	5	1	2	5	4	5	1	5	5	4	4	5	5	5	5	5	5	5	1	5	2	5	5	-	1
28. [Facilidade de interpretação]	4	4	5	5	1	2	5	3	5	1	5	3	4	3	5	5	5	5	5	5	5	1	5	2	5	5	-	1
28. [Disp. de dados para medição e monit.]	-	-	-	4	-	-	-	-	-	-	5	4	-	-	4	5	3		4	4	4	2	4	4	5	-	-	
28. [Custo para medição e monitoramento]	-	-	-	4	-	-	-	-	-	-	5	3	-	-	3	5	3		3	4	4	3	4	4	4	-	-	
28. [Referência para medição e monit.]	-	-	-	4	-	-	-	-	-	-	5	3	-	-	5	5	3		3	4	3	2	3	2	4	-	-	
28. [Recorrência]	2																											
29. Indicador: Consumo de energia elétrica na ETE por volume tratado (kWh/m³). Entidades que utilizam: SNIS - PNQS - CAESB - IWA - ISO 24511 - SSCG - WERF - IRAR - LNEC - SWWA [Importância]	5	4	5	5	3	5	5	5	5	5	4	5	5	5	3	5	5	3	5	4	4	5	1	5	5	-	3	
29. [Aplicabilidade]	4	4	5	5	4	5	5	5	5	5	4	5	5	5	2	5	5	3	5	4	4	3	1	5	5	-	3	
29. [Facilidade de interpretação]	4	4	5	5	3	5	5	5	5	1	4	3	5	5	2	5	5	3	5	4	3	2	1	5	5	-	4	
29. [Disp. de dados para medição e monit.]	-	-	-	4	-	-	-	-	-	-	5	3	-	-	3	5	5		4	3	4	4	4	4	5	-	-	
29. [Custo para medição e monitoramento]	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	5	4	-	-	3	5	5		3	4	5	4	4	4	5	-	-	
29. [Referência para medição e monit.]	-	-	-	3	-	-	-	-	-	-	5	3	-	-	4	5	5		3	3	4	4	3	2	5	-	-	
29. [Recorrência]	10																											
30. Indicador: Frequência de inspeção de equipamento (-/ano). Entidades que empregam: IWA - ISO 24511 - LNEC [Importância]	4	5	5	5	3	3	5	4	5	5	3	5	5	2	5	4	5	5	5	4	4	5	2	5	5	-	3	
30. [Aplicabilidade]	4	5	4	5	4	3	5	5	3	5	3	5	5	2	4	5	5	5	5	4	4	5	2	5	5	-	3	
30. [Facilidade de interpretação]	3	4	4	5	5	3	5	5	5	5	2	5	5	1	3	4	5	5	5	4	4	5	2	5	5	-	3	
30. [Disp. de dados para medição e monit.]	-	-	-	4	-	-	-	-	-	-	4	3			4	3	4		4	4	3	2	4	4	4	-	-	
30. [Custo para medição e monitoramento]	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	5	3			3	4	4		4	4	4	3	4	4	4	-	-	
30. [Referência para medição e monit.]	-	-	-	3	-	-	-	-	-	-	5	3			5	2	4		3	3	2	2	2	2	4	-	-	
30. [Recorrência]	3																											

Nr	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	1	2	3	4	1	2	3	4	5	6	1	2
Instituição de origem do avaliador	Especialista														Regulador				Prestador						Usuário		
31. Indicador: Calibração de equipamentos (-/ano). Entidades que empregam: IWA - LNEC [Importância]	4	4	4	5	3	4	5	4	5	5	3	5	5	1	5	4	5	5	5	3	3	5	2	5	5	-	3
31. [Aplicabilidade]	3	4	3	5	4	4	5	5	3	5	3	3	5	1	4	5	5	5	5	3	3	5	2	5	4	-	3
31. [Facilidade de interpretação]	3	4	3	5	5	4	5	5	5	5	2	4	5	1	3	4	5	5	5	3	2	5	2	2	4	-	3
31. [Disp. de dados para medição e monit.]	-	-	-	4	-	-	-	-	-	-	4	3	-	-	4	3	4	-	-	4	3	3	2	3	4	4	-
31. [Custo para medição e monitoramento]	-	-	-	3	-	-	-	-	-	-	5	3	-	-	3	4	4	-	-	4	3	4	3	3	3	2	-
31. [Referência para medição e monit.]	-	-	-	3	-	-	-	-	-	-	5	2	-	-	5	2	4	-	-	4	2	2	2	2	2	3	-
31. [Recorrência]	2																										
32. Indicador: Número de reclamações e de comunicação de problemas (nº/1000 hab./ano).Entidades que utilizam: IBNET - AWAA - WSAA - PNQS - CAESB - ADERASA - IWA - ABAR - WERF - OFWAT - LNEC [Importância]	5	3	5	5	3	5	5	5	5	1	3	3	4	3	5	5	5	5	5	5	3	4	5	2	5	5	-
32. [Aplicabilidade]	3	4	5	5	5	5	5	4	3	1	3	2	4	3	3	5	5	5	5	5	3	2	3	2	5	5	-
32. [Facilidade de interpretação]	2	3	5	5	5	5	5	5	4	1	1	1	4	2	3	5	5	5	5	5	3	2	2	2	5	5	-
32. [Disp. de dados para medição e monit.]	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	4	2	-	-	2	5	5	-	-	4	3	2	4	4	4	5	-
32. [Custo para medição e monitoramento]	-	-	-	3	-	-	-	-	-	-	5	3	-	-	3	5	5	-	-	4	3	4	4	4	4	4	-
32. [Referência para medição e monit.]	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	4	1	-	-	2	4	5	-	-	4	3	2	4	2	2	4	-
32. [Recorrência]	11																										
33. Indicador: Índice de tratamento de esgoto (% - Porcentagem de volume coletado em relação ao volume enviado para tratamento). Entidades que empregam: SNIS - ADERASA - PNQS - CAESB - IRAR - AWAA - ISO 24511 - WSAA - IWA [Importância]	5	5	5	5	5	4	5	5	5	1	5	4	5	5	5	5	5	5	4	5	5	1	5	1	5	5	-
33. [Aplicabilidade]	5	4	5	5	4	4	5	4	5	1	5	2	5	5	5	5	5	4	5	5	5	1	5	1	5	4	-
33. [Facilidade de interpretação]	4	4	5	5	5	4	5	5	5	1	5	4	5	5	5	5	5	4	5	5	5	1	5	1	5	5	-
33. [Disp. de dados para medição e monit.]	-	-	-	4	-	-	-	-	-	-	5	4	-	-	3	4	5	-	-	3	5	4	4	3	4	4	-
33. [Custo para medição e monitoramento]	-	-	-	4	-	-	-	-	-	-	5	2	-	-	3	4	3	-	-	3	5	4	4	3	4	3	-
33. [Referência para medição e monit.]	-	-	-	4	-	-	-	-	-	-	5	5	-	-	5	4	5	-	-	3	5	4	4	3	4	4	-
33. [Recorrência]	9																										
34. Indicador: Índice de análises do efluente tratado dentro do padrão exigido pela norma (%).Entidades que empregam: ABAR - ADERASA - IWA - ISO 24511 - ERSAR - IRAR [Importância]	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	4	5	5	2	5	5	5	5	4	5	5	5	5	1	5	4	-
34. [Aplicabilidade]	5	4	5	5	5	5	5	5	3	5	4	5	5	2	5	5	5	4	5	5	5	5	5	1	5	4	-
34. [Facilidade de interpretação]	4	4	5	5	5	5	5	5	5	5	2	4	5	1	4	5	5	4	5	5	5	5	5	1	5	4	-
34. [Disp. de dados para medição e monit.]	-	-	-	4	-	-	-	-	-	-	4	5	-	-	4	4	4	-	-	4	4	3	3	4	4	4	-

Nr	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	1	2	3	4	1	2	3	4	5	6	1	2	
Instituição de origem do avaliador	Especialista														Regulador				Prestador						Usuário			
34. [Custo para medição e monitoramento]	-	-	-	4	-	-	-	-	-	-	3	2	-	-	3	2	3	-	4	3	3	3	3	4	3	-	-	
34. [Referência para medição e monit.]	-	-	-	4	-	-	-	-	-	-	4	4	-	-	5	4	4	-	4	5	2	3	3	4	4	-	-	
34. [Recorrência]	6																											
35. Indicador: Resposta a reclamações e sugestões (%). Entidades que empregam: IRAR - IWA - OFWAT - ADERASA - ERSAR - ABAR [Importância]	5	3	5	5	3	5	5	3	5	1	3	3	3	2	5	5	5	5	5	5	3	4	5	2	5	5	-	2
35. [Aplicabilidade]	5	4	5	5	4	5	5	4	3	1	3	2	3	2	4	5	5	5	5	5	3	3	2	2	5	4	-	2
35. [Facilidade de interpretação]	3	3	5	5	5	5	5	5	5	1	2	2	3	1	5	5	5	5	5	5	3	3	2	2	5	5	-	2
35. [Disp. de dados para medição e monit.]	-	-	-	4	-	-	-	-	-	-	3	2	-	-	3	4	4	-	4	4	2	3	3	4	5	-	-	
35. [Custo para medição e monitoramento]	-	-	-	3	-	-	-	-	-	-	5	3	-	-	4	4	5	-	4	3	4	3	4	4	4	-	-	
35. [Referência para medição e monit.]	-	-	-	3	-	-	-	-	-	-	3	1	-	-	3	4	4	-	4	4	2	3	1	4	4	-	-	
35. [Recorrência]	6																											
36. Indicador: Índice de tratamento secundário (%). Entidades que empregam: IBNET - WSAA - ADERASA - IWA - ISO 24511 [Importância]	5	5	5	5	5	4	5	4	5	1	3	4	4	3	5	3	4	4	4	5	5	1	5	2	5	5	-	1
36. [Aplicabilidade]	4	5	5	5	5	3	5	4	4	1	3	4	4	3	5	1	5	4	4	5	5	1	5	2	5	5	-	1
36. [Facilidade de interpretação]	3	4	5	5	5	3	5	5	5	1	3	3	4	2	3	3	5	4	5	5	1	5	2	5	5	-	3	
36. [Disp. de dados para medição e monit.]	-	-	-	4	-	-	-	-	-	-	5	4	-	-	4	4	3	-	4	4	4	3	3	4	5	-	-	
36. [Custo para medição e monitoramento]	-	-	-	4	-	-	-	-	-	-	5	2	-	-	4	4	3	-	4	4	5	3	3	4	4	-	-	
36. [Referência para medição e monit.]	-	-	-	4	-	-	-	-	-	-	5	4	-	-	4	5	3	-	4	4	2	3	3	2	5	-	-	
36. [Recorrência]	5																											
37. Indicador: Eficiência de remoção de DQO, DBO, N e P (%). Entidades que empregam: Austrian System - LNEC - SWWA [Importância]	5	5	5	5	5	5	5	4	5	5	4	5	5	4	5	5	5	4	4	5	5	5	5	1	5	5	-	1
37. [Aplicabilidade]	5	4	5	5	5	5	5	5	5	5	4	5	5	3	5	5	5	4	5	5	2	5	1	5	5	-	1	
37. [Facilidade de interpretação]	5	4	5	5	5	5	5	5	5	5	4	3	5	2	5	5	5	4	5	5	2	5	1	2	5	-	3	
37. [Disp. de dados para medição e monit.]	-	-	-	4	-	-	-	-	-	-	5	5	-	-	5	4	3	-	4	4	4	4	4	4	5	-	-	
37. [Custo para medição e monitoramento]	-	-	-	3	-	-	-	-	-	-	5	2	-	-	4	3	3	-	4	3	3	4	3	4	4	-	-	
37. [Referência para medição e monit.]	-	-	-	3	-	-	-	-	-	-	5	5	-	-	4	4	3	-	4	4	4	4	3	4	5	-	-	
37. [Recorrência]	3																											
38. Indicador: Índice de tratamento primário (%). Entidades que empregam: IBNET - WSAA - IWA [Importância]	5	4	5	5	3	2	5	4	5	1	3	5	4	1	5	1	4	3	5	5	1	5	2	5	5	-	1	
38. [Aplicabilidade]	4	4	5	5	4	2	5	5	5	1	3	5	4	1	5	1	5	3	5	5	1	3	2	5	5	-	1	
38. [Facilidade de interpretação]	3	4	5	5	3	2	5	5	5	1	3	3	4	3	3	3	5	3	5	5	1	2	2	5	5	-	2	
38. [Disp. de dados para medição e monit.]	-	-	-	4	-	-	-	-	-	-	5	5	-	-	4	4	3	-	4	4	4	4	3	4	5	-	-	
38. [Custo para medição e monitoramento]	-	-	-	4	-	-	-	-	-	-	5	2	-	-	4	4	3	-	4	3	5	4	3	4	5	-	-	

Nr	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	1	2	3	4	1	2	3	4	5	6	1	2			
Instituição de origem do avaliador	Especialista														Regulador				Prestador						Usuário					
38. [Referência para medição e monit.]	-	-	-	4	-	-	-	-	-	-	5	5	-	-	4	5	3	-	4	4	2	4	3	4	5	-	-			
38. [Recorrência]	3																													
39. Indicador: Testes de qualidade dos esgotos realizados (de acordo com requisitos) (Teste de DBO; Teste de DQO; Teste de SST; Teste de P (-/ano). Entidades que empregam: IWA - ISO 24511 - LNEC [Importância]	5	5	5	5	4	5	5	3	5	5	4	5	5	3	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	1	5	5	-	1
39. [Aplicabilidade]	5	5	5	3	4	5	5	5	5	5	4	5	5	3	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5	1	5	4	-	1	
39. [Facilidade de interpretação]	5	4	5	3	5	5	5	5	4	5	4	5	5	3	3	5	5	5	5	5	5	5	5	5	1	2	5	-	3	
39. [Disp. de dados para medição e monit.]	-	-	-	3	-	-	-	-	-	-	4	5	-	-	5	4	3	-	4	5	4	4	2	4	5	-	-			
39. [Custo para medição e monitoramento]	-	-	-	3	-	-	-	-	-	-	3	2	-	-	4	3	3	-	4	3	3	4	3	4	4	-	-			
39. [Referência para medição e monit.]	-	-	-	3	-	-	-	-	-	-	4	4	-	-	4	4	3	-	4	5	3	4	2	4	5	-	-			
39. [Recorrência]	3																													
40. Indicador: Falhas em conjuntos moto-bombas (horas/conj.*ano). Entidades que empregam: IRAR - IWA [Importância]	5	4	5	5	3	5	5	4	5	5	3	5	3	1	4	3	4	3	5	4	4	5	2	5	5	-	2			
40. [Aplicabilidade]	4	4	5	3	4	5	5	4	4	5	3	3	3	1	3	2	5	3	5	4	3	5	2	5	5	-	2			
40. [Facilidade de interpretação]	3	3	5	3	5	5	5	5	4	5	1	5	3	1	2	2	5	3	5	4	3	5	2	5	5	-	3			
40. [Disp. de dados para medição e monit.]	-	-	-	4	-	-	-	-	-	-	3	4	-	-	4	4	3	-	4	3	2	3	4	4	4	-	-			
40. [Custo para medição e monitoramento]	-	-	-	4	-	-	-	-	-	-	5	3	-	-	4	4	3	-	4	3	2	3	2	4	4	-	-			
40. [Referência para medição e monit.]	-	-	-	4	-	-	-	-	-	-	3	2	-	-	5	4	3	-	4	2	2	3	2	4	5	-	-			
40. [Recorrência]	2																													
41. Indicador: Índice de conhecimento dos serviços e produtos (%). Entidades que empregam: PNQS - CAESB [Importância]	5	3	5	5	3	2	5	3	5	1	1	5	2	1	4	2	3	4	5	3	4	5	2	5	5	-	2			
41. [Aplicabilidade]	5	3	4	3	3	2	5	4	3	1	1	3	2	1	2	2	1	4	5	3	3	5	2	5	4	-	2			
41. [Facilidade de interpretação]	4	3	4	3	2	2	5	4	3	1	1	2	2	1	3	2	1	4	5	3	2	5	2	2	4	-	3			
41. [Disp. de dados para medição e monit.]	-	-	-	3	-	-	-	-	-	-	2	1	-	-	4	2	3	-	3	3	3	3	3	4	4	-	-			
41. [Custo para medição e monitoramento]	-	-	-	3	-	-	-	-	-	-	5	3	-	-	4	3	3	-	4	2	3	3	3	4	4	-	-			
41. [Referência para medição e monit.]	-	-	-	3	-	-	-	-	-	-	2	1	-	-	4	2	3	-	4	3	2	3	3	4	5	-	-			
41. [Recorrência]	2																													
42. Indicador: Índice de satisfação dos clientes (%).Entidades que empregam: PNQS - CAESB [Importância]	5	4	5	5	3	4	5	2	5	1	3	3	4	3	3	4	3	5	5	4	4	5	1	5	5	-	1			
42. [Aplicabilidade]	4	4	5	5	3	4	5	5	3	1	3	2	4	3	2	1	4	5	5	4	4	3	1	5	5	-	1			
42. [Facilidade de interpretação]	3	3	5	5	4	4	5	5	4	1	3	2	4	2	4	2	4	5	5	4	4	2	1	5	5	-	1			

Nr	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	1	2	3	4	1	2	3	4	5	6	1	2		
Instituição de origem do avaliador	Especialista														Regulador				Prestador						Usuário				
42. [Disp. de dados para medição e monit.]	-	-	-	4	-	-	-	-	-	-	2	2	-	-	4	2	3	-	2	4	4	4	4	4	5	-	-		
42. [Custo para medição e monitoramento]	-	-	-	3	-	-	-	-	-	-	5	2	-	-	4	4	2	-	2	3	3	4	3	4	4	-	-		
42. [Referência para medição e monit.]	-	-	-	3	-	-	-	-	-	-	2	1	-	-	4	3	3	-	2	4	4	4	4	4	5	-	-		
42. [Recorrência]	2																												
43. Indicador: Índice de tratamento terciário ou superior (%). Entidades que empregam: WSAA - IWA [Importância]	5	3	5	5	4	3	5	3	5	1	3	4	5	1	4	4	4	4	5	5	5	3	5	2	5	4	-	1	
43. [Aplicabilidade]	4	4	5	5	5	2	5	5	3	1	3	3	5	1	3	1	5	5	5	5	5	3	5	2	5	3	-	1	
43. [Facilidade de interpretação]	3	4	5	5	4	2	5	5	3	1	3	2	5	1	2	4	5	5	5	5	5	3	5	2	2	4	-	3	
43. [Disp. de dados para medição e monit.]	-	-	-	4	-	-	-	-	-	-	1	3	-	-	4	4	3	-	4	4	4	3	3	4	5	-	-		
43. [Custo para medição e monitoramento]	-	-	-	4	-	-	-	-	-	-	5	2	-	-	4	4	2	-	4	4	5	3	3	4	3	-	-		
43. [Referência para medição e monit.]	-	-	-	4	-	-	-	-	-	-	1	3	-	-	4	5	3	-	4	4	2	3	3	2	4	-	-		
43. [Recorrência]	2																												
44. Indicador: População residente servida pela ETE (Cobertura da população) (%). Entidades que empregam: IWA - ISO 24511 [Importância]	5	4	5	5	5	4	5	4	5	1	5	2	5	3	5	5	5	2	5	4	1	5	1	5	5	-	1		
44. [Aplicabilidade]	4	3	5	5	4	4	5	5	5	1	5	4	5	3	5	5	5	2	5	4	1	5	1	5	5	-	1		
44. [Facilidade de interpretação]	3	3	5	5	5	4	5	5	5	1	5	4	5	3	5	5	5	2	5	4	1	5	1	5	4	-	1		
44. [Disp. de dados para medição e monit.]	-	-	-	4	-	-	-	-	-	-	5	4	-	-	4	3	3	-	3	3	4	3	3	4	5	-	-		
44. [Custo para medição e monitoramento]	-	-	-	4	-	-	-	-	-	-	5	3	-	-	4	4	2	-	2	4	4	3	3	4	4	-	-		
44. [Referência para medição e monit.]	-	-	-	4	-	-	-	-	-	-	5	3	-	-	4	4	3	-	3	3	4	3	3	2	4	-	-		
44. [Recorrência]	2																												
45. Indicador: Tempo médio de resposta aos usuários (h/ligação).Entidades que empregam: PNQS - CAESB [Importância]	5	3	5	5	3	4	5	1	5	1	3	3	2	4	3	5	5	5	5	5	4	3	5	2	5	5	-	1	
45. [Aplicabilidade]	5	3	5	3	4	4	5	4	3	1	3	3	2	4	3	1	5	5	5	5	4	3	5	2	5	4	-	1	
45. [Facilidade de interpretação]	2	3	5	3	5	4	5	5	4	1	2	2	2	3	5	3	5	5	5	5	4	3	5	2	5	5	-	1	
45. [Disp. de dados para medição e monit.]	-	-	-	3	-	-	-	-	-	-	2	1	-	-	4	4	5	-	4	4	4	3	3	4	5	-	-		
45. [Custo para medição e monitoramento]	-	-	-	3	-	-	-	-	-	-	5	2	-	-	4	4	5	-	4	3	4	3	4	4	4	-	-		
45. [Referência para medição e monit.]	-	-	-	3	-	-	-	-	-	-	1	1	-	-	4	4	5	-	4	3	2	3	2	2	5	-	-		
45. [Recorrência]	2																												
46. Indicador: Funcionários trabalhando na ETE por população equivalente (nº/1000 p.e.). Entidades que utilizam: IBNET - IWA - SNIS - SWWA - ERSAR - IRAR [Importância]	4	2	4	4	3	3	5	3	5	5	3	3	5	1	5	2	5	2	5	2	5	2	3	5	2	5	5	-	3
46. [Aplicabilidade]	4	3	4	4	4	3	5	5	4	5	3	3	5	1	4	2	5	2	5	2	5	2	3	3	2	5	4	-	3
46. [Facilidade de interpretação]	3	2	4	4	4	2	5	5	3	5	3	2	5	1	5	2	5	2	5	2	5	2	2	2	5	5	-	3	
46. [Disp. de dados para medição e monit.]	-	-	-	4	-	-	-	-	-	-	4	5	-	-	4	5	2	-	4	5	3	2	4	4	5	-	-		

Nr	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	1	2	3	4	1	2	3	4	5	6	1	2	
Instituição de origem do avaliador	Especialista															Regulador				Prestador						Usuário		
46. [Custo para medição e monitoramento]	-	-	-	4	-	-	-	-	-	-	5	4	-	-	3	5	2	-	4	5	4	3	4	4	5	-	-	
46. [Referência para medição e monit.]	-	-	-	3	-	-	-	-	-	-	2	3	-	-	4	3	2	-	4	4	2	2	3	2	5	-	-	
46. [Recorrência]	6																											
47. Indicador: Índice de empregados treinados (%). Entidades que empregam: CAESB - ISO 24511 - PNQS - AWAA - IWA - LNEC [Importância]	5	3	5	5	4	4	5	2	5	1	4	4	4	4	5	5	5	5	5	5	4	4	5	1	5	5	-	1
47. [Aplicabilidade]	4	4	5	5	4	4	5	5	5	1	4	4	4	4	5	5	5	5	5	5	4	3	5	1	5	5	-	1
47. [Facilidade de interpretação]	3	4	5	5	4	4	5	5	4	1	4	3	4	3	5	5	5	5	5	5	4	4	5	1	5	5	-	1
47. [Disp. de dados para medição e monit.]	-	-	-	4	-	-	-	-	-	-	4	3	-	-	3	5	3	-	2	5	3	4	4	4	5	-	-	
47. [Custo para medição e monitoramento]	-	-	-	4	-	-	-	-	-	-	3	4	-	-	3	5	5	-	2	5	4	4	2	4	5	-	-	
47. [Referência para medição e monit.]	-	-	-	3	-	-	-	-	-	-	3	2	-	-	2	5	3	-	2	4	4	4	3	2	5	-	-	
47. [Recorrência]	6																											
48. Indicador: Taxa de severidade da segurança no trabalho e saúde do empregado (dias/100 func./ano) (medido pelo número de dias de trabalho perdidos por 100 empregados por ano). Entidades que empregam: AWAA - CAESB - IWA - PNQS - LNEC [Importância]	5	4	5	5	3	3	5	2	5	1	5	3	4	2	5	5	5	3	5	3	3	5	2	5	4	-	1	
48. [Aplicabilidade]	5	3	5	5	3	4	5	4	3	1	5	2	4	2	5	5	5	3	5	3	2	5	2	5	4	-	1	
48. [Facilidade de interpretação]	3	3	5	5	3	4	5	5	3	1	2	1	4	2	5	5	5	3	5	3	2	5	2	3	4	-	2	
48. [Disp. de dados para medição e monit.]	-	-	-	4	-	-	-	-	-	-	3	1	-	-	3	5	4	-	2	5	4	4	4	4	5	-	-	
48. [Custo para medição e monitoramento]	-	-	-	4	-	-	-	-	-	-	4	3	-	-	3	5	4	-	3	5	4	4	3	4	4	-	-	
48. [Referência para medição e monit.]	-	-	-	3	-	-	-	-	-	-	2	1	-	-	2	4	4	-	2	5	2	4	3	1	5	-	-	
48. [Recorrência]	5																											
49. Indicador: Acidentes de trabalho e doenças profissionais (nº/100 func./ano). Entidades que empregam: LNEC - IWA - PNQS - CAESB [Importância]	5	4	5	5	3	4	5	3	5	1	5	3	4	3	5	5	5	5	5	3	3	5	2	5	5	-	1	
49. [Aplicabilidade]	4	4	5	5	4	4	5	4	4	1	5	2	4	3	5	5	5	5	5	3	2	5	2	5	4	-	1	
49. [Facilidade de interpretação]	3	3	5	5	4	4	5	5	4	1	2	1	4	3	5	5	5	5	5	3	2	5	2	3	4	-	1	
49. [Disp. de dados para medição e monit.]	-	-	-	4	-	-	-	-	-	-	4	2	-	-	2	5	4	-	2	5	4	4	4	4	4	-	-	
49. [Custo para medição e monitoramento]	-	-	-	4	-	-	-	-	-	-	5	3	-	-	5	5	4	-	3	4	4	4	3	4	3	-	-	
49. [Referência para medição e monit.]	-	-	-	4	-	-	-	-	-	-	1	1	-	-	2	4	4	-	2	5	3	4	3	1	4	-	-	
49. [Recorrência]	4																											

Nr	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	1	2	3	4	1	2	3	4	5	6	1	2	
Instituição de origem do avaliador	Especialista														Regulador				Prestador						Usuário			
50. Indicador: Indicador de sanções e indenizações (%).Entidades que empregam: PNQS - CAESB [Importância]	4	2	5	5	4	4	5	1	4	1	4	2	3	1	3	1	3	3	5	2	2	5	3	5	5	-	3	
50. [Aplicabilidade]	3	2	5	5	4	3	5	4	3	1	4	1	3	1	2	1	3	3	5	2	2	5	3	5	4	-	3	
50. [Facilidade de interpretação]	3	2	5	5	4	3	5	5	3	1	2	1	3	1	5	1	3	3	5	2	2	5	3	2	4	-	3	
50. [Disp. de dados para medição e monit.]	-	-	-	4	-	-	-	-	-	-	4	1	-	-	2	4	3	-	2	3	4	4	3	4	4	-	-	
50. [Custo para medição e monitoramento]	-	-	-	4	-	-	-	-	-	-	2	4	-	-	4	4	4	-	4	3	4	4	3	4	3	-	-	
50. [Referência para medição e monit.]	-	-	-	4	-	-	-	-	-	-	2	1	-	-	2	2	3	-	2	3	2	4	2	2	4	-	-	
50. [Recorrência]	2																											
51. Indicador: Índice de satisfação dos empregados (%). Entidades que empregam: PNQS - CAESB [Importância]	5	3	4	5	3	5	5	2	5	1	5	3	4	2	5	5	4	4	4	5	4	2	5	2	5	5	-	1
51. [Aplicabilidade]	3	3	5	5	3	5	5	4	3	1	5	2	4	2	5	5	4	4	4	5	4	2	5	2	5	4	-	1
51. [Facilidade de interpretação]	4	3	3	5	4	4	5	4	2	1	5	2	4	2	5	4	4	4	4	5	4	2	3	2	5	4	-	1
51. [Disp. de dados para medição e monit.]	-	-	-	4	-	-	-	-	-	-	4	1	-	-	2	3	3	-	2	5	3	4	3	4	4	-	-	
51. [Custo para medição e monitoramento]	-	-	-	4	-	-	-	-	-	-	4	4	-	-	3	2	4	-	3	3	3	4	3	4	4	-	-	
51. [Referência para medição e monit.]	-	-	-	4	-	-	-	-	-	-	2	1	-	-	2	2	3	-	2	4	3	4	3	2	4	-	-	
51. [Recorrência]	2																											

Tabela D. 2 – Resultados da consulta aos atores para avaliar os pesos dos critérios empregando a comparação pareada do Método AHP.

Nr	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	1	2	3	4	1	2	3	4	5	6	1	2
	Especialistas															Regulador				Prestador						Usuário	
	UFRJ	UFMS	UFPE	UFSC	UFMG	UFMG	UFMS	UFMG	UNICAMP	UFRJ	UFMG	IPT	UFRJ	UnB	UEFS	ADASA	SNSA	ADASA	ADASA	CAESB	CAESB	CAESB	COPASA	COPASA	COPASA	As. Morad.	ONG
[Grau de importância / Aplicabilidade]	1/2	2	1/4	5	3	1	1	3	1/3	5	3	1/4	5	2	5	3	1	1	-	1/5	1/3	5	1	1	4	-	5
[Grau de importância / Facilidade de interpretação]	1/2	1	2	4	3	3	1	3	1/4	5	4	3	1/3	3	5	3	3	2	-	1/4	1/2	5	1	1	4	-	5
[Grau de importância / Recorrência]	2	1	2	2	3	3	1	4	1	1	4	1/4	5	4	5	5	3	1	-	4	1/4	5	3	4	4	-	5
[Grau de importância / Disponibilidade de dados para medição e monitoramento]	1/2	1	1	3	1/2	1	1/5	5	1/3	5	5	1/4	4	2	1/5	4	1/5	2	-	1/5	1/4	5	1	4	1/4	-	-
[Grau de importância / Custo para medição e monitoramento]	1/3	1	2	3	5	2	1/5	3	1/3	1	5	1/3	3	4	1/5	2	5	1	-	5	1/2	5	2	4	5	-	-
[Grau de importância / Referência para medição]	3	1	1	3	2	2	1/5	2	1/3	5	5	1/2	3	4	1/5	2	1/5	1	-	1/4	1/4	5	2	4	4	-	-
[Aplicabilidade / Facilidade de interpretação]	1/3	1	3	3	2	2	1	2	1	1	4	4	1/2	4	1/5	3	3	2	-	4	2	4	1	1	5	-	4
[Aplicabilidade / Recorrência]	1	1	2	3	3	2	1	3	1/2	1	3	2	3	4	1/3	4	3	2	-	4	3	4	2	4	5	-	4
[Aplicabilidade / Disponibilidade de dados para medição e monitoramento]	1/2	1	1	1/3	1/3	1	1/5	4	1/4	5	3	1/5	1/2	1	1/4	1	1/5	1/2	-	1/4	3	4	1	4	1/5	-	-
[Aplicabilidade / Custo para medição e monitoramento]	1/2	1	3	1/3	4	2	5	2	1/4	1	3	4	1/2	1	1/4	2	5	1/2	-	5	3	4	2	4	5	-	-
[Aplicabilidade / Referência para medição]	1	1	1	1/3	1/2	2	5	2	1/5	1	3	1/3	1/2	1	4	2	1/5	1/2	-	4	1/2	4	2	4	5	-	-
[Facilidade de interpretação / Recorrência]	2	1	1	1/3	1	2	1	1	2	1	3	1/3	4	4	3	4	5	1	-	4	1/3	1	2	4	1/4	-	3
[Facilidade de interpretação / Disponibilidade de dados para medição e monitoramento]	1/3	1	1	1/4	1/4	1	1	3	1		3	1/2	1/2	4	1/2	3	1/5	1/2	-	1/4	1/3	1	2	4	1/5	-	-
[Facilidade de interpretação / Custo para medição e monitoramento]	1/3	1	2	1/4	1	2	1	1/5	1/2	1	3	1/3	1/2	3	1/5	2	5	1/2	-	5	2	1	2	4	1/2	-	-
[Facilidade de interpretação / Referência para medição]	2	1	2	1/3	1/3	2	1	1/4	1/2	1	3	1/5	4	3	1/4	1/2	1/5	1/2	-	4	1/2	1	2	4	1/2	-	-
[Recorrência / Disponibilidade de dados para medição e monitoramento]	1/2	1	1/2	1/4	1/3	1/2	1/5	1/3	1/3	1	2	2	4	1/2	1/3	1/2	1/5	1/2	-	1/5	1/2	3	2	4	1/5	-	-

Nr	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	1	2	3	4	1	2	3	4	5	6	1	2
Instituição de origem dos atores	Especialistas														Regulador				Prestador						Usuário		
	UFRJ	UFMS	UFPE	UFSC	UFMG	UFMG	UFMS	UFMG	UNICAMP	UFRJ	UFMG	IPT	UFRJ	UnB	UEFS	ADASA	SNSA	ADASA	ADASA	CAESB	CAESB	CAESB	COPASA	COPASA	COPASA	As. Morad.	ONG
[Recorrência / Custo para medição e monitoramento]	1/3	1	1/3	1/4	1	1/2	1/5	1/2	1/3	1	2	2	1/2	1/3	1/5	1/2	5	1/2	-	3	2	3	1	1	5	-	-
[Recorrência / Referência para medição]	1/2	1	1/2	1/3	1/3	1	1/5	1/3	1/3	1	2	4	4	1/3	1/5	1/2	1/5	1/2	-	3	1/3	3	1	1	1/3	-	-
[Disponibilidade de dados para medição e monitoramento / Custo para medição e monitoramento]	1/2	1	2	1/2	3	2	1	1/2	1	1	2	4	4	1	1/4	2	5	1/2	-	5	2	1	1	1	5	-	-
[Disponibilidade de dados para medição e monitoramento / Referência para medição]	3	1	1	1/4	1	2	1	1/2	1	1	2	1/3	4	1	1/5	1	5	1/2	-	5	2	4	2	1	1/2	-	-
[Custo para medição e monitoramento / Referência para medição]	2	1	1/2	1/4	1/3	2	1	1/2	1	1	2	3	4	1	1/4	1	1/5	1	-	1/3	1/2	1	2	1	1/2	-	-

APÊNDICE E – RESULTADOS DA AVALIAÇÃO DOS INDICADORES PRÉ-SELECIONADOS

Tabela E.1 – Resultados da avaliação dos Usuários empregando o método AHP com ratings.

Composição de Prioridades												
Critérios	Indicadores	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Importância		0,299	0,149	0,597	0,149	0,149	0,000	0,000	0,000	0,000	0,149	
Fac. Interpretação		0,041	0,021	0,082	0,021	0,021	0,021	0,000	0,000	0,021	0,062	
Aplicabilidade		0,137	0,068	0,137	0,068	0,068	0,000	0,000	0,000	0,000	0,068	
Recorrência		0,006	0,006	0,015	0,015	0,012	0,009	0,006	0,006	0,006	0,006	
Avaliação Global		0,482	0,244	0,831	0,253	0,250	0,030	0,006	0,006	0,027	0,285	
Critérios	Indicadores	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
Importância		0,000	0,149	0,149	0,299	0,299	0,299	0,299	0,299	0,149	0,000	
Fac. Interpretação		0,021	0,021	0,021	0,041	0,041	0,041	0,041	0,041	0,041	0,000	
Aplicabilidade		0,068	0,068	0,068	0,137	0,137	0,137	0,137	0,137	0,068	0,000	
Recorrência		0,006	0,048	0,018	0,018	0,018	0,018	0,015	0,015	0,015	0,015	
Avaliação Global		0,095	0,286	0,256	0,494	0,494	0,494	0,491	0,491	0,274	0,015	
Critérios	Indicadores	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	
Importância		0,299	0,224	0,299	0,299	0,149	0,299	0,000	0,000	0,299	0,299	
Fac. Interpretação		0,041	0,041	0,041	0,041	0,041	0,041	0,000	0,000	0,062	0,041	
Aplicabilidade		0,137	0,068	0,137	0,137	0,068	0,137	0,000	0,000	0,137	0,137	
Recorrência		0,009	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006	0,030	0,009	
Avaliação Global		0,485	0,339	0,482	0,482	0,265	0,482	0,006	0,006	0,527	0,485	
Critérios	Indicadores	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	
Importância		0,299	0,149	0,000	0,000	0,149	0,000	0,000	0,000	0,000	0,149	
Fac. Interpretação		0,041	0,021	0,000	0,000	0,021	0,041	0,041	0,021	0,041	0,041	
Aplicabilidade		0,137	0,068	0,000	0,000	0,068	0,000	0,000	0,000	0,000	0,068	
Recorrência		0,006	0,033	0,027	0,018	0,018	0,015	0,009	0,009	0,009	0,006	
Avaliação Global		0,482	0,271	0,027	0,018	0,256	0,056	0,050	0,030	0,050	0,265	
Critérios	Indicadores	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51
Importância		0,149	0,299	0,000	0,000	0,000	0,299	0,000	0,000	0,000	0,299	0,000
Fac. Interpretação		0,041	0,000	0,041	0,000	0,000	0,041	0,000	0,021	0,000	0,041	0,000
Aplicabilidade		0,068	0,000	0,000	0,000	0,000	0,137	0,000	0,000	0,000	0,137	0,000
Recorrência		0,006	0,006	0,006	0,006	0,006	0,018	0,018	0,015	0,012	0,006	0,006
Avaliação Global		0,265	0,305	0,047	0,006	0,006	0,494	0,018	0,035	0,012	0,482	0,006

Tabela E.2 – Resultados da avaliação dos Prestadores de Serviço empregando o método AHP com ratings.

Composição de Prioridades											
Crítérios	Indicadores	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Importância		0,119	0,149	0,219	0,100	0,189	0,209	0,169	0,189	0,179	0,179
Fac. Interpretação		0,046	0,046	0,088	0,055	0,075	0,067	0,050	0,063	0,050	0,071
Aplicabilidade		0,155	0,194	0,285	0,142	0,247	0,208	0,155	0,247	0,169	0,194
Recorrência		0,009	0,009	0,022	0,022	0,017	0,013	0,009	0,009	0,009	0,009
Disp. Dados		0,104	0,104	0,096	0,088	0,128	0,080	0,064	0,088	0,072	0,080
Custo Med e Monit.		0,028	0,023	0,020	0,022	0,030	0,016	0,017	0,022	0,012	0,025
Referência Med.		0,022	0,028	0,024	0,028	0,037	0,024	0,019	0,026	0,015	0,019
Avaliação Global		0,483	0,553	0,754	0,456	0,723	0,616	0,484	0,643	0,506	0,577
Crítérios	Indicadores	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Importância		0,159	0,189	0,179	0,130	0,139	0,139	0,179	0,139	0,119	0,139
Fac. Interpretação		0,046	0,063	0,059	0,055	0,059	0,050	0,067	0,050	0,038	0,046
Aplicabilidade		0,169	0,220	0,169	0,155	0,181	0,169	0,208	0,155	0,142	0,155
Recorrência		0,009	0,070	0,026	0,026	0,026	0,026	0,022	0,022	0,022	0,022
Disp. Dados		0,080	0,135	0,152	0,135	0,152	0,152	0,152	0,143	0,111	0,135
Custo Med e Monit.		0,020	0,027	0,031	0,033	0,031	0,030	0,030	0,030	0,022	0,027
Referência Med.		0,015	0,032	0,039	0,035	0,037	0,035	0,030	0,037	0,024	0,032
Avaliação Global		0,498	0,736	0,654	0,568	0,624	0,600	0,687	0,576	0,478	0,557
Crítérios	Indicadores	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Importância		0,149	0,159	0,119	0,149	0,130	0,130	0,199	0,169	0,179	0,189
Fac. Interpretação		0,055	0,042	0,042	0,063	0,042	0,042	0,071	0,071	0,059	0,080
Aplicabilidade		0,169	0,155	0,142	0,181	0,142	0,142	0,259	0,220	0,208	0,247
Recorrência		0,013	0,009	0,009	0,009	0,009	0,009	0,009	0,009	0,043	0,013
Disp. Dados		0,128	0,111	0,119	0,128	0,128	0,119	0,119	0,135	0,143	0,119
Custo Med e Monit.		0,025	0,023	0,025	0,025	0,027	0,025	0,027	0,027	0,031	0,027
Referência Med.		0,028	0,022	0,028	0,028	0,028	0,026	0,022	0,026	0,032	0,019
Avaliação Global		0,566	0,522	0,485	0,583	0,505	0,493	0,705	0,657	0,696	0,694
Crítérios	Indicadores	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
Importância		0,169	0,179	0,159	0,189	0,179	0,169	0,199	0,169	0,199	0,189
Fac. Interpretação		0,050	0,055	0,067	0,080	0,059	0,071	0,059	0,059	0,071	0,075
Aplicabilidade		0,208	0,181	0,194	0,247	0,169	0,220	0,220	0,194	0,247	0,233
Recorrência		0,009	0,048	0,039	0,026	0,026	0,022	0,013	0,013	0,013	0,009
Disp. Dados		0,104	0,128	0,143	0,128	0,119	0,135	0,152	0,143	0,143	0,111
Custo Med e Monit.		0,019	0,027	0,027	0,020	0,025	0,027	0,023	0,028	0,023	0,019
Referência Med.		0,015	0,024	0,039	0,032	0,026	0,028	0,039	0,035	0,037	0,026
Avaliação Global		0,573	0,641	0,669	0,722	0,603	0,672	0,704	0,641	0,733	0,663

Critérios	Indicadores	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51
Importância		0,179	0,179	0,179	0,149	0,179	0,159	0,179	0,159	0,169	0,159	0,169
Fac. Interpretação		0,050	0,063	0,063	0,059	0,075	0,050	0,075	0,055	0,055	0,050	0,059
Aplicabilidade		0,208	0,208	0,220	0,194	0,220	0,169	0,220	0,194	0,194	0,194	0,208
Recorrência		0,009	0,009	0,009	0,009	0,009	0,026	0,026	0,022	0,017	0,009	0,009
Disp. Dados		0,111	0,152	0,135	0,128	0,135	0,135	0,152	0,159	0,152	0,128	0,135
Custo Med e Monit.		0,020	0,023	0,025	0,025	0,025	0,030	0,028	0,028	0,025	0,023	0,023
Referência Med.		0,030	0,041	0,026	0,028	0,024	0,026	0,035	0,030	0,030	0,024	0,030
Avaliação Global		0,608	0,674	0,657	0,592	0,667	0,595	0,715	0,648	0,642	0,587	0,633

Tabela E.3 – Resultados da avaliação dos Reguladores dos Serviços empregando o método AHP com ratings.

Composição de Prioridades											
Critérios	Indicadores	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Importância		0,130	0,228	0,261	0,228	0,179	0,179	0,261	0,228	0,196	0,212
Fac. Interpretação		0,045	0,037	0,060	0,056	0,030	0,041	0,056	0,041	0,049	0,052
Aplicabilidade		0,087	0,104	0,139	0,122	0,096	0,096	0,130	0,113	0,113	0,122
Recorrência		0,004	0,004	0,011	0,011	0,009	0,007	0,004	0,004	0,004	0,004
Disp. Dados		0,133	0,100	0,117	0,183	0,167	0,117	0,100	0,117	0,133	0,117
Custo Med e Monit.		0,046	0,033	0,046	0,042	0,029	0,033	0,025	0,038	0,025	0,042
Referência Med.		0,032	0,054	0,097	0,118	0,118	0,075	0,097	0,086	0,107	0,064
Avaliação Global		0,478	0,561	0,730	0,760	0,628	0,548	0,673	0,627	0,627	0,613
Critérios	Indicadores	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Importância		0,179	0,261	0,228	0,163	0,212	0,114	0,196	0,114	0,163	0,130
Fac. Interpretação		0,045	0,060	0,060	0,056	0,056	0,026	0,049	0,030	0,041	0,041
Aplicabilidade		0,096	0,139	0,139	0,096	0,113	0,061	0,113	0,061	0,087	0,078
Recorrência		0,004	0,035	0,013	0,013	0,013	0,013	0,011	0,011	0,011	0,011
Disp. Dados		0,117	0,183	0,217	0,200	0,167	0,167	0,200	0,150	0,133	0,217
Custo Med e Monit.		0,038	0,042	0,050	0,054	0,046	0,046	0,054	0,042	0,042	0,059
Referência Med.		0,064	0,129	0,129	0,129	0,097	0,064	0,118	0,097	0,086	0,107
Avaliação Global		0,543	0,849	0,836	0,711	0,704	0,492	0,741	0,505	0,563	0,643
Critérios	Indicadores	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Importância		0,130	0,196	0,147	0,163	0,147	0,130	0,245	0,261	0,228	0,245
Fac. Interpretação		0,041	0,052	0,037	0,049	0,037	0,031	0,056	0,060	0,052	0,056
Aplicabilidade		0,096	0,113	0,078	0,096	0,078	0,069	0,130	0,139	0,122	0,139
Recorrência		0,007	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,022	0,007
Disp. Dados		0,167	0,133	0,183	0,200	0,167	0,100	0,200	0,200	0,245	0,178
Custo Med e Monit.		0,046	0,038	0,050	0,046	0,046	0,025	0,045	0,045	0,056	0,050
Referência Med.		0,107	0,086	0,129	0,129	0,118	0,064	0,114	0,114	0,143	0,086
Avaliação Global		0,594	0,622	0,629	0,686	0,597	0,425	0,795	0,823	0,868	0,760
Critérios	Indicadores	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
Importância		0,196	0,261	0,245	0,245	0,261	0,196	0,245	0,147	0,261	0,179
Fac. Interpretação		0,056	0,060	0,056	0,056	0,060	0,049	0,056	0,045	0,060	0,041
Aplicabilidade		0,139	0,139	0,130	0,130	0,139	0,096	0,130	0,087	0,139	0,096
Recorrência		0,004	0,024	0,020	0,013	0,013	0,011	0,007	0,007	0,007	0,004
Disp. Dados		0,178	0,245	0,200	0,200	0,200	0,178	0,178	0,178	0,178	0,178
Custo Med e Monit.		0,050	0,061	0,039	0,033	0,056	0,045	0,039	0,045	0,039	0,045
Referência Med.		0,100	0,143	0,129	0,129	0,129	0,129	0,114	0,129	0,114	0,114
Avaliação Global		0,723	0,933	0,819	0,806	0,857	0,702	0,769	0,637	0,798	0,658

Critérios	Indicadores	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51
Importância		0,163	0,212	0,228	0,212	0,261	0,163	0,261	0,228	0,261	0,130	0,228
Fac. Interpretação		0,030	0,045	0,056	0,049	0,052	0,037	0,060	0,052	0,060	0,030	0,049
Aplicabilidade		0,069	0,096	0,104	0,113	0,104	0,087	0,139	0,122	0,139	0,069	0,122
Recorrência		0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,013	0,013	0,011	0,009	0,004	0,004
Disp. Dados		0,111	0,089	0,178	0,133	0,222	0,178	0,155	0,178	0,178	0,133	0,111
Custo Med e Monit.		0,039	0,028	0,039	0,028	0,056	0,045	0,050	0,050	0,050	0,050	0,033
Referência Med.		0,086	0,072	0,129	0,100	0,143	0,086	0,100	0,100	0,100	0,057	0,057
Avaliação Global		0,503	0,545	0,739	0,639	0,842	0,609	0,778	0,741	0,797	0,475	0,605

Tabela E.4 – Resultados da avaliação dos Especialistas empregando o método AHP com ratings.

Composição de Prioridades											
Critérios	Indicadores	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Importância		0,143	0,156	0,233	0,188	0,214	0,206	0,183	0,188	0,179	0,206
Fac. Interpretação		0,050	0,042	0,064	0,073	0,067	0,062	0,046	0,043	0,050	0,073
Aplicabilidade		0,086	0,084	0,127	0,117	0,124	0,104	0,079	0,089	0,089	0,109
Recorrência		0,007	0,007	0,017	0,017	0,013	0,010	0,007	0,007	0,007	0,007
Disp. Dados		0,070	0,094	0,117	0,094	0,105	0,070	0,047	0,082	0,047	0,047
Custo Med e Monit.		0,080	0,072	0,072	0,088	0,056	0,048	0,040	0,072	0,072	0,056
Referência Med.		0,046	0,069	0,077	0,062	0,062	0,039	0,031	0,054	0,031	0,039
Avaliação Global		0,482	0,523	0,705	0,637	0,641	0,538	0,432	0,534	0,474	0,535
Critérios	Indicadores	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Importância		0,188	0,233	0,206	0,174	0,170	0,125	0,192	0,125	0,156	0,161
Fac. Interpretação		0,053	0,075	0,069	0,067	0,059	0,035	0,062	0,037	0,043	0,044
Aplicabilidade		0,109	0,134	0,119	0,119	0,101	0,071	0,111	0,068	0,084	0,086
Recorrência		0,007	0,053	0,020	0,020	0,020	0,020	0,017	0,017	0,017	0,017
Disp. Dados		0,047	0,117	0,129	0,140	0,105	0,094	0,140	0,082	0,082	0,094
Custo Med e Monit.		0,056	0,072	0,088	0,080	0,088	0,072	0,080	0,080	0,072	0,072
Referência Med.		0,039	0,069	0,069	0,062	0,031	0,046	0,069	0,054	0,054	0,062
Avaliação Global		0,498	0,754	0,700	0,661	0,574	0,464	0,672	0,463	0,507	0,535
Critérios	Indicadores	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Importância		0,116	0,170	0,125	0,112	0,116	0,107	0,246	0,196	0,241	0,219
Fac. Interpretação		0,037	0,056	0,037	0,031	0,031	0,031	0,071	0,059	0,068	0,067
Aplicabilidade		0,066	0,094	0,061	0,061	0,061	0,053	0,127	0,114	0,135	0,119
Recorrência		0,010	0,007	0,007	0,007	0,007	0,007	0,007	0,007	0,033	0,010
Disp. Dados		0,059	0,082	0,047	0,047	0,035	0,047	0,140	0,152	0,129	0,129
Custo Med e Monit.		0,080	0,080	0,072	0,072	0,072	0,080	0,072	0,088	0,080	0,072
Referência Med.		0,046	0,054	0,023	0,023	0,023	0,031	0,092	0,100	0,085	0,092
Avaliação Global		0,414	0,542	0,372	0,352	0,345	0,356	0,755	0,717	0,771	0,708
Critérios	Indicadores	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
Importância		0,210	0,201	0,241	0,250	0,183	0,214	0,255	0,188	0,241	0,210
Fac. Interpretação		0,065	0,053	0,077	0,073	0,059	0,061	0,078	0,058	0,075	0,059
Aplicabilidade		0,106	0,101	0,124	0,134	0,101	0,114	0,142	0,109	0,134	0,104
Recorrência		0,007	0,037	0,030	0,020	0,020	0,017	0,010	0,010	0,010	0,007
Disp. Dados		0,129	0,070	0,140	0,152	0,094	0,152	0,176	0,164	0,152	0,129
Custo Med e Monit.		0,080	0,080	0,080	0,064	0,088	0,088	0,080	0,088	0,064	0,096
Referência Med.		0,085	0,039	0,116	0,100	0,046	0,100	0,100	0,108	0,085	0,077
Avaliação Global		0,681	0,581	0,808	0,793	0,591	0,746	0,840	0,724	0,762	0,681

Crítérios	Indicadores	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51
Importância		0,156	0,179	0,183	0,214	0,166	0,179	0,201	0,188	0,201	0,147	0,188
Fac. Interpretação		0,037	0,058	0,052	0,071	0,053	0,056	0,065	0,053	0,058	0,049	0,056
Aplicabilidade		0,068	0,096	0,099	0,122	0,094	0,106	0,122	0,104	0,111	0,079	0,101
Recorrência		0,007	0,007	0,007	0,007	0,007	0,020	0,020	0,017	0,013	0,007	0,007
Disp. Dados		0,070	0,094	0,094	0,152	0,070	0,152	0,117	0,082	0,094	0,082	0,082
Custo Med e Monit.		0,088	0,080	0,088	0,096	0,080	0,096	0,080	0,080	0,104	0,080	0,088
Referência Med.		0,046	0,046	0,062	0,092	0,039	0,062	0,046	0,031	0,031	0,039	0,039
Avaliação Global		0,473	0,559	0,583	0,754	0,508	0,671	0,651	0,554	0,612	0,482	0,560

Tabela E.5– Resultados da avaliação Global empregando o método AHP com ratings e agregação AIP com pesos iguais entre os atores.

Composição de prioridades												
Atores	Indicadores	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
	Prestador	0,161	0,184	0,251	0,152	0,241	0,205	0,161	0,214	0,169	0,192	
	Regulador	0,159	0,187	0,243	0,253	0,209	0,183	0,224	0,209	0,209	0,204	
	Especialista	0,161	0,174	0,235	0,212	0,214	0,179	0,144	0,178	0,158	0,178	
	Avaliação Global	0,481	0,546	0,729	0,618	0,664	0,567	0,529	0,601	0,536	0,575	
Atores	Indicadores	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
	Prestador	0,166	0,245	0,218	0,189	0,208	0,2	0,229	0,192	0,159	0,186	
	Regulador	0,181	0,283	0,279	0,237	0,235	0,164	0,247	0,168	0,188	0,214	
	Especialista	0,166	0,251	0,233	0,22	0,191	0,155	0,224	0,154	0,169	0,178	
	Avaliação Global	0,513	0,779	0,73	0,647	0,634	0,518	0,700	0,515	0,516	0,578	
Atores	Indicadores	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	
	Prestador	0,189	0,174	0,162	0,194	0,168	0,164	0,235	0,219	0,232	0,231	
	Regulador	0,198	0,207	0,21	0,229	0,199	0,142	0,265	0,274	0,289	0,253	
	Especialista	0,138	0,181	0,124	0,117	0,115	0,119	0,252	0,239	0,257	0,236	
	Avaliação Global	0,525	0,562	0,495	0,540	0,482	0,424	0,752	0,732	0,778	0,721	
Atores	Indicadores	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	
	Prestador	0,191	0,214	0,223	0,241	0,201	0,224	0,235	0,214	0,244	0,221	
	Regulador	0,241	0,311	0,273	0,269	0,286	0,234	0,256	0,212	0,266	0,219	
	Especialista	0,227	0,194	0,269	0,264	0,197	0,249	0,28	0,241	0,254	0,227	
	Avaliação Global	0,659	0,718	0,765	0,774	0,684	0,707	0,771	0,667	0,764	0,667	
Atores	Indicadores	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51
	Prestador	0,203	0,225	0,219	0,197	0,222	0,198	0,238	0,216	0,214	0,196	0,211
	Regulador	0,168	0,182	0,246	0,213	0,281	0,203	0,259	0,247	0,266	0,158	0,202
	Especialista	0,158	0,186	0,194	0,251	0,169	0,224	0,217	0,185	0,204	0,161	0,187
	Avaliação Global	0,528	0,593	0,66	0,662	0,673	0,625	0,715	0,648	0,683	0,515	0,599