

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM SANEAMENTO,**  
**MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS**

**DESENVOLVIMENTO, APLICAÇÃO E**  
**AValiação DE SISTEMA DE INDICADORES**  
**DE DESEMPENHO DE ESTAÇÕES DE**  
**TRATAMENTO DE ÁGUA**

**Misael Dieimes de Oliveira**

**Belo Horizonte**

**2014**

**DESENVOLVIMENTO, APLICAÇÃO E AVALIAÇÃO  
DE SISTEMA DE INDICADORES DE DESEMPENHO  
DE ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ÁGUA**

**Misael Dieimes de Oliveira**

**Misael Dieimes de Oliveira**

**DESENVOLVIMENTO, APLICAÇÃO E AVALIAÇÃO  
DE SISTEMA DE INDICADORES DE DESEMPENHO  
DE ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ÁGUA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos.

Área de concentração: Saneamento

Linha de pesquisa: Qualidade e tratamento de água para consumo humano

Orientador: Marcelo Libânio

Belo Horizonte  
Escola de Engenharia da UFMG

2014

O48d Oliveira, Misael Dieimes de  
Desenvolvimento, aplicação e avaliação de sistema de indicadores de  
desempenho de estações de tratamento de água [manuscrito] / Misael Dieimes de  
Oliveira. — 2014.  
xvii, 136 f., enc.: il.

Orientador: Marcelo Libânio.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de  
Engenharia.

Apêndices: f. 122-136.

Bibliografia: f. 116-121.

1. Saneamento - Teses. 2. Água – Estações de tratamento - Teses. 3. Água -  
Qualidade – Teses. I. Libânio, Marcelo, 1960 -. II. Universidade Federal de Minas  
Gerais. Escola de Engenharia. III. Título.

CDU: 628.32 (043)

Folha de aprovação.

## AGRADECIMENTOS

A minha família, Maria, Dimas e Ismael, pelas primeiras lições e exemplos desde os primeiros passos. Pela compreensão nas ausências e pelo conforto na presença e cuja distância física não aluiu o apoio para ir mais longe.

Ao professor Marcelo, pela atenção dispendida e pela confiança depositada na pesquisa e sobre mim. Pelos ensinamentos que, em tom sereno, por vezes ultrapassaram (oportunamente) as fronteiras da academia.

Aos amigos Bruna, Danusa, Déborah, Guilherme, Helder, Júlia, Marcela, Mateus e Thiago, pelos momentos de descontração, espontaneidade e aprendizagem.

A Aline, pela sinceridade, paciência, incentivo e companhia nos momentos difíceis, e cujos sorrisos adornaram nosso convívio.

A Izabela, Lívia, Lucas Lopes e Lucas Pessoa, pela dedicação, e aos professores Sílvia e Marcos, pela experiência compartilhada, parceiros no projeto em que esta pesquisa foi inserida.

Aos representantes da agência reguladora e do prestador de serviço, pela colaboração e contribuições, principalmente durante as reuniões que se sucederam.

A todos os demais que contribuíram para a realização desta pesquisa ou que, de alguma forma, tornaram os dias mais amenos, mas cuja menção me permito elidir.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pelo apoio financeiro.

A Deus, por permitir o prazer de compartilhar esses dois anos com pessoas cujas lembranças permearão o tempo.

*“O que há de belo num mistério é o segredo  
que ele contém e não a verdade  
que ele esconde”.*

Eric-Emmanuel Schmitt  
Variações Enigmáticas.

## RESUMO

O objetivo geral desta pesquisa foi desenvolver, aplicar e avaliar um sistema de indicadores de desempenho (ID) de estações de tratamento de água (ETA) sob a perspectiva de uma agência reguladora. A metodologia empregada constou de quatro etapas principais: (i) levantamento de sistemas de ID, (ii) seleção de elementos constituintes do sistema de ID desenvolvido, (iii) aplicação do sistema desenvolvido e (iv) avaliação do sistema proposto. O levantamento abrangeu dez dos principais órgãos e entidades nacionais e internacionais ligados à pesquisa, gestão e/ou regulação, resultando em 423 ID. Observou-se pequena proporção de ID específicos de ETA (9 %). Em sistemas de abastecimento de água, os temas de avaliação de maior importância foram *infraestrutura* (36 % dos ID) e *economia* (25 %), ao passo que para ETA foi o tema *saúde pública* (57 %). Inicialmente, foi proposto um sistema de ID a partir de temas, critérios e indicadores cuja seleção foi baseada em recomendações expostas na literatura. O conjunto foi discutido com a agência reguladora e com o prestador de serviços e resultou em um sistema com três temas, quatro critérios e 19 ID, acompanhados dos respectivos valores de referência e metas de desempenho. Para aplicação do sistema desenvolvido foram utilizados dados de monitoramento de qualidade da água (médias diárias), vazões médias mensais e custos de pessoal, produtos químicos e energia elétrica de seis ETA, com vazões de projeto entre  $36 \text{ L s}^{-1}$  e  $5.500 \text{ L s}^{-1}$ , no período de 2002 a 2011. Pela análise dinâmica, verificou-se que os ID dos temas *economia* e *infraestrutura* não apresentaram variação sazonal significativa (teste Kruskal-Wallis). Já os ID do tema *saúde pública* mostraram-se os mais impactados com a variação sazonal. Foram verificadas tendências significativas em 29 dos 100 casos avaliados (teste Mann-Kendall). A análise comparativa entre ETA deu-se por meio de análise de agrupamento e teste Kruskal-Wallis seguido de teste de comparações múltiplas. Ao final, foi conduzida uma análise fatorial/componentes principais com a finalidade de identificar grupos inter-relacionados de ID, apontar os principais ID dentro de cada critério de avaliação e investigar a possibilidade de redução do número de ID. Acredita-se que os métodos empregados para seleção dos elementos do sistema, processamento de dados e interpretação de resultados, bem como discussões acerca dos limites e perfil de atuação, aspectos do tratamento de água e métodos de medição de desempenho, possam contribuir para o desenvolvimento e aperfeiçoamento da fiscalização indireta e da regulação.

**Palavras-chave:** indicador, tratamento de água, regulação.

## ABSTRACT

The overall objective of this research was to develop, implement and evaluate a system of performance indicators (PI) for water treatment plants (WTP) under the perspective of a regulatory agency. The methodology used consisted of four main steps: (i) survey of PI systems, (ii) selection of elements of PI system, (iii) application of the system developed and (iv) evaluation the proposed system. The survey covered ten major national and international organizations related to research, management and/or regulation, resulting in 423 PI. There was a small proportion of ID specific for WTP (9 %). In water supply systems, the evaluation themes which have most importance were infrastructure (36% of ID) and economy (25%), while for WTP was the theme public health (57%). At first it was proposed a PI system starting from themes, criteria and indicators which selection was based on recommendations presented in literature. The set was discussed with the regulatory agency and the service provider, resulting in a system with three subjects, four criteria and 19 PI, followed by the respective reference values and performance targets. For application of the developed system, monitored water quality data (daily averages) was used, average monthly flows and personnel, chemicals and electric costs of six WTP, with project flow rates between  $36 \text{ L s}^{-1}$  and  $5.500 \text{ L s}^{-1}$  during the period from 2002 to 2011. By dynamic analysis, it was found that the PI of economy and infrastructure themes showed no significant seasonal variation (Kruskal-Wallis test). On the other hand the PI theme linked to public health proved to be the most impacted by the seasonal variation. Significant trends were observed in 29 of 100 cases analyzed (Mann-Kendall test). The comparative analysis between WTP was performed by cluster analysis the Kruskal-Wallis test followed by multiple comparisons tests. By the end, it was conducted a factor analysis/principal components in order to identify inter-related groups of PI, point out the main PI in each evaluation criterion and investigate the possibility to reduce the number of PI. It is believed that methods employed for selection of system elements, data processing and interpretation of results, as well as discussions about the limits and profile acting, aspects of water treatment and methods of performance measurement, may contribute to the development and improvement of indirect supervision and regulation.

**Keywords:** indicator, water treatment, regulation.

# SUMÁRIO

|                                                                                                          |           |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| LISTA DE TABELAS .....                                                                                   | xi        |
| LISTA DE FIGURAS .....                                                                                   | xiii      |
| LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS .....                                                                     | xv        |
| <b>1 INTRODUÇÃO.....</b>                                                                                 | <b>1</b>  |
| <b>1.1 Considerações iniciais.....</b>                                                                   | <b>1</b>  |
| <b>1.2 Justificativa.....</b>                                                                            | <b>3</b>  |
| <b>2 OBJETIVOS .....</b>                                                                                 | <b>7</b>  |
| <b>2.1 Objetivo geral.....</b>                                                                           | <b>7</b>  |
| <b>2.2 Objetivos específicos.....</b>                                                                    | <b>7</b>  |
| <b>3 REVISÃO DA LITERATURA.....</b>                                                                      | <b>8</b>  |
| <b>3.1 Regulação em sistemas de abastecimento de água .....</b>                                          | <b>8</b>  |
| <b>3.2 Avaliação de desempenho de estações de tratamento de água .....</b>                               | <b>10</b> |
| <b>3.3 Conceitos relacionados a indicadores .....</b>                                                    | <b>12</b> |
| <b>3.4 Principais elementos constituintes de sistemas de indicadores de<br/>        desempenho .....</b> | <b>14</b> |
| 3.4.1 Temas de avaliação .....                                                                           | 15        |
| 3.4.2 Critérios de avaliação .....                                                                       | 17        |
| 3.4.3 Indicadores de desempenho .....                                                                    | 17        |
| 3.4.4 Dados primários de monitoramento .....                                                             | 19        |
| 3.4.5 Valores de referência e metas de desempenho .....                                                  | 21        |
| 3.4.6 Informações de contexto .....                                                                      | 23        |
| <b>3.5 Desenvolvimento de sistemas de indicadores de desempenho .....</b>                                | <b>23</b> |
| 3.5.1 Adoção de sistemas de indicadores de desempenho existentes .....                                   | 24        |
| 3.5.2 Adoção de sistemas de indicadores de desempenho de acordo com os<br>interesses do avaliador .....  | 24        |
| 3.5.3 Características desejáveis de indicadores de desempenho .....                                      | 25        |
| 3.5.4 Formas de análise de resultados oriundos de sistemas de indicadores de<br>desempenho.....          | 27        |
| <b>3.6 Aplicações de sistemas de indicadores de desempenho.....</b>                                      | <b>28</b> |

|         |                                                                                                               |           |
|---------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 3.6.1   | Pesquisas relacionadas a sistemas de indicadores de desempenho.....                                           | 28        |
| 3.6.2   | Uso de sistemas de indicadores de desempenho por órgãos e entidades nacionais e internacionais.....           | 31        |
| 3.6.3   | Papeis da agência reguladora e do prestador de serviço .....                                                  | 32        |
| 4       | <b>METODOLOGIA.....</b>                                                                                       | <b>33</b> |
| 4.1     | <i>Levantamento de sistemas de indicadores de desempenho .....</i>                                            | <i>33</i> |
| 4.2     | <i>Seleção de elementos constituintes do sistema de indicadores de desempenho .....</i>                       | <i>34</i> |
| 4.2.1   | Pré-seleção de temas, critérios e indicadores de desempenho.....                                              | 35        |
| 4.2.2   | Definição de temas, critérios e indicadores de desempenho com base nos interesses da agência reguladora ..... | 36        |
| 4.2.3   | Definição de valores de referência, metas de desempenho e informações de contexto .....                       | 36        |
| 4.3     | <i>Aplicação do sistema de indicadores de desempenho .....</i>                                                | <i>37</i> |
| 4.3.1   | Caracterização das estações de tratamento de água e dos dados de monitoramento .....                          | 37        |
| 4.3.2   | Processamento de dados de monitoramento .....                                                                 | 39        |
| 4.4     | <i>Avaliação de desempenho das estações de tratamento de água .....</i>                                       | <i>39</i> |
| 4.5     | <i>Avaliação do sistema de indicadores de desempenho.....</i>                                                 | <i>41</i> |
| 5       | <b>RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>                                                                            | <b>43</b> |
| 5.1     | <i>Levantamento de sistemas de indicadores de desempenho .....</i>                                            | <i>43</i> |
| 5.2     | <i>Seleção de elementos constituintes do sistema de indicadores de desempenho .....</i>                       | <i>49</i> |
| 5.2.1   | Pré-seleção de temas, critérios e indicadores de desempenho.....                                              | 49        |
| 5.2.1.1 | Tema saúde pública.....                                                                                       | 55        |
| 5.2.1.2 | Tema meio ambiente.....                                                                                       | 60        |
| 5.2.1.3 | Tema infraestrutura .....                                                                                     | 61        |
| 5.2.1.4 | Tema gestão de pessoas .....                                                                                  | 62        |
| 5.2.1.5 | Tema economia .....                                                                                           | 63        |
| 5.2.2   | Definição de temas, critérios e indicadores de desempenho com base nos interesses da agência reguladora ..... | 64        |
| 5.2.3   | Definição de valores de referência, metas de desempenho e informações de contexto .....                       | 67        |
| 5.3     | <i>Aplicação do sistema de indicadores de desempenho .....</i>                                                | <i>72</i> |
| 5.3.1   | Processamento de dados de monitoramento.....                                                                  | 72        |
| 5.3.2   | Informações de contexto .....                                                                                 | 75        |

|         |                                                                                                                                                                                    |            |
|---------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| 5.3.3   | <b>Análise estática .....</b>                                                                                                                                                      | <b>80</b>  |
| 5.3.3.1 | ETA A .....                                                                                                                                                                        | 81         |
| 5.3.3.2 | ETA B .....                                                                                                                                                                        | 83         |
| 5.3.3.3 | ETA C .....                                                                                                                                                                        | 86         |
| 5.3.3.4 | ETA D .....                                                                                                                                                                        | 87         |
| 5.3.3.5 | ETA E .....                                                                                                                                                                        | 90         |
| 5.3.3.6 | ETA F .....                                                                                                                                                                        | 91         |
| 5.3.4   | <b>Análise dinâmica .....</b>                                                                                                                                                      | <b>93</b>  |
| 5.3.5   | <b>Análise comparativa.....</b>                                                                                                                                                    | <b>98</b>  |
| 5.4     | <b><i>Avaliação do sistema de indicadores de desempenho.....</i></b>                                                                                                               | <b>105</b> |
| 6       | <b>CONCLUSÕES.....</b>                                                                                                                                                             | <b>110</b> |
| 6.1     | <b><i>Levantamento de sistemas de indicadores de desempenho .....</i></b>                                                                                                          | <b>110</b> |
| 6.2     | <b><i>Sistema de indicadores de desempenho proposto .....</i></b>                                                                                                                  | <b>111</b> |
| 6.3     | <b><i>Avaliação de desempenho das estações de tratamento de água .....</i></b>                                                                                                     | <b>112</b> |
| 6.3.1   | Análise estática .....                                                                                                                                                             | 112        |
| 6.3.2   | Análise dinâmica .....                                                                                                                                                             | 112        |
| 6.3.3   | Análise comparativa.....                                                                                                                                                           | 113        |
| 6.4     | <b><i>Avaliação do sistema de indicadores de desempenho.....</i></b>                                                                                                               | <b>114</b> |
| 6.5     | <b><i>Recomendações .....</i></b>                                                                                                                                                  | <b>114</b> |
|         | <b>REFERÊNCIAS.....</b>                                                                                                                                                            | <b>116</b> |
|         | <b>APÊNDICES .....</b>                                                                                                                                                             | <b>122</b> |
|         | <b><i>APÊNDICE A – Variáveis quantitativas de projeto e de operação de<br/>estações de tratamento de água recomendadas pela NBR 12216<br/>(ABNT, 1992) .....</i></b>               | <b>122</b> |
|         | <b><i>APÊNDICE B – Pasta de trabalho proposta para processamento de dados<br/>do sistema de indicadores de desempenho .....</i></b>                                                | <b>125</b> |
|         | <b><i>APÊNDICE C – Distribuição dos indicadores de desempenho levantados<br/>entre temas e critérios de avaliação adotados para sistemas de<br/>abastecimento de água.....</i></b> | <b>129</b> |
|         | <b><i>APÊNDICE D – Formulário proposto para coleta de informações de<br/>contexto.....</i></b>                                                                                     | <b>130</b> |

|                                                                                                           |                   |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|
| <b><i>APÊNDICE E – Séries temporais dos ID com resultado significativo no teste de tendência.....</i></b> | <b><i>132</i></b> |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|

## LISTA DE TABELAS

|                                                                                                                                                                    |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Tabela 3.1.</b> Natureza jurídica e abrangência de prestadores de serviço de abastecimento de água no Brasil.....                                               | 9  |
| <b>Tabela 3.2.</b> Objetivos da prestação do serviço <i>versus</i> objetivos da regulação em sistemas de abastecimento de água.....                                | 15 |
| <b>Tabela 3.3.</b> Categorias de confiabilidade da fonte de dados e nível de exatidão dos dados....                                                                | 21 |
| <b>Tabela 3.4.</b> Matriz de níveis de confiança .....                                                                                                             | 21 |
| <b>Tabela 3.5.</b> Erros nos processos de seleção e uso de indicadores.....                                                                                        | 26 |
| <b>Tabela 3.6.</b> Usuários de sistemas de indicadores de desempenho .....                                                                                         | 29 |
| <b>Tabela 3.7.</b> Pesquisas sobre desenvolvimento e aplicação de indicadores no setor de abastecimento de água.....                                               | 30 |
| <b>Tabela 4.1.</b> Órgãos e entidades nacionais e internacionais utilizados como fonte de dados para o levantamento de sistemas de indicadores de desempenho ..... | 33 |
| <b>Tabela 4.2.</b> Boas práticas no processo de escolha de indicadores .....                                                                                       | 35 |
| <b>Tabela 4.3.</b> Informações e dados de monitoramento das ETA .....                                                                                              | 38 |
| <b>Tabela 5.1.</b> Distribuição dos indicadores de desempenho segundo órgão/entidade proponente .....                                                              | 43 |
| <b>Tabela 5.2.</b> Diversidade de temas e critérios de avaliação observados e adotados segundo objeto de avaliação .....                                           | 44 |
| <b>Tabela 5.3.</b> Objetivos e critérios de avaliação informados pela agência reguladora.....                                                                      | 49 |
| <b>Tabela 5.4.</b> Objetivos e critérios pré-definidos para avaliação de ETA .....                                                                                 | 50 |
| <b>Tabela 5.5.</b> Temas, critérios e indicadores de desempenho pré-definidos .....                                                                                | 52 |
| <b>Tabela 5.6.</b> Posição da agência reguladora e do prestador de serviço em relação aos ID pré-definidos .....                                                   | 65 |
| <b>Tabela 5.7.</b> Valores de referência e metas de desempenho propostas para ID do tema <i>saúde pública</i> , critério <i>controle do monitoramento</i> .....    | 68 |
| <b>Tabela 5.8.</b> Valores de referência e metas de desempenho propostas para os ID do tema <i>saúde pública</i> , critério <i>qualidade da água</i> .....         | 69 |

|                                                                                                                                                       |     |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>Tabela 5.9.</b> Valores de referência e meta de desempenho proposta para o ID do tema<br>infraestrutura, critério adequação com a capacidade ..... | 71  |
| <b>Tabela 5.10.</b> Informações de contexto de ETA .....                                                                                              | 72  |
| <b>Tabela 5.11.</b> <i>Outliers</i> identificados no banco de dados segundo tipo de parâmetro e ETA....                                               | 73  |
| <b>Tabela 5.12.</b> Informações de contexto da ETA A .....                                                                                            | 76  |
| <b>Tabela 5.13.</b> Informações de contexto da ETA B.....                                                                                             | 77  |
| <b>Tabela 5.14.</b> Informações de contexto da ETA C.....                                                                                             | 77  |
| <b>Tabela 5.15.</b> Informações de contexto da ETA D .....                                                                                            | 78  |
| <b>Tabela 5.16.</b> Informações de contexto da ETA E.....                                                                                             | 79  |
| <b>Tabela 5.17.</b> Informações de contexto da ETA F .....                                                                                            | 80  |
| <b>Tabela 5.18.</b> Estatísticas descritivas dos indicadores de desempenho da ETA A .....                                                             | 82  |
| <b>Tabela 5.19.</b> Estatísticas descritivas dos indicadores de desempenho da ETA B .....                                                             | 83  |
| <b>Tabela 5.20.</b> Estatísticas descritivas dos indicadores de desempenho da ETA C .....                                                             | 86  |
| <b>Tabela 5.21.</b> Estatísticas descritivas dos indicadores de desempenho da ETA D.....                                                              | 88  |
| <b>Tabela 5.22.</b> Estatísticas descritivas dos indicadores de desempenho da ETA E.....                                                              | 90  |
| <b>Tabela 5.23.</b> Estatísticas descritivas dos indicadores de desempenho da ETA F.....                                                              | 91  |
| <b>Tabela 5.24.</b> Resultados (valor p) do teste Shapiro-Wilk de aderência à distribuição normal                                                     | 93  |
| <b>Tabela 5.25.</b> Resultados (valores p) dos testes de sazonalidade (KW) e de tendência (MK e<br>MKS) e sentido de variação .....                   | 97  |
| <b>Tabela 5.26.</b> Resultados do teste Kruskal-Wallis (valores p) e classificação das ETA baseada<br>no teste de comparações múltiplas .....         | 99  |
| <b>Tabela 5.27.</b> Coeficientes de correlação de Spearman entre indicadores de desempenho ....                                                       | 106 |
| <b>Tabela 5.28.</b> Correlações entre indicadores e componente principais antes e após a rotação<br>varimax ( <i>factor loadings</i> ).....           | 108 |

## LISTA DE FIGURAS

|                                                                                                                                                                 |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Figura 1.1.</b> Distribuição das normas existentes e das respectivas agências reguladoras de saneamento básico segundo tipo de norma .....                   | 4  |
| <b>Figura 3.1.</b> Resumo das variáveis quantitativas de projeto e de operação de estações de tratamento de água recomendadas pela NBR 12216 (ABNT, 1992) ..... | 11 |
| <b>Figura 3.2.</b> Evolução do número de parâmetros físico-químicos e organolépticos de qualidade da água do padrão de potabilidade brasileiro .....            | 11 |
| <b>Figura 3.3.</b> Pirâmide de informação .....                                                                                                                 | 13 |
| <b>Figura 3.4.</b> Elementos de um sistema de indicadores de desempenho .....                                                                                   | 14 |
| <b>Figura 3.5.</b> Tipos de indicadores de desempenho .....                                                                                                     | 18 |
| <b>Figura 3.6.</b> Etapas de avaliação de desempenho .....                                                                                                      | 23 |
| <b>Figura 4.1.</b> Esquema dos elementos presentes na pasta de trabalho de processamento de dados do sistema de ID.....                                         | 40 |
| <b>Figura 5.1.</b> Distribuição dos ID entre unidades de SAA, considerando a presença e ausência de repetições .....                                            | 45 |
| <b>Figura 5.2.</b> Distribuição de ID entre temas de avaliação adotados .....                                                                                   | 46 |
| <b>Figura 5.3.</b> Distribuição dos ID específicos de estações de tratamento de água entre temas e critérios de avaliação adotados.....                         | 47 |
| <b>Figura 5.4.</b> Distribuição dos ID aplicáveis a estações de tratamento de água entre temas e critérios de avaliação adotados.....                           | 48 |
| <b>Figura 5.5.</b> Percentual de atendimento às metas de desempenho segundo ETA e indicador de desempenho .....                                                 | 81 |
| <b>Figura 5.6.</b> Box-plot dos ID calculados para a ETA A .....                                                                                                | 85 |
| <b>Figura 5.7.</b> Box-plot dos ID calculados para a ETA B.....                                                                                                 | 85 |
| <b>Figura 5.8.</b> Box-plot dos ID calculados para a ETA C.....                                                                                                 | 89 |
| <b>Figura 5.9.</b> Box-plot dos ID calculados para a ETA D .....                                                                                                | 89 |
| <b>Figura 5.10.</b> Box-plot dos ID calculados para a ETA E.....                                                                                                | 92 |
| <b>Figura 5.11.</b> Box-plot dos ID calculados para a ETA F .....                                                                                               | 92 |

|                                                                                                                                                                                                                         |     |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>Figura 5.12.</b> Box-plot dos ID com variação sazonal significativa (valor p do teste Kruskal-Wallis < 0,05) para as ETA A, B, C e D .....                                                                           | 94  |
| <b>Figura 5.13.</b> Box-plot dos ID com variação sazonal significativa (valor p do teste Kruskal-Wallis < 0,05) para as ETA E e F .....                                                                                 | 95  |
| <b>Figura 5.14.</b> Box-plot de comparação das ETA segundo indicador de desempenho para o tema saúde pública, critério <i>controle do monitoramento</i> .....                                                           | 100 |
| <b>Figura 5.15.</b> Box-plot de comparação das ETA segundo indicador de desempenho para o tema <i>saúde pública</i> , critério <i>qualidade da água</i> .....                                                           | 101 |
| <b>Figura 5.16.</b> Box-plot de comparação das ETA segundo indicador de desempenho para o tema <i>infraestrutura</i> , critério <i>controle do monitoramento</i> , e tema <i>economia</i> , critério <i>custo</i> ..... | 102 |
| <b>Figura 5.17.</b> Dendograma para as seis ETA (a) e distâncias euclidianas ao longo das etapas de agrupamento (b) .....                                                                                               | 103 |
| <b>Figura 5.18.</b> Box-plot dos indicadores de desempenho após padronização .....                                                                                                                                      | 105 |
| <b>Figura 5.19.</b> Valor absoluto e proporção acumulada dos autovalores das componentes principais .....                                                                                                               | 107 |
| <b>Figura 5.20.</b> Planos fatoriais das componentes CP-1×CP-2, CP-1×CP-3 e CP-2×CP-3.....                                                                                                                              | 109 |

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

|         |                                                                                 |
|---------|---------------------------------------------------------------------------------|
| aaaa    | ano                                                                             |
| ABAR    | Associação Brasileira de Agências de Regulação                                  |
| ABES    | Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental                       |
| ABNT    | Associação Brasileira de Normas Técnicas                                        |
| ADERASA | Associação de Entidades Reguladoras de Água e Saneamento das Américas           |
| AIQ     | amplitude interquartil                                                          |
| ARH-01  | absenteísmo                                                                     |
| ARH-02  | funcionários por volume produzido                                               |
| ARH-03  | acidentes de trabalho                                                           |
| ASA-01  | água reutilizada no abastecimento                                               |
| ASA-02  | destinação adequada de lodo                                                     |
| ASE-01  | custo unitário de tratamento de água                                            |
| ASE-02  | custo unitário com energia elétrica                                             |
| ASE-03  | custo unitário com pessoal                                                      |
| ASE-04  | custo unitário com produtos químicos                                            |
| ASI-02  | consumo unitário de produtos químicos                                           |
| ASI-03  | consumo unitário de energia elétrica                                            |
| ASI-04  | consumo unitário de água para lavagem de filtros                                |
| ASI-05  | calibração de equipamentos de análise de qualidade de água                      |
| ASI-06  | interrupção do funcionamento de qualquer etapa do tratamento por mais de 30 min |
| ASP-01  | Atendimento ao número requerido de análises de coliformes totais                |
| ASP-02  | Atendimento ao número requerido de análises de cloro livre                      |
| ASP-03  | Atendimento ao número requerido de análises de turbidez                         |
| ASP-04  | Atendimento ao número requerido de análises de cor aparente                     |
| ASP-05  | Atendimento ao número requerido de análises de pH                               |
| ASP-06  | Atendimento ao número requerido de análises de flúor                            |
| ASP-07  | Atendimento ao valor de referência de coliformes totais                         |
| ASP-08  | Atendimento ao valor de referência e cloro livre                                |
| ASP-09  | Atendimento ao valor de referência de turbidez (0,5 uT)                         |
| ASP-10  | Atendimento ao valor de referência de turbidez (1,0 uT)                         |
| ASP-11  | Atendimento ao valor de referência de cor aparente                              |
| ASP-12  | Atendimento ao valor de referência de pH                                        |

|        |                                                                                                       |
|--------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ASP-13 | Atendimento simultâneo aos valores de referência de turbidez e de coliformes totais                   |
| ASP-15 | Atendimento geral às metas de qualidade de água                                                       |
| ASP-16 | Atendimento ao número requerido de análises de alumínio                                               |
| ASP-17 | Atendimento ao valor de referência de alumínio                                                        |
| ASP-18 | Atendimento simultâneo aos valores de referência de cloro livre e de coliformes totais                |
| ASP-19 | Atendimento simultâneo aos valores de referência de turbidez e de cloro livre                         |
| AWWA   | <i>American Water Works Association</i>                                                               |
| C1     | primeiro bimestre do período chuvoso (outubro e novembro)                                             |
| C2     | segundo bimestre do período chuvoso (dezembro e janeiro)                                              |
| C3     | terceiro bimestre do período chuvoso (fevereiro e março)                                              |
| CEL    | companhia energética local                                                                            |
| CNQA   | Comitê Nacional da Qualidade Abes                                                                     |
| CONAMA | Conselho Nacional do Meio Ambiente                                                                    |
| CP     | componente principal                                                                                  |
| CREA   | Conselho Regional de Engenharia e Agronomia                                                           |
| ERSAR  | Entidade Reguladora dos Serviços de Águas e Resíduos                                                  |
| ETA    | estação de tratamento de água                                                                         |
| IBNET  | <i>The International Benchmarking Network for Water and Sanitation Utilities</i>                      |
| ID     | indicador de desempenho                                                                               |
| IGPM   | Índice Geral de Preços do Mercado                                                                     |
| INPC   | Índice Nacional de Preços ao Consumidor                                                               |
| IRAR   | Instituto Regulador de Águas e Resíduos                                                               |
| ISO    | <i>International Organization for Standardization</i>                                                 |
| IWA    | <i>International Water Association</i>                                                                |
| KMO    | coeficiente Kaiser-Meyer-Olkin                                                                        |
| LNEC   | Laboratório Nacional de Engenharia Civil                                                              |
| mm     | mês                                                                                                   |
| OAB    | Ordem dos Advogados do Brasil                                                                         |
| OECD   | Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico                                             |
| OFWAT  | <i>Water Services Regulation Authority</i> (anteriormente denominada <i>Office of Water Service</i> ) |
| ONG    | organizações não governamentais                                                                       |
| PNQS   | Prêmio Nacional de Qualidade em Saneamento                                                            |
| RH     | tema gestão de pessoas                                                                                |

|          |                                                                              |
|----------|------------------------------------------------------------------------------|
| S1       | primeiro bimestre do período seco (abril e maio)                             |
| S2       | segundo bimestre do período seco (junho e julho)                             |
| S3       | terceiro bimestre do período seco (agosto e setembro)                        |
| SA       | tema meio ambiente                                                           |
| SAA      | sistema de abastecimento de água                                             |
| SE       | tema economia                                                                |
| SEDIF    | Sindicato dos Serviços de Água da Região de Ile-de-France                    |
| SI       | tema infraestrutura                                                          |
| SINISA   | Sistema Nacional de Informações em Saneamento Básico                         |
| SNIS     | Sistema Nacional de Informações Sobre Saneamento                             |
| SNSA     | Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental                                  |
| SP       | tema saúde pública                                                           |
| SUNASS   | Superintendência Nacional de Serviços e Saneamento                           |
| UFMG     | Universidade Federal de Minas Gerais                                         |
| USEPA    | Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos                             |
| VMP      | valor máximo permitido                                                       |
| WHO      | Organização Mundial da Saúde                                                 |
| WSAA     | <i>Water Services Association of Australia</i>                               |
| $\alpha$ | nível de significância: probabilidade de rejeição de uma hipótese verdadeira |

# 1 INTRODUÇÃO

## 1.1 Considerações iniciais

O abastecimento de água para consumo humano compõe o conjunto de ações de saneamento que devem ser garantidas pelos municípios, titulares deste serviço, e cuja responsabilidade é compartilhada com governos estaduais e federal. Para cumprirem adequadamente sua função, os sistemas de abastecimento de água (SAA) devem ser projetados de forma a atender, continuamente, às demandas dos usuários em termos de quantidade e qualidade de água. Dentre os diversos elementos de SAA, destacam-se as estações de tratamento de água (ETA), cuja função primordial é a adequação das características da água bruta aos padrões de potabilidade (ABNT, 1992).

Embora a titularidade dos serviços de saneamento seja dos municípios, é comum a delegação da prestação do serviço de abastecimento de água para empresas (delegatárias), a grande maioria pública. No Brasil, o setor é estruturado em torno de um conjunto de empresas de economia mista (maioria) e municipais (TUPPER; RESENDE, 2004). O serviço de abastecimento de água nos 5.570 municípios brasileiros (IBGE, 2013) é prestado por 1.635 empresas: 1.602 locais, seis microrregionais e 27 regionais (SNSA, 2012).

Os SAA apresentam um conjunto exclusivo de características que conduz o mercado de prestação do serviço em direção a monopólios naturais, muitas vezes de domínio público (LIN, 2005). O efeito de economia de escala, inerente ao serviço, favorece o monopólio no setor, conduzindo ao estabelecimento de apenas um provedor local (GERLACH; FRANCEYS, 2010). Outros fatores que tornam improvável a concorrência no setor são a dificuldade para instalação de empresas concorrentes, custos fixos elevados, ativos fixos com longo tempo de vida e absorção relativamente baixa de novas tecnologias (TUPPER, RESENDE, 2004).

A importância do debate sobre regulação, historicamente, refere-se ao conceito de monopólio (GUÉRIN-SCHNEIDER; NAKHLA, 2012). Tendo em vista a posição de domínio do prestador do serviço no mercado, caso não haja regulação, o risco de abuso aos usuários é alto, podendo levar ao fornecimento de serviços de baixa qualidade a elevados preços ou, no mínimo, ineficientes (MARQUES; SIMÕES, 2008). Nos mercados competitivos a

autorregulação é sustentada pela concorrência entre empresas, tanto no que se refere à qualidade do serviço quanto ao preço. Já no mercado monopolista, a regulação é necessária para preservar o interesse público (dos usuários) frente às falhas de mercado (GUÉRIN-SCHNEIDER; NAKHLA, 2012), caracterizadas pela impossibilidade de concorrência.

Nesse contexto, a avaliação de desempenho tem sido reconhecida como uma forma de introduzir pressões competitivas (CORTON, 2003) e incentivar a melhoria da prestação dos serviços. Os resultados de uma avaliação comparativa podem, por exemplo, auxiliar tomadores de decisão a direcionar fundos de investimento em projetos que visem desenvolver o setor de abastecimento de água na região (CORTON; BERG, 2009). Esses resultados também permitem a reguladores, operadores ou outras partes interessadas tomarem decisões e/ou propor reformas (MARQUES; SIMÕES, 2008).

No caso específico de ETA, a avaliação de desempenho pode ser empregada para análise do comportamento da estação em termos de eficiência (uso racional de recursos), de eficácia (atendimento a metas) e de efetividade (ganhos obtidos com reformas ou com modificações de processos de tratamento, por exemplo). Além de benefícios relacionados ao mercado e à gestão da empresa, a avaliação de desempenho pode ainda ser tratada como uma necessidade oriunda de aspectos técnicos inerentes à operação de estações. O aumento da demanda, a deterioração da qualidade da água dos mananciais e o estabelecimento de metas progressivas cada vez mais restritas para padrões de potabilidade requerem, inevitavelmente, ampliação e modificação de processos de tratamento. A avaliação do desempenho, antes e após tais alterações, indicará o nível de efetividade e o sucesso (ou insucesso) decorrente dessas ações.

Um conjunto substancial de técnicas para a medição de desempenho está disponível na literatura (CORTON; BERG, 2009), conforme descrito em Coelli *et al.* (2003). Porém, em virtude das inúmeras variáveis intervenientes nos processos e operações unitárias em ETA, o acompanhamento de todos esses por parte de entidades reguladoras tornar-se-ia impraticável na rotina diária de operação. Como alternativa, pode-se empregar indicadores de desempenho (ID) para expressar, de forma sucinta, o comportamento geral de uma ETA a partir de variáveis-chave, permitindo o monitoramento de forma mais simples e com menor dispêndio de tempo e de recursos, tornando a regulação mais eficiente e menos custosa (GALVÃO JUNIOR, 2006).

Com o uso de indicadores adequados, pode-se avaliar quantitativamente o desempenho operacional segundo metas de desempenho (CHANG *et al.*, 2007), bem como progressos na consecução de objetivos da política de empresas, além de garantir o suprimento de informações para programas de financiamento (ABNT, 2012). Todavia, a maioria dos sistemas de ID propostos na literatura ainda carece da definição clara de objetivos de avaliação e de elementos que considerem o contexto de avaliação. Cabe também mencionar o excessivo número de ID em sistemas de avaliação propostos por alguns órgãos e entidades, como a *International Water Association* (170 ID) (ALEGRE *et al.*, 2006), *The International Benchmarking Network for Water and Sanitation Utilities* (60 ID) (WORLD BANK, 2013) e a Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental (68 ID) (SNSA, 2012).

Nesse contexto, esta pesquisa visou o desenvolvimento, a aplicação e a avaliação de um sistema de ID de ETA sob o ponto de vista de uma entidade reguladora. Ao longo da pesquisa, foi realizado o levantamento de sistemas de ID propostos por órgãos e entidades nacionais e internacionais ligados à pesquisa, gestão e/ou regulação e à seleção de elementos do sistema baseada nos interesses de uma agência reguladora, tomada como estudo de caso. A aplicação do sistema de ID resultante abrangeu a avaliação de seis ETA enquanto que a avaliação do próprio sistema de ID deu-se por meio de análise fatorial, com a finalidade de identificar grupos inter-relacionados de ID e apontar os mais representativos em cada tema de avaliação.

A presente pesquisa vinculou-se ao convênio entre a Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG) e uma agência reguladora para o desenvolvimento de uma metodologia para avaliação de desempenho de estações de tratamento de água e de esgotos de um município. Em todas as etapas da pesquisa procurou-se preservar as identidades da agência reguladora, do prestador de serviço de abastecimento de água e das ETA, sem prejuízos para os resultados apresentados.

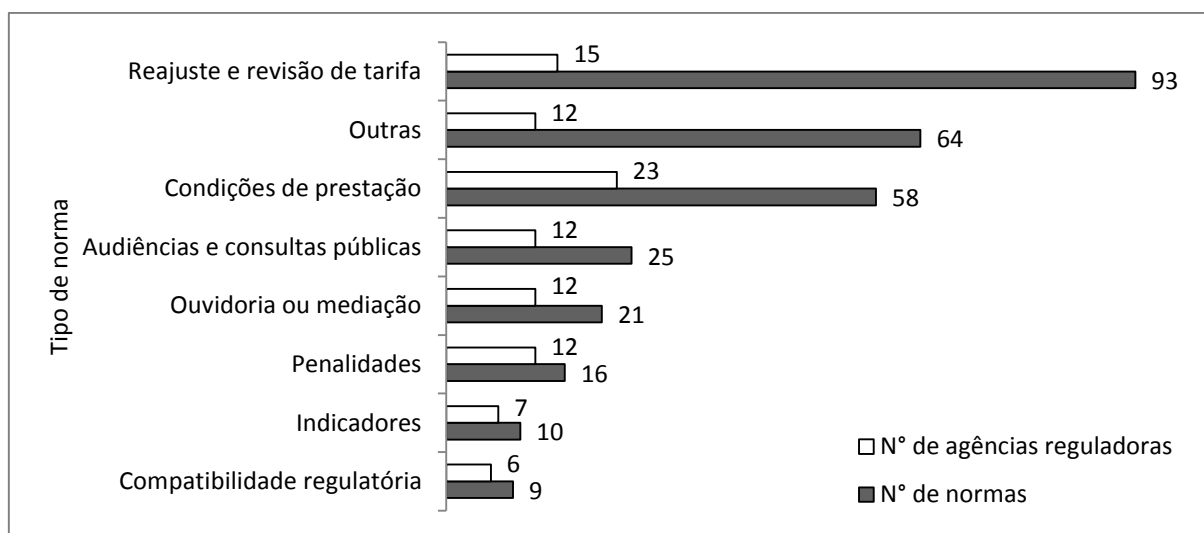
## **1.2 Justificativa**

No Brasil, a Lei 11.445 (Art. 23, I) prevê que os planos de saneamento básico devem abranger a utilização de sistemas de indicadores (Art. 19), compondo o conjunto de elementos que devem ser utilizados pelas agências reguladoras para normatização no setor de saneamento, abrangendo dimensões técnica, econômica e social da prestação dos serviços (BRASIL, 2007). A mesma Lei institui o Sistema Nacional de Informações em Saneamento Básico

(SINISA), o qual tem como um de seus objetivos disponibilizar estatísticas, indicadores e outras informações relevantes para a caracterização da demanda e da oferta de serviços públicos de saneamento. Segundo Galvão Júnior (2006), os indicadores são excelentes instrumentos para a regulação e controle social das concessões de água e de esgoto por agências reguladoras estaduais e municipais.

Levantamento feito pela Associação Brasileira de Agências de Regulação (ABAR), em dezembro de 2012, abrangeu a caracterização de 27 agências reguladoras de serviços de saneamento básico distribuídas em 19 estados e no Distrito Federal que, juntas, regulam 95 % das delegações no país. A distribuição das normas existentes e das agências segundo tipo de norma é apresentada na Figura 1.1. Apesar de verificar-se grande quantidade de normas no setor de saneamento básico, a distribuição destas entre agências reguladoras ainda não é equitativa, constando nove agências com menos de cinco normas (ABAR, 2013a). Com relação ao uso de ID, a situação aparenta ser ainda mais crítica, resultando em apenas 10 ID distribuídos entre sete agências reguladoras. Tal quadro evidencia a carência ainda recente de desenvolvimento e de uso de ID na atividade de regulação.

**Figura 1.1.** Distribuição das normas existentes e das respectivas agências reguladoras de saneamento básico segundo tipo de norma



Fonte: adaptado de ABAR (2013a, p. 86).

Muito tem sido feito sobre a teoria e aplicação da regulação, mas pouco se sabe sobre o funcionamento prático do sistema regulatório em países em desenvolvimento (EHRHARDT *et al.*, 2007). As principais lacunas identificadas a partir da revisão da literatura foram:

- em alguns sistemas de ID não há distinção entre tipo de órgão/entidade avaliador ou nível de gestão para os quais os ID são propostos;
- objetivos e critérios de avaliação relacionados a cada ID não são claramente definidos;
- a maioria dos sistemas de ID não consideram aspectos como gestão de pessoas, relacionamento do prestador com o usuário ou meio ambiente;
- há expressivo número de ID disponíveis na literatura sem a devida orientação para seleção e uso dos mesmos.

Os segmentos aqui considerados, prestador de serviço e agência reguladora, possuem papéis claramente distintos, cada qual com objetivos próprios. Não há um conjunto único de ID capaz de servir a diversos propósitos; a adequabilidade de cada conjunto irá depender da finalidade da avaliação (OECD, 1993, 2003, 2008; PETERSON *et al.*, 2001), sendo esta associada ao tipo de avaliador. Conforme UNEP/RIVM (1994), ID sempre correspondem a um ponto de vista específico e, por consequência, estão a serviço de uma comunidade de usuários também específica, seja prestador de serviço ou agência reguladora. Logo, as atividades de regulação e de prestação do serviço tendem a demandar sistemas de ID específicos.

Certo é que, independente do avaliador, a elaboração de um índice ou indicador exige que os objetivos da política sejam claramente definidos (SINGH *et al.*, 2009), uma vez que correspondem à motivação da avaliação de desempenho. Caso os objetivos não sejam pré-estabelecidos, os conjuntos de ID não são capazes de se autossustentar, acabando por se tornar uma ferramenta com um fim em si mesma. Corton (2003) afirma que, mesmo quando indicadores são utilizados, o processo de *benchmarking* torna-se complexo se objetivos não estão claramente estabelecidos.

Além de objetivos, ou temas de avaliação, é recomendável o estabelecimento de grupos de elementos mais específicos, aqui denominados critérios de avaliação e tratados como “subtemas”. Tal estrutura é observada em sistemas de ID propostos pela Associação de Entidades Reguladoras de Água e Saneamento das Américas (ADERASA) (GRTB, 2012), *American Water Works Association* (AWWA, 2012), Entidade Reguladora dos Serviços de Águas e Resíduos e Laboratório Nacional de Engenharia Civil (ERSAR; LNEC, 2013), *International Water Association* (IWA) (ALEGRE *et al.*, 2006) e *Water Services Association of Australia* (WSAA, 2012).

Ainda com relação ao desenvolvimento de sistemas de avaliação de desempenho, exemplos atualmente disponíveis na literatura não cobrem aspectos essenciais do desempenho de ETA, como fiabilidade do tratamento, segurança de pessoas e instalações, gestão de subprodutos e utilização de recursos naturais, humanos e econômico-financeiros (VIEIRA *et al.*, 2009). A maioria dos sistemas de ID atenta-se, em alguns casos, tão somente ao cumprimento dos padrões de qualidade de água estabelecidos em lei e monitoramento de custos e tarifas operacionais.

Por fim, o uso de ID pressupõe a consideração das variáveis mais importantes em detrimento de todas as variáveis capazes de influenciar um processo (COULIBALY; RODRIGUEZ, 2004). É importante notar que, devido às relações próximas entre determinadas variáveis envolvidas, pode ocorrer que estas já tenham seu potencial expresso por meio de outras (COULIBALY; RODRIGUEZ, 2004), conduzindo a redundâncias. Além disso, frente ao expressivo número de ID de SAA disponíveis na literatura, acredita-se que quanto menor o sistema de ID mais fácil torna-se a compreensão dos resultados (VON SPERLING, 2010).

Experiências internacionais sobre o tema recomendam restringir o número de ID avaliados (SILVA; BASÍLIO SOBRINHO, 2006), porém sem a menção exata de um número máximo. Uma recomendação de limite, ainda empírica, apresentada por Galvão Júnior e Ximenes (2008), é de até 20 ID para cada modalidade de serviço de saneamento, seja abastecimento de água, esgotamento sanitário, manejo de resíduos sólidos ou drenagem urbana. Conforme destaca Perotto *et al.* (2008), é difícil a seleção de ID adequados, bem como a definição de um número adequado para expressão minuciosa do aspecto de interesse.

Com base nos argumentos apresentados anteriormente, é possível verificar a existência de aspectos pouco explorados e que ainda carecem de pesquisas e maior detalhamento. Aliados a aspectos, também foram identificadas algumas recomendações para dirimir os vieses existentes no desenvolvimento e aplicação de sistemas de indicadores de desempenho. Tal quadro serviu de ponto de partida e nortearam o delineamento da presente pesquisa.

## **2 OBJETIVOS**

### ***2.1 Objetivo geral***

O objetivo geral é desenvolver, aplicar e avaliar um sistema de indicadores de desempenho de estações de tratamento de água sob a perspectiva de uma entidade reguladora.

### ***2.2 Objetivos específicos***

Os objetivos específicos desta pesquisa são:

- i) identificar os principais temas e critérios de avaliação de desempenho de ETA propostos por órgãos e entidades nacionais e internacionais;
- ii) propor um sistema de ID de ETA para uma agência reguladora;
- iii) avaliar o desempenho de seis ETA utilizando o sistema de ID proposto;
- iv) avaliar o sistema de ID proposto.

### 3 REVISÃO DA LITERATURA

#### 3.1 Regulação em sistemas de abastecimento de água

De acordo com a Lei 11.445 (BRASIL, 2007), que estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico, a regulação da prestação dos serviços abrange a definição de normas técnicas relativas à qualidade, à quantidade e à regularidade dos serviços prestados, bem como normas econômicas e financeiras relacionadas a tarifas, subsídios e pagamentos pelos serviços (Art. 12). A regulação é fundamental não só para controlar o faturamento, mas também para garantir o acesso a serviços de qualidade (objetivos de curto prazo), reduzir o desperdício de recursos hídricos (objetivos de médio prazo) e promover o crescimento econômico sustentável em países emergentes ou a renovação de infraestrutura em países desenvolvidos (objetivos de longo prazo) (GUÉRIN-SCHNEIDER; NAKHLA, 2012).

A regulação cria um “mercado competitivo virtual”, levando o prestador a agir em harmonia com o interesse público sem que haja comprometimento da viabilidade do empreendimento (MARQUES; SIMÕES, 2008). Para pressionar o prestador a melhorar seu desempenho, a regulação pode dar-se de duas formas: regulação comissionada ou *franchise bidding* (GUÉRIN-SCHNEIDER; NAKHLA, 2012). Na regulação comissionada, forma mais difundida, há a criação de uma autoridade independente para definir as regras de gestão e controle de monopólios. É também prática comum a avaliação e a publicação de resultados de desempenho das empresas do setor como forma de *benchmarking*.

Nesse contexto é que se insere a regulação *sunshine*, caracterizada pela ampla divulgação dos resultados de avaliação de desempenho ao público. A estratégia utilizada por esse tipo específico de regulação consiste em pressionar os prestadores com piores resultados a melhorar seus desempenhos mediante a exposição de seus pontos fracos. A princípio, não são previstas sanções para essas empresas; espera-se que a pressão exercida pelo público seja suficiente para “motivar” alterações no comportamento das empresas.

Já a regulação *franchise bidding*, também conhecida como leilão de Demsetz, pretende reintroduzir a concorrência no mercado monopolista por meio da elaboração de normas mais rígidas e detalhadas, tanto na etapa de concurso como de elaboração do contrato de concessão da prestação do serviço. Todavia, como contratos completos são praticamente impossíveis de serem elaborados, particularmente para o serviço público, a complexidade de abordagem dos

aspectos multidimensionais da qualidade do serviço pelo licitante (GUÉRIN-SCHNEIDER; NAKHLA, 2012) restringe o emprego dessa forma de regulação.

No Brasil, o número de agências reguladoras com competência legal para atuação no setor de saneamento básico no país é estimado em 50, sendo 24 de abrangência estadual, uma distrital, 22 municipais e três consorciadas (ABAR, 2013a). Comparativamente, verifica-se que esse número é consideravelmente inferior ao número de prestadores de serviço de abastecimento de água, conforme apresentado na Tabela 3.1. Tal desproporcionalidade exige das agências estruturas muito bem desenvolvidas e organizadas e profissionais bem capacitados.

**Tabela 3.1.** Natureza jurídica e abrangência de prestadores de serviço de abastecimento de água no Brasil

| Natureza jurídica                                     | Número de prestadores | Abrangência   | Número de prestadores |
|-------------------------------------------------------|-----------------------|---------------|-----------------------|
| Administração pública direta                          | 1.047                 | Água e esgoto | 794                   |
|                                                       |                       | Água          | 253                   |
| Autarquia                                             | 484                   | Água e esgoto | 312                   |
|                                                       |                       | Água          | 172                   |
| Empresa privada                                       | 59                    | Água e esgoto | 35                    |
|                                                       |                       | Água          | 24                    |
| Empresa pública                                       | 4                     | Água e esgoto | 4                     |
| Organização social                                    | 6                     | Água          | 6                     |
| Sociedade de economia mista com administração privada | 2                     | Água e esgoto | 1                     |
|                                                       |                       | Água          | 1                     |
| Sociedade de economia mista com administração pública | 33                    | Água e esgoto | 31                    |
|                                                       |                       | Água          | 2                     |
| <b>Total geral</b>                                    |                       |               | <b>1.635</b>          |

Nota: foram considerados apenas prestadores de serviço de abastecimento de água convidados a participar da pesquisa do Sistema Nacional de Informações Sobre Saneamento (SNIS) em 2010.

Fonte: adaptado de SNSA (2012).

A fiscalização abrange a verificação do cumprimento das leis, normas e regulamentos aplicáveis à prestação dos serviços, a notificação de eventuais descumprimentos e, se necessário, a aplicação de sanções, conforme previsto nos instrumentos delegatórios da concessão (GALVÃO JÚNIOR *et al.*, 2006). A fiscalização pode dar-se de forma direta ou indireta. A fiscalização direta, mais usual, é praticada por meio da presença física de técnicos da agência reguladora nos sistemas fiscalizados e em áreas da concessão (GALVÃO JÚNIOR, 2006). Já a fiscalização indireta é caracterizada pelo uso de indicadores, proporcionando uma avaliação direta e contínua de sua eficiência e eficácia (GALVÃO JÚNIOR *et al.*, 2006). Independentemente da característica da agência reguladora, seja estadual ou municipal, o custo da atividade de fiscalização da qualidade da prestação dos

serviços de água e esgoto é elevado (GALVÃO JÚNIOR, 2006), principalmente na fiscalização direta.

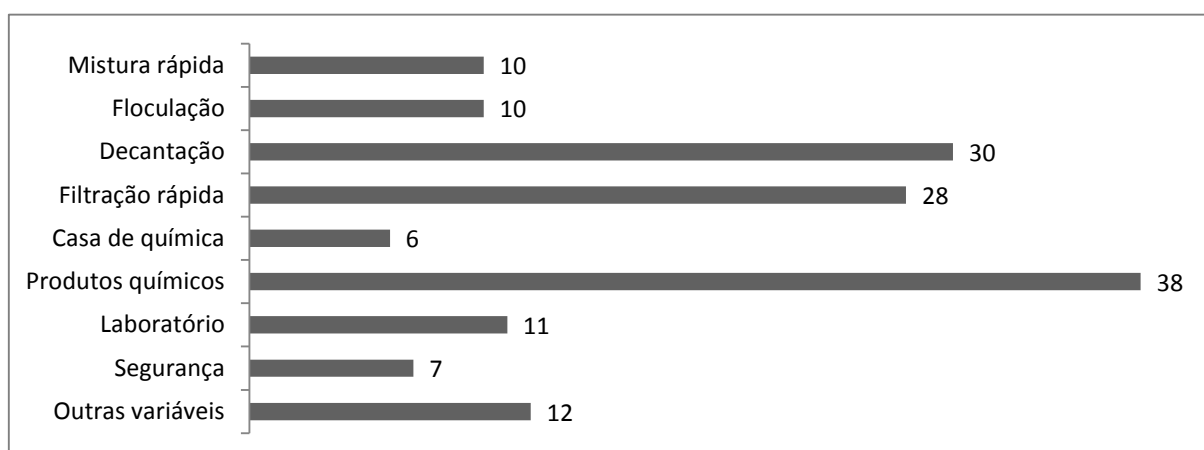
### **3.2 Avaliação de desempenho de estações de tratamento de água**

São inúmeras as variáveis internas e externas que podem ser considerados na avaliação de desempenho de ETA. As variáveis internas compreendem aquelas relacionadas diretamente ao projeto e à operação de ETA, de responsabilidade do prestador e passíveis de alteração pelo mesmo. Como exemplos, podem-se citar vazões de projeto, tipos de processos e operações unitárias empregados, características físicas das unidades componentes de estações, quadro de funcionários, tipo e quantidade de produtos químicos utilizados, consumo de energia elétrica e geração, tratamento e destinação final de resíduos. Já as variáveis externas estão além do alcance do prestador, sendo de caráter permanente ou que demandam ações de longo prazo para modificação. Incluem vazões de demanda, características dos mananciais e qualidade da água bruta, metas requeridas de qualidade da água tratada (padrão de potabilidade) e preço de insumos.

Dentre as normas publicadas pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), a NBR 12216 (ABNT, 1992) trata do projeto de estações de tratamento de água para abastecimento público. Na Figura 3.1 é apresentado um resumo do número de variáveis quantitativas de projeto e de operação de ETA, somando mais de 150 variáveis quantitativas, descritas detalhadamente no APÊNDICE A. A estas, somam-se ainda inúmeras variáveis qualitativas referentes à forma, ao posicionamento e ao arranjo de unidades e a outras condições diversas.

O desempenho de uma ETA é, portanto, o resultado do efeito conjunto de variáveis internas e externas e das condições e padrões utilizados na mensuração, podendo ser avaliado, por exemplo, sob a perspectiva da qualidade da água tratada. Nesse caso, os valores de referência e metas são estabelecidos pela Portaria 2.914 (BRASIL, 2011a), que dispõe sobre os procedimentos de controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade.

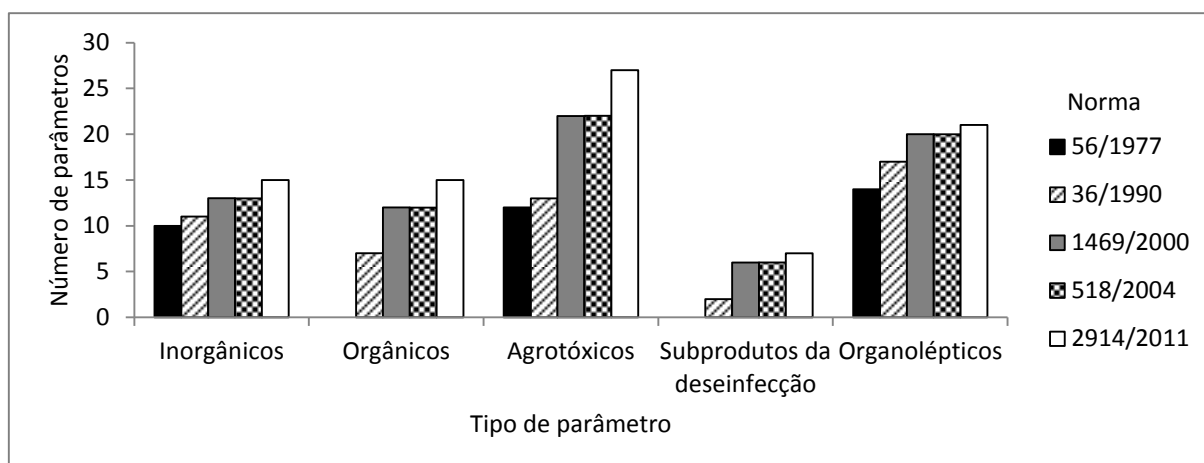
**Figura 3.1.** Resumo das variáveis quantitativas de projeto e de operação de estações de tratamento de água recomendadas pela NBR 12216 (ABNT, 1992)



Nota: na listagem foram desconsideradas unidades de tratamento preliminar (grade, peneira e desarenador), de aeração e filtros lentos.

Verifica-se que a qualidade da água tratada, anteriormente vista como uma única variável, oculta diversos parâmetros operacionais e de monitoramento. As características físico-químicas e organoléticas somam 85 parâmetros de qualidade, número este que tem aumentado ao longo do tempo, conforme a Figura 3.2, e associado a limites cada vez mais restritivos.

**Figura 3.2.** Evolução do número de parâmetros físico-químicos e organolépticos de qualidade da água do padrão de potabilidade brasileiro



Fonte: adaptado de Bastos (2003), Brasil (2000), Brasil (2004) e Brasil (2011a).

A avaliação de desempenho de ETA demanda corpo técnico capacitado, disponibilidade de tempo e de recursos suficientes e métodos específicos para processamento e verificação de todos os dados e informações coletados. Apesar de complexo, nem sempre é necessário tal nível de detalhamento, dependendo do objetivo da avaliação. Nos itens seguintes são descritos

conceitos relacionados a indicadores, ferramenta de avaliação que se baseia em variáveis-chave de processos usada, em geral, para avaliações expeditas.

### **3.3 Conceitos relacionados a indicadores**

Os indicadores correspondem à unidade básica de medida de desempenho e o ponto de partida para avaliação do objeto em estudo. Apesar da importância nos sistemas de avaliação, não é possível encontrar na literatura enunciado único que expresse seu significado. Há diversas definições para o termo “indicador”, algumas das quais:

- “medida do comportamento de um sistema em termos de atributos significativos e perceptíveis” (HOLLING, 1978, p. 106);
- “fragmento de informação, parte de um processo de gerenciamento específico, que pode ser comparado com objetivos e ao qual é atribuído um significado que vai além de ser valor aparente” (UNEP/RIVM, 1994, p. 5);
- “expressão específica que provê informações acerca do desempenho de uma organização” (ABNT, 2004, p. 2);
- “variáveis que sumarizam ou simplificam informações relevantes, tornam o fenômeno de interesse visível ou perceptível e são capazes de quantificar, avaliar e transmitir informações relevantes” (PEROTTO *et al.*, 2008, p. 519).

Aqui será considerada a definição proposta pela Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OECD), segundo a qual “um indicador é um parâmetro, ou valor derivado de parâmetros, que aponta, fornece informações e/ou descreve o estado de um fenômeno, ambiente ou área com um significado que se estende além daquele diretamente associado ao seu valor” (OECD, 1993, p. 6). É oportuno destacar que a maioria das definições de indicadores exclui a possibilidade de indicadores qualitativos, restringindo o conceito a variáveis numéricas, explícita ou implicitamente (PEROTTO *et al.*, 2008).

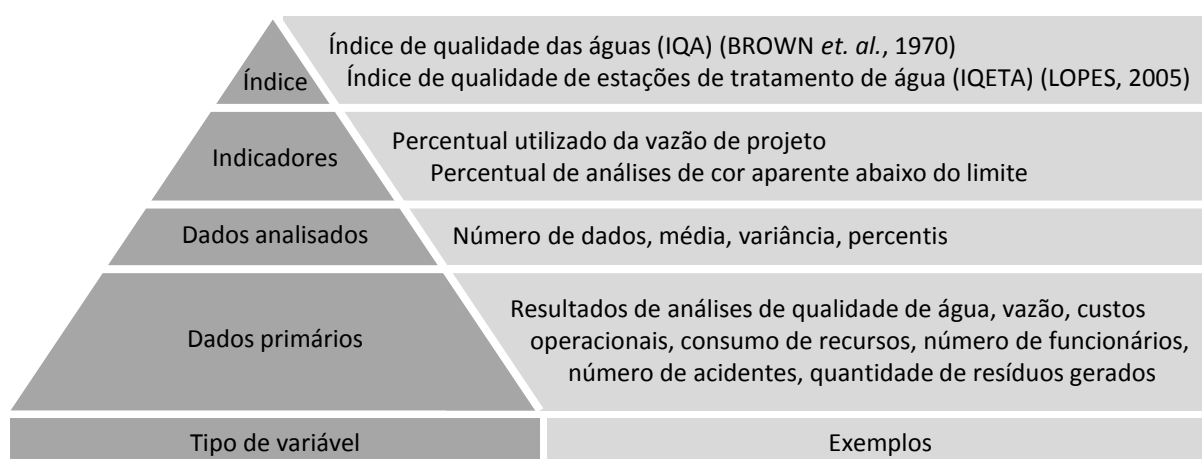
Para alguns autores, como Perotto *et al.* (2008), a distinção entre índices e indicadores ainda não é clara. Todavia, as definições apresentadas na literatura apresentam-se convergentes quanto ao termo “índice”. Diferente dos indicadores, um índice é um conjunto agregado ou ponderado de parâmetros ou indicadores (OECD, 1993) com um peso relativo associado a cada elemento (UNEP; RIVM, 1994). Todavia, a definição de tais pesos nem sempre é baseada em critérios técnicos, apoiados em procedimentos estatísticos. Nesses casos é

evidente que a subjetividade assume papel importante na atribuição de pesos (PEROTTO *et al.*, 2008).

O desenvolvimento de ID com dados altamente agregados é confrontado com o seguinte dilema: embora níveis elevados de agregação sejam necessários para intensificar a percepção de problemas, a existência de dados desagregados é essencial para se chegar a conclusões acerca de possíveis cursos de ação (WALZ; OSTERTAG; BLOCK, 1995 *apud* PEROTTO *et al.*, 2008, p. 520). À medida que o nível de agregação aumenta, os valores resultantes tendem a se distanciar de seu significado físico original. A generalização oriunda da utilização de índices pode dificultar a identificação ou, até mesmo, ocultar os aspectos problemáticos e relevantes do objeto de estudo, demandando um processo de “desagregação” para contornar esse efeito colateral.

Na Figura 3.3 são apresentados diferentes níveis de agregação de dados. Na base da pirâmide situam-se os dados primários, ou parâmetros de monitoramento, definidos como “propriedades mensuradas ou observadas de um objeto” (OECD, 1993, p. 6). Os indicadores podem ser agrupados e associados a outros elementos para formar um sistema de indicadores, servindo como base para a avaliação do estado atual e do desenvolvimento de determinado objeto (WALZ, 2000). Esse sistema consiste em um número limitado de indicadores monoparâmetros harmonizados que, juntos, representam um aspecto mais amplo (UNEP/RIVM, 1994).

**Figura 3.3.** Pirâmide de informação



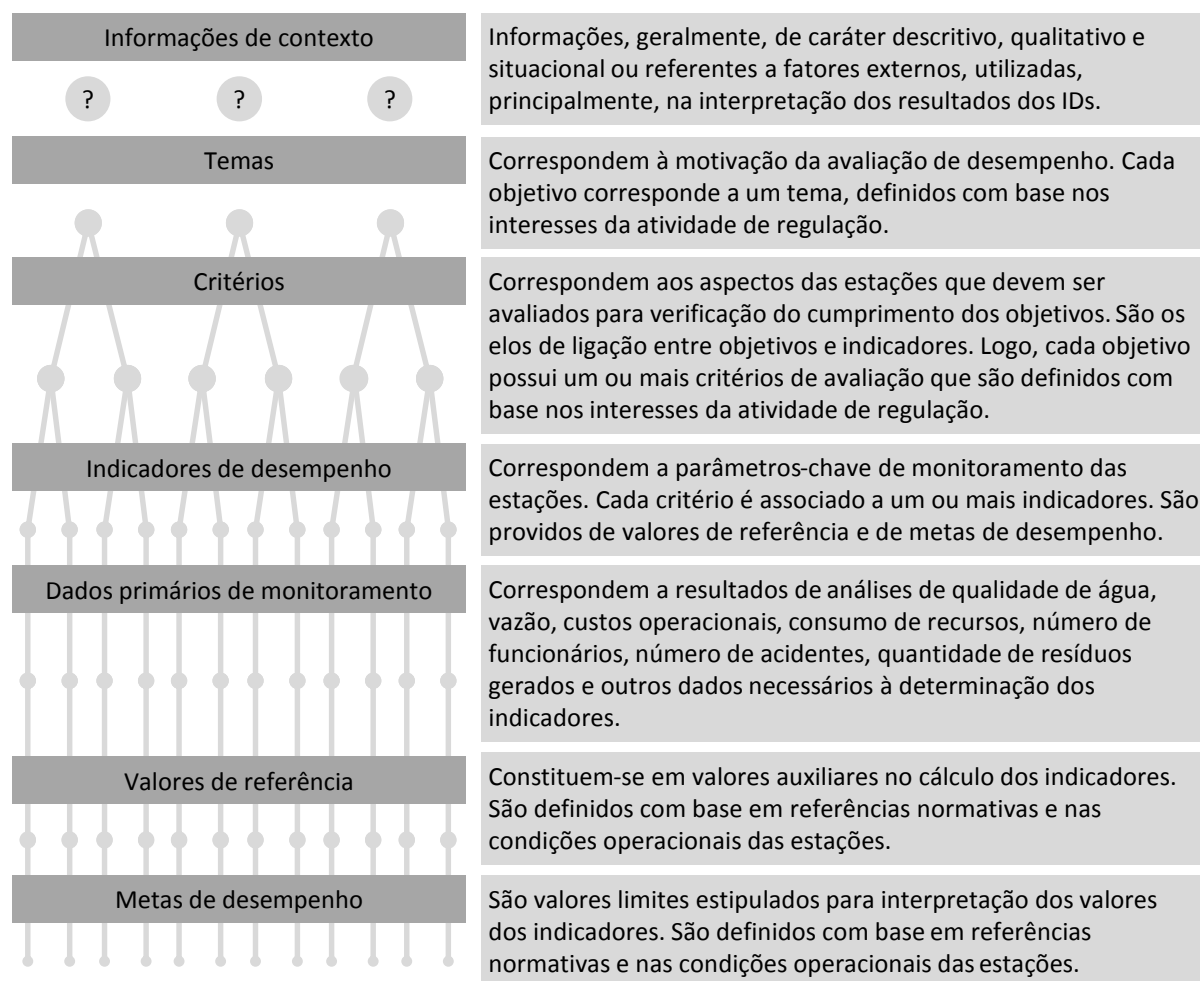
Fonte: adaptado de Hammond *et al.* (1995, p. 1).

### 3.4 Principais elementos constituintes de sistemas de indicadores de desempenho

Na norma NBR ISO 24510, *Atividades relacionadas aos serviços de água potável e de esgoto* (ABNT, 2012), são apresentadas diretrizes para avaliação e melhoria dos serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário. A norma é uma versão nacional da ISO 24510, *Activities relating to drinking water and wastewater services* (ISO, 2007). As normas pressupõem a avaliação apenas sob a perspectiva do prestador de serviço. Porém, entende-se que a metodologia de avaliação apresentada pode também ser utilizada para o desenvolvimento de um sistema de avaliação sob a perspectiva de agências reguladoras.

Os principais elementos de sistemas de indicadores apresentados na NBR ISO 24510 e em outras referências (GRTB, 2012; AWWA, 2012; ERSAR; LNEC, 2013; ALEGRE *et al.*, 2006; WSAA; 2012) são sintetizados na Figura 3.4.

**Figura 3.4.** Elementos de um sistema de indicadores de desempenho



Fonte: elaborado pelo autor.

### 3.4.1 Temas de avaliação

ID não devem ser estabelecidos com um fim em si mesmos; são ferramentas que, quando empregadas de forma criteriosa e moderada, podem constituir suporte para mudanças necessárias (HAMMOND *et al.*, 1995), atendendo aos objetivos iniciais. Antes da definição de qualquer método de avaliação, é necessário que os objetivos da avaliação sejam claramente definidos (SINGH *et al.*, 2009). Cada objetivo corresponde a um tema de avaliação, ou seja, a uma perspectiva de avaliação de desempenho, seja gestão econômico-financeira, ambiental, de pessoas ou outros temas cabíveis.

Embora aparentemente simples, a definição dos objetivos e temas de avaliação há de considerar diferenças entre os objetivos delineados pelo prestador de serviço e pela agência reguladora. A adoção de objetivos distintos influencia a definição de todos os demais elementos do sistema de ID. A fim de evidenciar tais diferenças, na Tabela 3.2 são apresentados objetivos das duas atividades, prestação do serviço e regulação, em sistemas de abastecimento de água.

**Tabela 3.2.** Objetivos da prestação do serviço *versus* objetivos da regulação em sistemas de abastecimento de água

| Prestação de serviço <sup>1</sup>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | Regulação <sup>2,3</sup>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <ul style="list-style-type: none"><li>– proteção da saúde pública;</li><li>– atendimento das necessidades e expectativas dos usuários;</li><li>– prestação dos serviços em situações normais e emergenciais;</li><li>– sustentabilidade do prestador de serviços de água;</li><li>– promoção do desenvolvimento sustentável da comunidade;</li><li>– proteção do meio ambiente.</li></ul> | <ul style="list-style-type: none"><li>– proteger os interesses dos usuários;</li><li>– fomentar a qualidade do serviço;</li><li>– garantir o equilíbrio tarifário tendo em vista os princípios de essencialidade, universalidade, equidade, viabilidade e custo eficiência;</li><li>– negociar, explicar, tornar transparente e monitorar a demanda da sociedade pelo serviço</li></ul> |

Fonte: <sup>1</sup> ABNT (2012); <sup>2</sup> Marques e Simões (2008, p. 1.043); <sup>3</sup> Gerlach e Franceys (2010, p. 1.233).

O objetivo dos prestadores de serviços de água é, logicamente, oferecer aos usuários o abastecimento contínuo de água potável e coleta e tratamento de esgoto em condições econômicas e sociais aceitáveis para os usuários e para os prestadores (ABNT, 2012). Quanto à regulação, a Lei 11.445 define claramente seus objetivos:

- i. estabelecer padrões e normas para a adequada prestação dos serviços dos usuários;
- ii. garantir o cumprimento das condições e metas estabelecidas;
- iii. prevenir e reprimir o abuso do poder econômico, ressalvada a competência dos órgãos integrantes do sistema nacional de defesa da concorrência;

- iv. definir tarifas que assegurem tanto o equilíbrio econômico e financeiro dos contratos como a modicidade tarifária, mediante mecanismos que introduzam a eficiência e eficácia dos serviços e que permitam a apropriação dos ganhos de produtividade.  
(BRASI, 2007, Art. 22)

Com relação à prática da regulação, a Lei 11.445 descreve detalhadamente os temas sobre os quais as agências reguladoras deverão atuar. Segundo a referida Lei, as normas editadas por agências deverão abranger, pelo menos, os seguintes pontos:

- i. padrões e indicadores de qualidade da prestação dos serviços;
- ii. requisitos operacionais e de manutenção dos sistemas;
- iii. 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.  
(BRASIL, 2007, Art. 23).

A norma brasileira NBR ISO 24510 trata a definição explícita dos papéis das diferentes partes interessadas na avaliação como questão essencial relativa ao marco político de serviços eficientes de água potável (ABNT, 2012). Assim, como a necessidade de informação surge em diversos níveis, desde tomadores de decisão até as camadas populares, dois ou mais conjuntos de indicadores podem ser adotados a fim de satisfazer às diferentes demandas da gestão (PETERSON *et al.*, 2001).

Gerlach e Franceys (2010) conduziram um estudo empírico em 11 áreas metropolitanas, analisando a atividade regulatória de serviços de abastecimento no que diz respeito ao desafio de alcançar todos os consumidores urbanos, particularmente os mais pobres. Além de uma falta de clareza jurídica no que diz respeito aos mandatos, observou-se uma separação incompleta das funções do operador, da reguladora e do formulador de políticas.

Deve-se atentar para o fato de que a definição de objetivos e de temas de avaliação pode influenciar nos resultados da avaliação de desempenho. A opção por avaliar aspectos cujo desempenho se encontra aquém do desejado (ou requerido), por exemplo, além de trazer

resultados negativos também pode desviar o foco da avaliação, conduzindo a um distanciamento dos objetivos originais.

Lin (2005) avaliou dados de 36 empresas públicas reguladas pela Superintendência Nacional de Serviços e Saneamento (SUNASS) no Peru, no período de 1996 a 2001, a fim de verificar se a introdução de variáveis de qualidade afetou a avaliação comparativa de prestadores de serviços. Foram utilizados modelos de fronteira estocástica a partir de nove indicadores divididos entre dois grupos: variáveis de custo (salários, preço do capital, volume tratado pago, número de clientes) e variáveis de qualidade do serviço (percentual do volume tratado pago, percentual de cobertura, percentual de atendimento ao padrão de cloro, continuidade do serviço). A classificação das 36 empresas, com e sem as variáveis de qualidade do serviço, apresentaram elevada correlação (coeficiente de Spearman  $> 0,78$ ). Porém, houve mudanças drásticas nas posições de algumas empresas, corroborando a importância da etapa de seleção adequada de temas de avaliação.

### **3.4.2 Critérios de avaliação**

Os ID se relacionam aos temas para os quais são definidos através de critérios de avaliação (ABNT, 2012). Dessa forma, os critérios de avaliação são os elos entre os objetivos e os indicadores de desempenho (ABNT, 2012). A coordenação entre ID orientados a “meios e fins” tem como consequência uma cadeia de resultados que se estende desde os recursos utilizados até as saídas da organização e, finalmente, para os consumidores (KAUFMAN, 1988).

A título de exemplo, o tema *proteção ambiental* pode ser associado aos critérios *geração de resíduos*, *destinação final de resíduos*, *reúso* ou ainda *ações de extensão de conscientização ambiental*. Verifica-se que, para cada tema, podem ser definidos um ou mais critérios de avaliação e, para cada critério, diferentes ID, ou seja, a medição do desempenho pode dar-se de formas distintas. Especificamente, o critério *geração de resíduos* pode ser quantificado como *volume médio de água de lavagem de filtro por volume de água tratada* ou *volume médio de água de lavagem de filtro gerada por dia*.

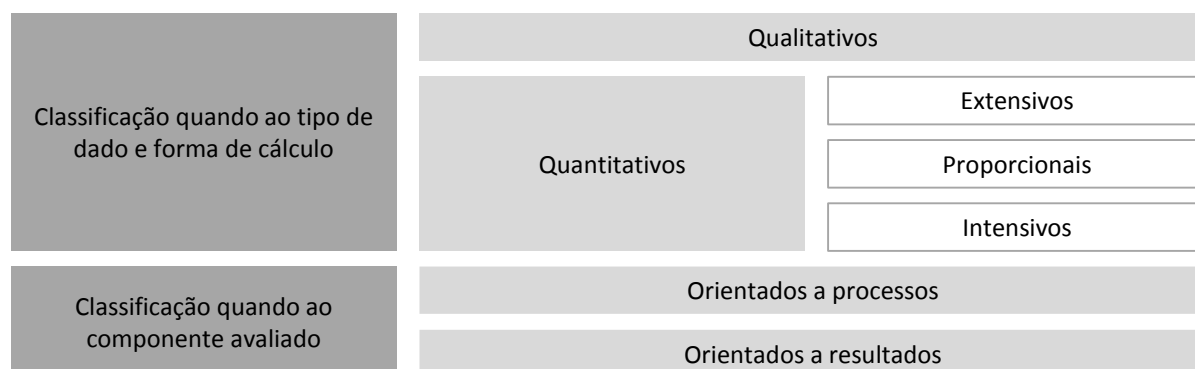
### **3.4.3 Indicadores de desempenho**

A grande maioria dos ID é expressa numericamente como resultado de equações (indicadores quantitativos), podendo expressar características extensivas, intensivas ou ainda

proporcionais, conforme descrito a seguir e na Figura 3.5. Apesar disso, é possível a utilização de indicadores qualitativos para descrição e classificação, apontando conformidades e não conformidades, por exemplo. Os indicadores qualitativos podem ser preferidos em relação aos quantitativos em pelo menos três casos (PEROTTO *et al.*, 2008):

- quando a informação quantitativa não está disponível;
- quando o atributo de interesse não é quantificável;
- quando o custo é uma questão crucial, sobrepondo outros aspectos (e impossibilitando a quantificação).

**Figura 3.5.** Tipos de indicadores de desempenho



Em geral, *indicadores extensivos* não possuem limites máximo e/ou mínimo pré-definidos, sendo utilizados para quantificar a dimensão de determinado elemento. Exemplos simples são as despesas mensais de operação ou o número de acidentes sofridos por funcionários de uma ETA. Uma avaliação de desempenho a partir deste ID tende a ser mais frágil em virtude da impossibilidade de comparação com estações de portes distintos. Uma maneira mais adequada de utilização deste indicador é por meio da verificação da existência de tendências de aumento ou redução e da variabilidade. Como principal desvantagem, a interpretação de valores isolados é pobre e, em alguns casos, impraticável.

Os *indicadores de proporcionalidade* são amplamente empregados na avaliação do atendimento às metas de qualidade de água tratada, mas também podem ser utilizados na avaliação de outros aspectos, como, por exemplo, do percentual de funcionários que recebeu algum tipo de treinamento no último ano. No caso de *indicadores intensivos*, convém que o denominador represente uma dimensão do sistema (vazão, por exemplo). Isso permite comparações ao longo do tempo ou entre sistemas (ABNT, 2012) com características semelhantes. Como exemplos, tem-se *custo de tratamento por volume produzido* e *volume de*

*lodo gerado por volume produzido*. Assim como os indicadores extensivos, não possuem limites máximo e/ou mínimo pré-definidos.

Além da divisão entre indicadores quantitativos e qualitativos, outras tipologias podem ser encontradas. Segundo Kaufman (1998), há dois outros tipos de indicadores de desempenho: indicadores *orientados a resultados*, que quantificam resultados (eficácia) na forma de contribuições individuais ou da organização como um todo, e indicadores *orientados a processos*, que quantificam a adequabilidade da aplicação de métodos, recursos e abordagens (eficiência).

Os indicadores orientados a processos não consideram o quão relevante é a ação para os objetivos da empresa. Logo, o uso de indicadores orientados a resultados proporcionaria maior garantia de que os processos fornecem as “saídas” desejadas. Corton (2003) também considera a comparação das “entradas” e “saídas” um elemento chave, contudo, defende que o aspecto mais crucial é a seleção das medidas de eficiência, ou seja, de indicadores orientados a processos. Estes evitariam o mau uso de recursos e desperdício para se atingir resultados a qualquer custo.

A preferência por indicadores orientados a resultados ou a processos pode ser influenciada pelo contexto em que se insere a avaliação de desempenho. A princípio, indicadores orientados a processos podem ser mais adequados para uso por prestadores de serviços, contribuindo para a sustentabilidade econômica, por exemplo. Já para a avaliação dos serviços prestados aos usuários, recomenda-se que a avaliação seja focada na interface entre o prestador de serviços e o usuário (ABNT, 2012), conduzindo ao uso de indicadores orientados a resultados por agências reguladoras. Apesar disso, a adequabilidade por um ou outro tipo de indicador depende das características e do perfil de atuação de cada agência reguladora.

#### **3.4.4 Dados primários de monitoramento**

A credibilidade das medições realizadas para avaliar a condição geral do objeto de estudo é importante para tomada de decisões confiáveis (SADIQ; RODRIGUEZ, 2005). Sendo um ID o resultado da aplicação de regras de cálculo a duas ou mais variáveis, a qualidade dessas variáveis passa a ser determinante para uma interpretação correta dos resultados (VON SPERLING, 2010). Por isso, é essencial avaliar a incerteza associada a dados brutos de monitoramento a fim de assegurar a interpretação correta das informações dadas por indicadores (PEROTTO *et al.*, 2008).

O gerenciamento deficiente e a falta de dados abrangentes e precisos, que descrevem a situação de serviços existentes dentro de prestadores de serviço de abastecimento de água, são claramente problemas centrais para a regulação em países em desenvolvimento (GERLACH; FRANCEYS, 2010). Além da falta de dados, deve-se atentar também para os tipos de dados monitorados, pois é possível que as informações coletadas a partir de várias fontes sejam redundantes, caso contemplem o mesmo aspecto de um problema (SADIQ; RODRIGUEZ, 2005).

A assimetria de informações entre regulador e prestador causa sérios entraves à avaliação de desempenho, comprometendo a validade dos resultados e das conclusões elaboradas. As causas de problemas podem girar em torno dos seguintes aspectos:

- monitoramento: deficiências na frequência, método de amostragem, análises;
- repasse de dados e informações do prestador para o regulador: informações incompletas, pequena frequência de atualização, meio de envio, como via planilhas impressas em papel ao invés de eletrônicas;
- forma de análise: remoção ou não de *outliers*, uso de diferentes indicadores ou equações de cálculo, adoção de períodos de análise distintos.

Para que os ID sejam um reflexo fiel (ou próximo) da realidade, é necessário que os dados que integram sua composição sejam o mais exatos e confiáveis possíveis (MOLINARI, 2006). A confiabilidade da fonte e a exatidão dos dados podem ser avaliadas conforme recomendações da OFWAT (2005), utilizadas por Zimmermann (2010), apresentadas na Tabela 3.3 e bem próximas às categorias propostas pela ADERASA (GRTB, 2012). O conjunto de diferentes combinações destes níveis constitui a matriz de níveis de confiança proposta por Molinari (2006, p. 61), apresentada na Tabela 3.4. De forma similar, também propõe o uso de faixas de exatidão para os dados e de confiabilidade para a fonte de dados.

**Tabela 3.3.** Categorias de confiabilidade da fonte de dados e nível de exatidão dos dados

| Categoria de confiabilidade | Descrição                                                                                                                                                                                |
|-----------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| A                           | Procedimentos, investigações ou análises devidamente documentadas e reconhecidas como o melhor método de avaliação.                                                                      |
| B                           | Como em A, mas com pequenas deficiências. Exemplos incluem a avaliação de idade, alguma falta de documentação, dependência de relatórios não confirmados e uso moderado de extrapolação. |
| C                           | Extrapolação a partir de amostras limitadas nas quais dados tipo A ou B estão disponíveis.                                                                                               |
| D                           | Relatos verbais não confirmados e inspeções ou análise superficiais.                                                                                                                     |

| Níveis de exatidão |       |        |        |        |         |                  |
|--------------------|-------|--------|--------|--------|---------|------------------|
| 1                  | 2     | 3      | 4      | 5      | 6       | X <sup>(a)</sup> |
| ± 1 %              | ± 5 % | ± 10 % | ± 25 % | ± 50 % | ± 100 % | >> 100 %         |

<sup>a</sup> Números muito pequenos, para os quais a precisão não pode ser calculada ou o erro poderia ser superior a 100%.

Fonte: OFWAT (2005).

**Tabela 3.4.** Matriz de níveis de confiança

| <b>Nível de precisão (%)</b> | <b>Níveis de confiança</b> |          |          |          |
|------------------------------|----------------------------|----------|----------|----------|
|                              | <b>A</b>                   | <b>B</b> | <b>C</b> | <b>D</b> |
| [0; 1]                       | A1                         | -        | -        | -        |
| [1; 5]                       | A2                         | B2       | C2       | -        |
| [5; 10]                      | A3                         | B3       | C3       | D3       |
| [10; 25]                     | A4                         | B4       | C4       | D4       |
| [25; 50]                     | -                          | -        | C5       | D5       |
| [50; 100]                    | -                          | -        | -        | D6       |

Fonte: Molinari (2006, p. 61).

### 3.4.5 Valores de referência e metas de desempenho

Um dado indicador não agrega informação alguma a menos que seja associado a uma meta, como por exemplo, um valor máximo permissível (LANCKER; NIJKAMP, 2000). Por isso, convém estabelecer metas específicas para cada ID, sendo estas monitoradas rotineiramente, controladas e ajustadas conforme necessidade (ABNT, 2012). Seguindo essa linha, a seguir são apresentados dois elementos associados ao cálculo e interpretação do ID: valores de referência e metas desempenho.

Os valores de referência constituem-se em valores auxiliares para o cálculo dos ID. Em geral, os valores de referência representam o valor ideal ou desejado de determinada variável (ou condição desejada, no caso de variáveis qualitativas). O papel dos ID é expressar a distância entre os valores observados e os desejados. Pode-se tomar como exemplo o cálculo do ID *percentual de atendimento ao número requerido de análises de coliformes totais*. A Portaria 2.914 (BRASIL, 2011a) estabelece como dois o número mínimo requerido de análises semanais, sendo este o valor de referência adotado para o cálculo deste ID.

As metas de desempenho são valores limites estipulados para interpretação dos valores dos ID, não entrando na etapa de cálculo. De modo geral, valores baixos, eventualmente valores mínimos (“pisos”), são adotados como metas de desempenho para ID com sentido de preferência crescente, enquanto valores elevados, eventualmente valores máximos (“tetos”), são adotados para ID com sentido de preferência decrescente.

Tomando o exemplo anterior, a meta de desempenho para o indicador *percentual de atendimento ao número requerido de análises de coliformes totais*, estabelecida pela Portaria 2.914 (BRASIL, 2011a), é de 100 %. Como o valor de referência é de duas análises semanais, a meta de desempenho de 100 % determina que sejam efetuadas oito análises mensais de coliformes totais ( $100 \% \times 2 \text{ análises por semana} \times 4 \text{ semanas por mês}$ ).

A definição de valores de referência e de metas de desempenho do regulador deve ser cuidadosa. Caso sejam muito rígidas, os baixos níveis de atendimento podem desmotivar a busca por melhorias. Um modo de regulação só pode ser melhorado, isto é, adaptado ao ambiente, se houver certo grau de flexibilidade (GUÉRIN-SCHNEIDER; NAKHLA, 2012). Convém que a metodologia de avaliação e os procedimentos sejam flexíveis para que se ajustem às mudanças nos objetivos, estruturas, critérios de avaliação e indicadores, à medida que novos conhecimentos sejam adquiridos (ABNT, 2012).

Em situação oposta, metas muito flexíveis podem camuflar o mau desempenho e transmitir falsa sensação de segurança. Corton (2003) ressalta que ao mesmo tempo em que os países desenvolvidos tendem a dispor de mais recursos e tecnologia de monitoramento, os riscos inerentes à ingestão de água de má qualidade são semelhantes, independente do nível de desenvolvimento.

A Lei 11.445 (BRASIL, 2007) trata claramente do uso de metas. Os planos de saneamento deverão abranger metas de curto, médio e longo prazo para a universalização, admitidas soluções graduais e progressivas (Art. 19, II). As normas dos contratos de concessão da prestação de serviços de saneamento também deverão prever a inclusão de metas progressivas e graduais de expansão dos serviços (Art. 11, § 2, II).

Cabe destacar que as metas aqui discutidas referem-se às metas requeridas pela agência reguladora. Metas contratuais e aquelas previstas em leis federais ou estaduais não são discutidas aqui, uma vez que são obrigatórias e não permitem violações.

### 3.4.6 Informações de contexto

A interpretação dos ID não deve ser realizada sem considerar o contexto em que se insere o objeto de estudo (ETA), especialmente se for baseada em comparações (ABNT, 2012). A interpretação dos valores dos ID pode tornar-se confusa caso não seja considerado o contexto de análise, sendo esta a deficiência de índices de produtividade (CORTON; BERG, 2009). Ao contrário dos ID, as informações de contexto possuem caráter mais descritivo, qualitativo e situacional. As informações de contexto podem ser agrupadas em dois tipos básicos (ABNT, 2012):

- informações que descrevem o simples contexto e fatores externos que não estão sob o controle do prestador de serviços (ex. qualidade da água de mananciais);
- características que só podem ser influenciadas por decisões de gestão a longo prazo (ex. tecnologia de tratamento da ETA).

### 3.5 Desenvolvimento de sistemas de indicadores de desempenho

A norma NBR ISO 24510 descreve o desenvolvimento de sistemas de avaliação de desempenho em seis etapas, conforme a Figura 3.6. As etapas um a quatro envolvem definições mais intuitivas e tendem a ser de mais fácil alcance do que as etapas cinco e seis. Acredita-se que estas sejam as etapas mais laboriosas e que exigem maior conhecimento técnico, uma vez que, conforme mencionado anteriormente, são inúmeras as variáveis e condições passíveis de uso para definição de ID, além de diferentes métodos que podem ser utilizados para processamento dos resultados obtidos com ID.

**Figura 3.6.** Etapas de avaliação de desempenho

|   |                                                                                      |
|---|--------------------------------------------------------------------------------------|
| 1 | Identificação dos componentes do serviço prestado aos usuários                       |
| 2 | Definição de objetivos para os serviços                                              |
| 3 | Aplicação das diretrizes para satisfazer as necessidades e expectativas dos usuários |
| 4 | Definição de critérios de avaliação                                                  |
| 5 | Definição de indicadores de desempenho                                               |
| 6 | Avaliação de desempenho <i>versus</i> objetivos                                      |

Fonte: ABNT (2012).

Quanto à seleção de ID (etapa cinco), as abordagens utilizadas em pesquisas recentes consistem em, basicamente, duas:

- adoção de sistemas de ID existentes ou empregados por órgãos e entidades gestoras;

- consulta a partes interessadas na avaliação e seleção dos ID de acordo com consenso, eventualmente com a utilização de questionários.

### **3.5.1 Adoção de sistemas de indicadores de desempenho existentes**

A adoção de grupos de indicadores facilita o desenvolvimento do sistema de avaliação e poupa tempo e recursos, outrora investidos na seleção de ID. Outra vantagem desta abordagem diz respeito às ações de *benchmarking*. A possibilidade de adoção de um mesmo conjunto de ID por dois ou mais prestadores de serviço permite a avaliação comparativa a partir de indicadores idênticos, tanto nos procedimentos de cálculo quanto na forma de interpretação. Podem ser utilizados grupos de ID disponíveis na literatura, conforme os adotados nas pesquisas de Coulibaly e Rodriguez (2004), de Corton e Berg (2009) e de Lin (2005), ou ID empregados por órgãos e entidades gestoras, a exemplo dos estudos de Corton (2003), de Guérin-Schneider e Nakhla (2010) e de Zimmermann (2010).

Seguindo esta abordagem, Zimmermann (2010) avaliou e discutiu a aplicação de ID nas atividades de planejamento e regulação dos serviços de abastecimento de água. Para seleção dos ID, a autora considerou aqueles recomendados pela ABAR para agências reguladoras desse serviço e os agrupou em três categorias: operação (cinco ID), qualidade (sete ID) e econômico-financeiro (seis ID). Para os indicadores de planejamento, foi aplicado um método de tomada de decisão multicritério (análise hierárquica de processo) associado à consulta Delphi, não para seleção, mas com vista à hierarquização dos setores operacionais que compõem os sistemas de abastecimento de água dos municípios Capinzal e Ouro (Santa Catarina, Brasil), tomados como estudo de caso.

### **3.5.2 Adoção de sistemas de indicadores de desempenho de acordo com os interesses do avaliador**

Apesar de mais trabalhosa, a seleção de ID de acordo com os interesses do avaliador permite seleção de um número mais adequado de indicadores. Conforme necessidade, o uso de ID mais específicos ao objeto de estudo evita o uso de ID associados a critérios ou temas que fogem ao objetivo da avaliação. Em geral, a consulta a partes interessadas e a seleção dos ID envolvem a utilização de questionários seguidos de fóruns para discussão dos critérios avaliados e dos ID mais adequados. O uso deste tipo de abordagem pode ser exemplificado pelos estudos de Chang *et al.* (2007) e de Braadbaart (2007).

Empregando esse método, Chang *et al.* (2007) partiram de 16 ID sugeridos por consultores técnicos com base em informações disponíveis. Após discussão com supervisores de alto nível da Companhia de Água de Taipei (Taiwan), foram removidos os ID com informações redundantes, restando 11. Estes foram integrados a um questionário, enviado para gerentes (20) e funcionários (240) do departamento de produção de água, para uma nova avaliação. Os assessores técnicos recomendaram sete indicadores. A seguir, um segundo questionário foi elaborado sob a forma de comparações pareadas (análise hierárquica de processos) para a determinação do peso relativo de cada um dos ID e identificação dos principais itens de avaliação.

Von Sperling (2010) realizou o levantamento de 483 ID relacionados aos serviços de esgotamento sanitário, dos quais 246 distintos (excluídos os similares). Para compor o sistema de ID foram pré-selecionados 174 indicadores e submetidos à consulta de especialistas (método Delphi), obtendo os seguintes resultados:

- primeira rodada: tempo de resposta de 35 dias, 107 painelistas convidados e 51 respostas;
- segunda rodada: tempo de resposta de 66 dias e 38 respostas;
- 46 ID foram considerados como muito importantes e muito práticos;
- o tempo médio de resposta do questionário foi superior a 30 min., podendo ter influenciado na adesão dos painelistas.

O autor recomendou a aplicação da metodologia para a seleção de ID relacionados ao serviço de abastecimento de água, a comparação dos resultados dos indicadores mistos (aplicáveis aos setores de abastecimento de água e esgotamento sanitário) e proposição de um conjunto único de ID para cada ator ligado ao setor do saneamento.

### **3.5.3 Características desejáveis de indicadores de desempenho**

Ao selecionar indicadores, é imprescindível o estabelecimento de critérios para garantir que as variáveis utilizadas sejam adequadas aos objetivos pretendidos. Na Tabela 3.5 são apresentados os erros mais frequentes que ocorrem no processo de seleção de ID, apresentados conforme Meadows (1998). Por outro lado, na literatura encontram-se diversas recomendações de características desejáveis de ID (ALEXANDRA; HIGGINS; WHITE, 1998; OECD, 1993; MALHEIROS *et al.*, 2006). Molinari (2006) propõe as seguintes condições para uso de ID em processos de *benchmarking*:

- devem ser representativos dos aspectos mais relevantes do desempenho do operador;

- não de representar esses aspectos de forma fidedigna, para eludir distorções;
- têm de ser mutuamente excludentes, para evitar repetições desnecessárias;
- devem ser definidos de forma clara e facilmente compreensível, ainda para aquele público alheio ao setor;
- devem estar associados a período de tempo e área geográfica bem determinados;
- devem ser aplicáveis a operadores com distintas características e graus de desenvolvimento;
- deverão ser em número tão pequeno quanto possível.

**Tabela 3.5.** Erros nos processos de seleção e uso de indicadores

| Erros                                                       | Comentários e exemplos                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|-------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. Agregação exagerada                                      | Se muitas variáveis forem reunidas, a mensagem transmitida pode ser indecifrável.<br>Ex.: o produto interno bruto é um exemplo clássico, que inclui fluxos monetários resultantes de mudanças econômicas boas (melhorias na educação, saúde, alimentação) e ruins (maior número de acidentes de trânsito).                                                              |
| 2. Medição do que é mensurável ao invés do que é importante | Ex.: mensurar a área coberta por florestas ao invés do tamanho, da diversidade ou da saúde das árvores; massa de resíduos químicos perigosos ao invés da toxicidade; renda <i>per capita</i> ao invés da qualidade de vida; investimento <i>per capita</i> em escolas ao invés da taxa de aprendizagem.                                                                 |
| 3. Dependências de falsos modelos                           | Ex.: a taxa de natalidade não reflete a disponibilidade de programas de planejamento familiar, mas sim a liberdade da mulher de utilizar tais programas; o preço do barril de petróleo não indica a abundância subterrânea, mas a capacidade de fornecimento de poços em relação à capacidade de consumo.                                                               |
| 4. Falsificação deliberada                                  | Se um índice carrega más notícias, o usuário pode ser tentado a alterá-lo, mudar termos e definições, depreciá-lo, extraviar informações ou suprimi-lo.<br>Ex.: nos Estados Unidos são contabilizados como desempregados apenas as pessoas que estão efetivamente procurando por emprego. Não são computadas aquelas que, embora desempregadas, desistiram de procurar. |
| 5. Desvio da atenção da experiência direta                  | Indicadores podem iludir pessoas e enganar suas percepções.<br>Ex.: o mercado de ações aponta para melhoria na economia, apesar da desigualdade social ter aumentado.                                                                                                                                                                                                   |
| 6. Superconfiança                                           | Indicadores podem levar à ideia de que se sabe o que está sendo feito, ou de que o que está sendo feito está funcionando, quando na verdade os indicadores não são perfeitos.                                                                                                                                                                                           |
| 7. Incompletude                                             | Indicadores não representam a realidade do objeto avaliado. Podem não captar a sutileza, belezas, perigos, diversidades, possibilidades e perversidades da realidade.                                                                                                                                                                                                   |

Fonte: Meadows (1998, p. 4).

### 3.5.4 Formas de análise de resultados oriundos de sistemas de indicadores de desempenho

Para a análise dos resultados da avaliação de desempenho podem ser empregados métodos estatísticos avançados para a interpretação dos valores dos ID. Análises bivariadas e multivariadas têm sido utilizadas para verificar a existência de redundância entre os parâmetros que compõem determinado índice e para selecionar apenas as variáveis-chave de influência estatisticamente significativa (SINGH *et al.*, 2009). Aqui são descritas três abordagens elaboradas por Silva e Basílio Sobrinho (2006):

- *análise estática* dos valores do período corrente com as metas de desempenho para determinada ETA e determinação do percentual de atendimento à meta de desempenho para cada ID;
- *análise dinâmica* dos valores dos ID de determinada ETA e verificação da existência de tendências de aumento, redução ou estabilidade do valor de cada ID em relação ao mês anterior, ao respectivo mês do ano anterior ou à média dos últimos 12 meses;
- *análise comparativa*: trata da comparação do desempenho entre diferentes sistemas de abastecimento de água ou de esgotamento sanitário, mesmo que os sistemas comparados sejam de responsabilidade de operadores diferentes, com a finalidade de evidenciar as ineficiências e o potencial de melhoria de aspectos da prestação dos serviços.

A *análise estática* consiste na obtenção de um quadro da situação instantânea em dado momento da prestação dos serviços, possibilitando, por meio da comparação entre o indicador observado e o respectivo valor definido em normas ou regulamentos, o acompanhamento do atendimento das metas e obrigações contratuais (SILVA; BASÍLIO SOBRINHO, 2006). Caracteriza-se por ser mais simples que as demais e não depender de valores calculados em períodos anteriores ou de valores de outras ETA. Adicionalmente, permite avaliar o desempenho atual da estação e a aplicação de medidas corretivas a fim de garantir o atendimento a metas de desempenho no mês corrente.

Ao contrário da primeira abordagem, a *análise dinâmica* não requer a definição de metas de desempenho para os ID, uma vez que o valor calculado no mês corrente será comparado com valores referentes a períodos anteriores. A série de dados de monitoramento de vários meses, imprescindível nesse tipo de abordagem, permite ao avaliador observar tendências de crescimento, redução ou comportamento sazonal, variabilidade/dispersão dos valores e a presença de valores extremos.

Na análise das séries históricas devem ser considerados fatores de contexto, tais como os relacionados a variações nas vazões e características dos afluentes e a melhorias realizadas na estação. Este último, apesar de possibilitar o aumento do desempenho da estação e facilitar o atendimento às metas de desempenho, também pode dificultar a operação durante o período em que a estação se encontra em reforma e, conseqüentemente, reduzir temporariamente o desempenho.

Por fim, é possível a *análise comparativa* das estações com base nos valores dos ID e parâmetros de desempenho calculados para o período corrente. Assim como na análise de tendências, a definição das metas de desempenho não se faz necessária, porém demanda cuidados adicionais. Ao se comparar estações é fundamental observar as condições em que cada estação se insere, considerando aspectos técnicos, operacionais e financeiros. Tais informações de contexto são úteis na interpretação dos resultados para fins de comparação, tanto para verificação de discrepâncias entre estações, como para reduzir a ocorrência de vieses.

### **3.6 Aplicações de sistemas de indicadores de desempenho**

#### **3.6.1 Pesquisas relacionadas a sistemas de indicadores de desempenho**

É comum o uso de ID por diversos segmentos de diferentes áreas de conhecimento, sendo algumas aplicações apresentadas Tabela 3.6. Neste item é destacado o uso de indicadores em processos de *benchmarking*. Conforme Galvão Júnior (2006), os pilares para o controle social dos serviços de água e esgoto são a transparência e a comunicação das informações sobre a prestação de serviços. O que se busca com a transparência e o fornecimento de informações é incorporar o cidadão consumidor como peça fundamental no controle dos serviços concedidos (CONFORTO, 1998).

Nesse contexto, o processo de *benchmarking* tem sido muito utilizado pela iniciativa privada, mas só recentemente teve início a sua adoção no setor público, especialmente na área de infraestrutura (CORTON, 2003) por meio da regulação *sunshine*. O estabelecimento de uma classificação, segundo a qual cada empresa ocupa uma posição em relação às demais, auxilia a informar o público, direcionar a atenção para os prestadores com pior desempenho e informar tomadores de decisão e agências reguladoras acerca das melhores práticas de gestão (LIN, 2005). Exemplo emblemático é o caso do Instituto Regulador de Águas e Resíduos

(IRAR) de Portugal, o qual estabelece um conjunto de ID para cada prestador, compara e pública os resultados anualmente (MARQUES, SIMÕES, 2008).

**Tabela 3.6.** Usuários de sistemas de indicadores de desempenho

| Usuários                                                                                                                                                    | Área de interesse                                                                                |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Professores universitários e pesquisadores, instituições de pesquisa                                                                                        | Pesquisas na área da qualidade e controle da água, gestão pública, regulação técnica e econômica |
| Governos estaduais e municipais, Assembleia Legislativa e Câmara Municipal                                                                                  | Elaboração de políticas públicas, acompanhamento e fiscalização da gestão das concessionárias    |
| Ministério Público, Ordem dos Advogados do Brasil (OAB), associações comunitárias e instituições de defesa do consumidor                                    | Qualidade dos serviços prestados, defesa dos direitos dos consumidores, modicidade tarifária     |
| Organizações não governamentais (ONG), Conselho Regional de Engenharia e Agronomia (CREA), Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental (ABES) | Defesa do meio ambiente, qualidade dos serviços prestados                                        |
| Agentes financeiros, investidores, organismos multilaterais e outras instituições de fomento                                                                | Avaliação e acompanhamento de investimentos para o setor                                         |

Fonte: Galvão Júnior (2006, p. 171).

Todavia, algumas desvantagens da regulação *sunshine* são:

- possibilidade de comportamento indesejado na busca por metas por parte dos gestores públicos, frustrando os processos de aprendizagem;
- possibilidade de perseguição das empresas com pior desempenho por parte dos gestores públicos, dificultando os processos de aprendizagem (BRAADBAART, 2007);
- falta de instrumentos para prover incentivos adequados em busca do cumprimento dos objetivos (LIN, 2005); e
- ausência de poder para aplicar sanções aos operadores que demonstrem pior desempenho (MARQUES; SIMÕES, 2008).

Este método não estabelece tarifas e seu poder coercivo é limitado na maioria das vezes (MARQUES, SIMÕES, 2008). Para garantir a efetividade das ações de regulação, é recomendado que sejam associados a outros métodos. Alguns contratos recentes vinculam o nível das receitas do operador ao nível de desempenho obtido (GUÉRIN-SCHNEIDER; NAKHLA, 2012). Em contratos assinados no ano de 2009 em Estrasburgo (França), a cidade de Montauban e o Sindicato dos Serviços de Água da Região de Ile-de-France (SEDIF) implementaram tal incentivo de preço com base em ID.

Algumas pesquisas e aplicações práticas de ID são apresentadas na Tabela 3.7.

**Tabela 3.7.** Pesquisas sobre desenvolvimento e aplicação de indicadores no setor de abastecimento de água

| Fonte                            | Objeto de estudo e local             | Objetivo da pesquisa                                                                                                                                                                                                                       | Crítérios de avaliação (número de indicadores entre parênteses)                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|----------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Corton (2003)                    | SAA <sup>(1)</sup> no Peru           | Descrever a implementação de um sistema de <i>benchmarking</i> por uma agência reguladora, analisar medidas alternativas de eficiência e estimar o limite de eficiência a partir de um modelo de regressão envolvendo custos operacionais. | <ul style="list-style-type: none"> <li>– Qualidade do serviço (3)</li> <li>– Cobertura do serviço prestado (1)</li> <li>– Eficiência da gestão (3)</li> <li>– Eficiência financeira da gestão (1)</li> </ul>                                                                                                                      |
| Corton e Berg (2009)             | SAA na América do Sul                | Fornecer evidências quantitativas sobre a eficácia dos setores regionais e das empresas de abastecimento de água para políticos e instituições de fundos de investimento sob diferentes perspectivas.                                      | <ul style="list-style-type: none"> <li>– Operacional (6)</li> <li>– Financeiro (5)</li> <li>– Qualidade (4)</li> </ul>                                                                                                                                                                                                            |
| Coulibaly e Rodriguez (2004)     | ETA <sup>(2)</sup> em Quebec, Canadá | Desenvolver ID capazes de explicar a variação da qualidade da água atual e ao longo do tempo em pequenas ETA.                                                                                                                              | <ul style="list-style-type: none"> <li>– Uso do solo agrícola (1)</li> <li>– Qualidade da água bruta (5)</li> <li>– Desinfecção (3)</li> <li>– Infraestrutura e manutenção (4)</li> <li>– Qualidade da água tratada (3)</li> </ul>                                                                                                |
| Lin (2005)                       | SAA no Peru                          | Verificar se a introdução de variáveis de qualidade afeta a avaliação comparativa de prestadores de serviços.                                                                                                                              | <ul style="list-style-type: none"> <li>– Custo (4)</li> <li>– Qualidade do serviço (4)</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                 |
| Braadbaart, (2007)               | SAA na Holanda                       | Investigar como programas de <i>benchmarking</i> podem afetar a transparência e o desempenho econômico de sistemas públicos de abastecimento de água.                                                                                      | <ul style="list-style-type: none"> <li>– Seis critérios de avaliação (não identificados) (10)</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                          |
| Chang <i>et al.</i> (2007)       | ETA em Taipei, Taiwan                | Definir os principais itens de avaliação de desempenho, selecionar ID e os respectivos pesos e avaliar uma ETA.                                                                                                                            | <ul style="list-style-type: none"> <li>– Qualidade de água (3)</li> <li>– Modificação na estação (3)</li> <li>– Produção de água (2)</li> <li>– Redução de custos com produtos químicos (2)</li> <li>– Disponibilidade de equipamentos (2)</li> <li>– Minimização de resíduos (2)</li> <li>– Proteção de manancial (6)</li> </ul> |
| Guérin-Schneider e Nakhla (2010) | SAA na França                        | Propor uma nova estrutura de análise institucional e mostrar como a relação dinâmica entre a regulação e o ambiente institucional pode levar a reformas e à regulação mais eficiente.                                                      | <ul style="list-style-type: none"> <li>– Preço (3)</li> <li>– Continuidade e sustentabilidade (5)</li> <li>– Qualidade do serviço (2)</li> <li>– Meio ambiente e saúde pública (4)</li> </ul>                                                                                                                                     |
| Zimmermann (2010)                | SAA no Brasil                        | Avaliar e discutir a aplicação de indicadores de desempenho nas atividades de planejamento e regulação dos serviços de abastecimento de água.                                                                                              | <ul style="list-style-type: none"> <li>– Operacional (5)</li> <li>– Qualidade (7)</li> <li>– Econômico-financeiro (6)</li> </ul>                                                                                                                                                                                                  |

Legenda: <sup>1</sup> SAA: sistema de abastecimento de água; <sup>2</sup> ETA: estação de tratamento de água.

### 3.6.2 Uso de sistemas de indicadores de desempenho por órgãos e entidades nacionais e internacionais

No Brasil, referências importantes no que diz respeito a ID são a Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental (SNSA), a Associação Brasileira de Agências de Regulação (ABAR) e o Prêmio Nacional de Qualidade em Saneamento (PNQS). A seguir, cada referência é brevemente descrita:

- SNIS (SNSA, 2012): apoia-se em um banco de dados administrado na esfera federal, contendo informações de caráter institucional, administrativo, operacional, gerencial, econômico-financeiro e de qualidade, fornecidas por prestadores de serviços de água, de esgotos e de manejo de resíduos sólidos. Para a divulgação de seus dados, é publicado, anualmente, um relatório denominado “Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos”. O sistema dispõe ainda do software “Série Histórica de Dados”, no qual toda a base de dados pode ser consultada.
- ABAR (PIZA; PAGANINI, 2006): constitui entidade de direito privado, criada sob a forma de associação civil, sem fins lucrativos e de natureza não partidária. Agrega 49 agências associadas (15 municipais, 27 estaduais e sete federais) (ABAR, 2013b) e tem como objetivo contribuir para o avanço e consolidação das atividades de regulação em todo Brasil, permitindo a troca de experiências, a promoção de critérios uniformes para problemas semelhantes e a preservação de interesse público amplo.
- PNQS (CNQA, 2013): premiação instituída em 1997 pela Associação Brasileira de Engenharia Sanitária (ABES) para estimular a busca e a aplicação de boas práticas de gestão, reconhecer aquelas organizações que se destacam pela utilização dessas práticas, divulgar de relatórios de gestão e promover eventos de capacitação gerencial.

Além das referências nacionais, há no cenário internacional publicações de diversas entidades que versam sobre o uso de indicadores:

- American Water Works Association (AWWA);
- Associação de Entidades Reguladoras de Água e Saneamento das Américas (ADERASA);
- Entidade Reguladora dos Serviços de Águas e Resíduos (ERSAR) e Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC);
- International Water Association (IWA);
- The International *Benchmarking* Network for Water and Sanitation Utilities (IBNET);
- Water Services Association of Australia (WSAA);
- Water Services Regulation Authority (OFWAT).

### 3.6.3 Papeis da agência reguladora e do prestador de serviço

A implementação do sistema de ID desenvolvido demanda ações conjuntas entre o regulador e regulado, principalmente quanto ao gerenciamento dos dados que alimentam o sistema de avaliação. Sob esse aspecto, a Lei 11.445 estabelece no Ar. 25 como de responsabilidade do prestador de serviço as seguintes atividades (BRASIL, 2007):

- disponibilização para a agência reguladora todos os dados e informações de determinado mês, em prazo previamente acordado, por meio de documentos de texto e planilhas em formato digital, conforme modelos previamente fornecidos pela agência reguladora;
- informação sobre quaisquer alterações na operação das estações ou eventos atípicos no momento da disponibilização dos dados;
- informação sobre as providências que foram ou estão sendo tomadas no sentido de sanar eventuais problemas identificados no mês de análise.

Já a agência reguladora, além da definição de ID, dos dados monitorados e frequências, tem por incumbência a recepção e verificação de dados faltantes, o cálculo e a interpretação dos indicadores, conforme estabelecido no Art. 23 da Lei 11.445 (BRASIL, 2007). A discussão do nível de desempenho de cada ETA deverá considerar as informações de contexto apresentadas inicialmente, podendo ser utilizadas como justificativa na análise dos valores calculados. Cabe também à agência reguladora a divulgação dos resultados da avaliação, sendo pré-acordados a frequência e o prazo máximo após a recepção dos dados do prestador. Os resultados deverão ser acompanhados de informações sobre alteração da operação das estações, quando aplicável.

Tais ações são dependentes do repasse de dados pelo prestador. O estabelecimento de canais formais de comunicação entre todas as partes do setor é importante para programas de coleta de dados e para construção de repositórios de dados, de forma que sejam bem identificados e os esforços não duplicados (CORTON; BERG, 2009). Mesmo que as agências apresentem todos os requisitos para uma atuação independente e autônoma, é preciso possuir estratégias específicas para vencer a assimetria de informações entre a agência e a empresa regulada (XIMENES, 2006).

## 4 METODOLOGIA

### 4.1 Levantamento de sistemas de indicadores de desempenho

Inicialmente foi realizado o levantamento e caracterização de sistemas de ID já existentes para servirem de modelo inicial para o desenvolvimento de um novo sistema de avaliação de ETA. O levantamento foi conduzido a partir de artigos científicos sobre avaliação de desempenho de ETA, uso de indicadores e regulação de serviços de saneamento em geral e de publicações dos principais órgãos e entidades nacionais e internacionais ligados à pesquisa, gestão e/ou regulação, conforme apresentado na Tabela 4.1.

**Tabela 4.1.** Órgãos e entidades nacionais e internacionais utilizados como fonte de dados para o levantamento de sistemas de indicadores de desempenho

| Sigla       | Entidade                                                                                        | Região de abrangência |
|-------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|
| ABAR        | Associação Brasileira de Agências de Regulação                                                  | Brasil                |
| ADERASA     | Associação de Entidades Reguladoras de Água e Saneamento das Américas                           | América Latina        |
| AWWA        | <i>American Water Works Association</i>                                                         | Estados Unidos        |
| CNQA        | Comitê Nacional da Qualidade Abes                                                               | Brasil                |
| ERSAR; LNEC | Entidade Reguladora dos Serviços de Águas e Resíduos e Laboratório Nacional de Engenharia Civil | Portugal              |
| IBNET       | <i>The International Benchmarking Network for Water and Sanitation Utilities</i>                | Internacional         |
| IWA         | <i>International Water Association</i>                                                          | Internacional         |
| OFWAT       | <i>Water Services Regulation Authority</i> <sup>1</sup>                                         | Reino Unido           |
| SNSA        | Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental                                                     | Brasil                |
| WSAA        | <i>Water Services Association of Australia</i>                                                  | Austrália             |

Legenda: <sup>1</sup> Anteriormente denominada *Office of Water Service* (OFWAT, 2005).

A caracterização dos sistemas de ID compreendeu a descrição dos seguintes aspectos:

- informações gerais: órgão/entidade, tema e critério de avaliação;
- indicadores de desempenho: código, descrição, unidade de medida, referência a ID de outros sistemas e tipo (qualitativo ou quantitativo);
- objeto do sistema de abastecimento de água avaliado por cada ID: manancial, unidades de captação, adução, tratamento, armazenamento e distribuição ou se aplicável apenas à análise global do sistema.

O processamento dos dados levantados deu-se por meio das seguintes ações:

- combinação de temas e critérios de avaliação semelhantes para uniformização do banco de dados, doravante denominados temas e critérios *adotados*;

- identificação dos ID de outras unidades de sistemas de abastecimento de água com potencial de aplicação para avaliação de ETA;
- identificação de ID repetidos, ou seja, propostos por mais de um órgão/entidade;
- verificação da disponibilidade de dados e informações das seis ETA, avaliadas no item 4.3, para determinação de ID aplicáveis a ETA.

Após o processamento de dados, foi elaborado um resumo por meio de tabelas de distribuição de frequência e gráficos a fim de descrever os seguintes aspectos:

- abrangência dos sistemas de ID, estudada por meio do número de temas e critérios observados e adotados para SAA e específicos para ETA;
- distribuição dos ID entre temas e critérios de avaliação, considerando a presença e ausência de repetições, para SAA, aplicáveis a ETA e específicos para ETA;
- distribuição dos ID entre unidades de SAA, considerando a presença e ausência de repetições;
- distribuição dos ID entre órgãos/entidades nacionais e internacionais para SAA, aplicáveis e específicos para ETA.

## ***4.2 Seleção de elementos constituintes do sistema de indicadores de desempenho***

O banco de dados de sistemas de ID levantado foi utilizado como ponto de partida para o desenvolvimento de um novo sistema de ID para uma agência reguladora tomada como estudo de caso. Os elementos do sistema de ID de ETA foram selecionados em três etapas: (i) pré-seleção de temas, critérios e indicadores de desempenho, (ii) definição de temas, critérios e indicadores de desempenho com base nos interesses da agência reguladora e (iii) definição de valores de referência, metas de desempenho e informações de contexto.

A agência reguladora tomada como estudo de caso tem como competências a regulação dos serviços de abastecimento de água, esgotamento sanitário, drenagem, gestão sustentável dos recursos hídricos e distribuição de gás canalizado, petróleo e seus derivados. A mesma foi selecionada em virtude do convênio estabelecido com a UFMG para o desenvolvimento de uma metodologia para a avaliação de desempenho de estações de tratamento de água e de esgotos de um município. A existência do convênio contribuiu para a disponibilização de dados por parte do prestador de serviços do município e para a realização de reuniões com ambas as partes.

#### 4.2.1 Pré-seleção de temas, critérios e indicadores de desempenho

Inicialmente, solicitou-se à agência reguladora em questão uma proposta escrita contendo objetivos e critérios relevantes da avaliação de desempenho das ETA. Entretanto, a agência não teve acesso aos ID levantados na etapa anterior para evitar que fosse influenciada pelas frequências de uso altas e baixas observadas para alguns indicadores. Para cada objetivo foi definido um tema de avaliação em conformidade com os adotados no banco de dados de sistemas de ID. Como os temas e critérios levantados na etapa anterior constituem elos indissociáveis, os critérios de avaliação não foram definidos pela agência, mas derivados dos temas constantes no próprio banco de dados. Ao final, o universo de ID foi reduzido àqueles correspondentes aos objetivos e critérios então definidos.

A partir desse grupo reduzido, foram selecionados ID com base nas recomendações de Malheiros *et al.* (2006) e expostas na Tabela 4.2. Não se exigiu que os ID apreciados atendessem a todos os requisitos. Além disso, não se excluiu a possibilidade de inserção de novos ID, diferentes daqueles presentes no banco de dados. A finalidade desta pré-seleção foi de reduzir o número de variáveis na etapa seguinte.

**Tabela 4.2.** Boas práticas no processo de escolha de indicadores

| Característica                                 | Comentário                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Claro, compreensível                           | Evitar incertezas em relação ao que é bom ou ruim, fácil de entender, com unidades que tenham sentido, e sugestivos para efetiva ação.                                                                                                                                                                                                                                            |
| Relevante                                      | Politicamente relevantes para todos os participantes do sistema.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| Viável                                         | Custo adequado de aquisição e processamento de dados e comunicação.                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| Suficiente                                     | Fornecer a medida certa da informação.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| Oportuno                                       | Oportuno temporalmente, integrado com o planejamento.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| Apropriado na escala                           | Apropriado aos diferentes usuários potenciais.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| Democrático                                    | Diversidade e ampla participação na escolha e acesso aos resultados. Os indicadores não devem ser determinados apenas por um pequeno grupo de especialistas, mas devem envolver lideranças políticas e pessoas da comunidade. Especialistas são importantes na definição de metodologias e cálculos, porém deve-se balancear o tecnicamente possível com politicamente desejável. |
| Medida física                                  | Balancear, na medida do possível, unidades físicas (tonelada de óleo, anos de vida saudável) e monetárias.                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| Preventivo e proativo                          | Deve conduzir para a mudança, fornecendo informação em tempo para se poder agir.                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| Não deve pretender ser uma ferramenta estanque | Deve estar inserido num processo de melhoria contínua, passível de discussão, de aprendizado e de mudança.                                                                                                                                                                                                                                                                        |

Fonte: Malheiros *et al.* (2006, p. 100).

#### **4.2.2 Definição de temas, critérios e indicadores de desempenho com base nos interesses da agência reguladora**

De posse dos temas, critérios e ID pré-definidos, foi realizada reunião com a agência reguladora e com o prestador de serviço a fim de se discutir a relevância e aplicabilidade desses elementos, com oportunidade para inclusão, exclusão e modificação de ID, critérios e até mesmo temas de avaliação. De forma complementar, o prestador forneceu um relatório contendo avaliação crítica do conjunto de ID pré-selecionado. O mesmo não foi apresentado pela agência reguladora, uma vez que inicialmente não estava acordada entre as partes a necessidade de apresentação de um posicionamento por escrito. Ao fim, foram registrados os ID de preferência de cada uma das partes, bem como consensos e divergências.

A apresentação final dos ID contemplou os seguintes atributos: código, nome, equação para cálculo, unidade de medida, sentido de preferência, frequência de cálculo e exemplos. Os códigos dos ID foram compostos por uma sequência de três letras seguidas, após traço, de dois algarismos. A primeira letra representa o tipo de sistema a que o ID se refere. Como a agência reguladora lida com outros tipos de serviços, como esgotamento sanitário, drenagem e recursos hídricos, outros sistemas podem ser desenvolvidos futuramente, tendo os respectivos ID caracterizados por letras específicas. Para o sistema proposto, os códigos dos ID se iniciam pela letra “A” (água). As duas letras que seguem estão associadas com o objetivo do ID e os dois algarismos compõem uma sequência numérica visando identificar cada ID dentro de cada objetivo. O sentido de preferência indica como devem ser interpretados os valores dos ID:

- sentido crescente (↑): quanto maior o valor do ID, melhor o desempenho da estação para o critério avaliado;
- sentido decrescente (↓): quanto menor o valor do ID, melhor o desempenho da estação para o critério avaliado.

#### **4.2.3 Definição de valores de referência, metas de desempenho e informações de contexto**

Conforme procedimento realizado para ID, os valores de referência e as metas de desempenho foram pré-selecionadas a partir dos padrões mais rígidos estabelecidos pelo Ministério da Saúde (BRASIL, 2011a), pela Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (USEPA, 2009) e pela Organização Mundial da Saúde (WHO, 2011). Tanto para os ID cujo cálculo compreendeu valores normatizados quando para aqueles em que não se pôde fazer uso de

referências externas, a decisão de utilizar metas mais ou menos restritivas deu-se sob a luz do desempenho exibido pelo conjunto de ETA, caso tais limites fossem estabelecidos.

Simultaneamente, a tomada de limites mais restritivos obedeceu a variações razoáveis em relação aos padrões estabelecidos em lei, de forma a não comprometer a capacidade das estações de atingir tais valores de referência e metas de desempenho e evitar a exigência de valores desnecessários, sem justificativas adequadas e contrassensos. Em nova reunião, foram apresentados e discutidos os valores de referência e metas de desempenho para cada ID, com representantes da agência reguladora e do prestador de serviço. Os detalhes referentes aos valores de referência e metas com maior restrição são discutidos oportunamente no item 5.2.3 – Definição de valores de referência, metas de desempenho e informações de contexto.

Cabe destacar que, mesmo que haja um sistema de avaliação de desempenho para regulação, o prestador de serviços não é dispensado do atendimento a requisitos legais estabelecidos por órgãos normativos (ex. Ministério da Saúde, Ministério do Meio Ambiente) relativos ao desempenho das estações. No entanto, como este aspecto está inserido no contexto da relação entre o prestador de serviços e o órgão normativo, eles não fazem parte do escopo do presente sistema de avaliação de desempenho.

O rol de informações de contexto para integrar o sistema foi apresentado na forma de ficha descritiva, sendo selecionadas com base em características gerais diferenciadoras das ETA avaliadas. As informações de contexto foram discutidas com representantes da agência reguladora e do prestador de serviço ao final do período do convênio, juntamente com todos os elementos definidos anteriormente.

### ***4.3 Aplicação do sistema de indicadores de desempenho***

#### **4.3.1 Caracterização das estações de tratamento de água e dos dados de monitoramento**

O sistema de ID desenvolvido foi utilizado para avaliação de seis das nove ETA operadas pelo único prestador do município. A descrição geral das estações é apresentada na Tabela 4.3. As três ETA não avaliadas apresentam vazões de 89, 29 e 3,0 L s<sup>-1</sup> (médias de 2011). Para as demais ETA foram disponibilizadas informações relativas a tipos de processos e operações unitárias de tratamento de água, dimensões das unidades, consumo de energia elétrica e de produtos químicos, rotas de tratamento de resíduos sólidos e efluentes, volume de

lodo gerado e/ou disposto, concentração de sólidos no lodo e volume de água utilizada para a lavagem de filtros.

**Tabela 4.3.** Informações e dados de monitoramento das ETA

| ETA →                                            | A                                  | B                             | C                         | D                         | E                      | F                             |
|--------------------------------------------------|------------------------------------|-------------------------------|---------------------------|---------------------------|------------------------|-------------------------------|
| Tecnologia de tratamento                         | Flotação com filtração direta      | ----- Convencional -----      |                           |                           | Filtração direta       | Dupla filtração               |
| Vazão de projeto ( $L\ s^{-1}$ )                 | 2.800                              | 165                           | 60                        | 36                        | 5.500                  | 640                           |
| Vazão de <sup>(1)</sup> operação ( $L\ s^{-1}$ ) | 1.790                              | 93                            | 33                        | 29                        | 4.443                  | 324                           |
| Início da operação                               | 1959                               | -                             | 1990                      | 1988                      | 1986                   | 2000                          |
| Tipo de manancial                                | Córrego com barragem de acumulação | Córrego com barragem de nível | Córrego com tomada direta | Córrego com tomada direta | Barragem de acumulação | Córrego com barragem de nível |
| Período de monitoramento <sup>2</sup>            |                                    |                               |                           |                           |                        |                               |
| Vazão                                            | 2003 a 2011                        | 2003, 2005, 2008 a 2011       | 2001 a 2011               | 2001 a 2011               | 2001 a 2007            | 2001 a 2011                   |
| Cloro livre                                      | 2003 a 2011                        | 2003, 2005, 2008 a 2011       | 2006 a 2011               | 2002 a 2011               | 2007 a 2011            | 2006 a 2010                   |
| Coliformes totais                                | 2003 a 2011                        | Nd <sup>3</sup>               | 2006 a 2011               | 2002 a 2011               | Nd                     | Nd                            |
| Cor aparente                                     | 2003 a 2011                        | 2003, 2005, 2008 a 2011       | 2006 a 2011               | 2002 a 2011               | 2007 a 2011            | 2006 a 2010                   |
| Fluoreto                                         | 2003 a 2011                        | 2003, 2005, 2008 a 2011       | 2006 a 2011               | 2002 a 2011               | 2007 a 2011            | 2006 a 2010                   |
| pH                                               | 2003 a 2011                        | 2003, 2005, 2008 a 2011       | 2006 a 2011               | 2002 a 2011               | 2007 a 2011            | Nd                            |
| Turbidez                                         | 2003 a 2011                        | 2003, 2005, 2008 a 2011       | 2006 a 2011               | 2002 a 2011               | 2007 a 2011            | 2006 a 2010                   |
| Custos <sup>4</sup>                              | 2003 a 2011                        | 2001 a 2011                   | 2001 a 2011               | 2001 a 2011               | 2001 a 2011            | 2001 a 2011                   |

Legenda: <sup>1</sup> média observada no segundo semestre de 2011; <sup>2</sup> período aproximado, apenas para referência; <sup>3</sup> dados não disponíveis; <sup>4</sup> Dados relativos às despesas mensais com pessoal, energia elétrica e produtos químicos.

Os dados de monitoramento de qualidade da água compreenderam os registros médios diários de turbidez, pH e cor aparente para água bruta, e turbidez, cor aparente, pH, cloro livre,

alumínio, fluoreto e coliformes totais para água tratada. As análises de tais parâmetros foram realizadas segundo as recomendações do *Standard Methods* (APHA; AWWA; WEF, 1998). Os dados de vazão corresponderam, em sua maioria, a médias mensais e os dados de custo a totais mensais, discriminados segundo os custos de pessoal, produtos químicos e energia elétrica.

#### **4.3.2 Processamento de dados de monitoramento**

Investigou-se a presença de *outliers* para os parâmetros cloro livre, fluoreto e pH utilizando como critério a amplitude interquartil (AIQ) multiplicada pelo fator de 1,5. Esta expressa a diferença entre os valores correspondentes aos percentis 25 % e 75 %. São considerados *outliers* os valores acima da mediana acrescida de  $1,5 \times \text{AIQ}$  e os valores abaixo da mediana decrescida de  $1,5 \times \text{AIQ}$ . Não foi avaliada a presença de *outliers* para os parâmetros turbidez e cor aparente das águas bruta e tratada por serem fortemente afetados por eventos pluviométricos, resultando em valores extremos, em geral, não pontuais e de ocorrência sazonal. O parâmetro coliformes totais também não passou por esta etapa, uma vez que os resultados das análises não foram utilizados de forma quantitativa, mas sim qualitativa, interessando apenas se o resultado foi positivo (presença de coliformes totais) ou negativo (ausência).

Os dados relativos às despesas mensais com pessoal, energia elétrica e produtos químicos foram reajustados para a data-base de janeiro de 2012, respectivamente, segundo o Índice Nacional de Preços ao Consumidor (INPC) (IBGE, 2012), índice de reajuste tarifário da companhia energética local (CEL) e Índice Geral de Preços do Mercado (IGPM) (FGV, 2012). Tais índices foram recomendados por representantes do prestador de serviço.

#### **4.4 Avaliação de desempenho das estações de tratamento de água**

Para o cálculo dos valores dos ID foi elaborada uma pasta de trabalho utilizando o programa Microsoft Excel® (MICROSOFT, 2010) para avaliação de cada ETA. A pasta de trabalho foi proposta para uso pela agência reguladora a fim de facilitar e padronizar a correção de dados de entrada, o cálculo e a apresentação de resultados dos ID, tanto na forma de tabelas como gráficos. Um esquema dos elementos presentes na pasta de trabalho é apresentado na Figura 4.1 e no APÊNDICE B são mostradas imagens de cada planilha.

De posse dos valores do ID para cada ETA, a avaliação das estações deu-se de três formas, conforme Silva e Basílio Sobrinho (2006): (i) análise estática, (ii) análise dinâmica e (iii) análise comparativa. A primeira visou a determinação das estatísticas descritivas dos valores dos ID, comparação direta dos valores do período corrente com os valores de referência (para cada ETA e para cada ID) e a determinação dos percentuais de atendimento dos ID às metas.

**Figura 4.1.** Esquema dos elementos presentes na pasta de trabalho de processamento de dados do sistema de ID

|                                                                                           |                                                                                                                                                           |
|-------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>Planilha 1</p> <p>Entrada de dados</p>                                                 | 1.1) inserção de dados de monitoramento                                                                                                                   |
|                                                                                           | 1.2) verificação de erros de preenchimento                                                                                                                |
|                                                                                           | 1.3) inserção de informações de contexto                                                                                                                  |
| <p>Planilha 2</p> <p>Cálculo dos indicadores e parâmetros de desempenho</p>               | 2.1) descrição dos indicadores e parâmetros de desempenho                                                                                                 |
|                                                                                           | 2.2) verificação do período de análise                                                                                                                    |
|                                                                                           | 2.3) modificação de valores de referência (opcional)                                                                                                      |
| <p>Planilha 3</p> <p>Resultado mensal da avaliação de desempenho da ETA</p>               | 3.1) tabela com valores dos ID no mês atual, mês anterior, mesmo mês do ano anterior, média dos últimos 12 meses e meta de desempenho proposta            |
|                                                                                           | 3.2) gráfico de barras com valores dos ID no mês atual, mês anterior, mesmo mês do ano anterior, média dos últimos 12 meses e meta de desempenho proposta |
| <p>Planilha 4</p> <p>Série histórica de indicadores e parâmetros de desempenho da ETA</p> | 4.1) estatísticas descritivas contendo número de dados, média, mediana, mínimo, máximo, desvio-padrão, coeficiente de variação                            |
|                                                                                           | 4.2) gráficos box-plot dos ID agrupados por critérios de avaliação                                                                                        |
|                                                                                           | 4.3) gráficos de dispersão dos valores dos ID em função do tempo (séries históricas)                                                                      |
|                                                                                           | 4.4) gráficos de distribuição de frequência com os valores dos ID em função do percentil correspondente                                                   |

A análise dinâmica buscou a verificação da existência de sazonalidade e de tendências de aumento, redução ou estabilidade dos valores dos ID de cada ETA. Para investigar a existência de sazonalidade, os ID calculados foram agrupados em seis bimestres: três no período chuvoso (C1, C2 e C3), com início no mês de outubro, e três no período seco (S1, S2 e S3), com início em abril. A opção por seis classes permitiu que a combinação ID×ETA com menor número de dados ainda resultasse no mínimo de 10 valores por bimestre. Para comparação dos bimestres foi empregado o teste não paramétrico Kruskal-Wallis, com nível

de significância ( $\alpha$ ) de 5 %. Considerou-se que o resultado significativo (valor  $p < 0,05$ ) está associado à presença de sazonalidade.

Para verificação da existência de tendências, foram empregados dois tipos de testes: Mann-Kendall e Mann-Kendall sazonal ( $\alpha = 5\%$ ). O primeiro foi utilizado nos casos em que constatou-se efeito sazonal não significativo segundo o teste Kruskal-Wallis. Já o segundo foi utilizado quando os dados apresentaram efeito sazonal significativo e partindo-se da premissa de que não há dependência serial. A indicação de tendência de aumento, redução ou estabilidade foi obtida por meio do sinal do valor do seno do ângulo ajustado pelo teste Mann-Kendall: valores positivos indicam aumento, valores negativos redução e valores nulos estabilidade no período considerado. No caso de tendências significativas verificadas com o teste Mann-Kendall sazonal, o teste Mann-Kendall foi aplicado apenas com o intuito de checar o sinal do valor do seno.

Inicialmente, a análise comparativa deu-se por meio de análise de agrupamento das seis ETA, com prévia padronização dos dados, utilizando o método do encadeamento médio ponderado (*weighted pair-group average*) e empregando a distância euclidiana como medida de dissimilaridade. Em seguida as ETA foram comparadas, ID por ID, utilizando-se o teste Kruskal-Wallis seguido de teste de comparações múltiplas, quando pertinente ( $\alpha = 5\%$ ).

Para realização dos testes foram utilizados os seguintes programas STATISTICA 8.0 (STATISTICA, 2007): testes Shapiro-Wilk e Kruskal-Wallis e análise de agrupamento; e XLSTAT, 2014.1.01. (XLSTAT, 2014): testes Mann-Kendall e Mann-Kendall sazonal.

#### **4.5 Avaliação do sistema de indicadores de desempenho**

Foi conduzida uma análise fatorial com a finalidade de identificar grupos inter-relacionados de ID, apontar os principais ID dentro de cada critério de avaliação e investigar a possibilidade de redução do número de ID. A adequabilidade dos ID à análise fatorial foi avaliada por meio do coeficiente de correlação de Spearman, coeficiente Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) e teste de esfericidade de Bartlett, todos ao nível de significância de 5 %.

O coeficiente de correlação de Spearman é uma versão não paramétrica do coeficiente de correlação de Pearson. Além de fornecer a força da correlação entre as variáveis (coeficiente), indica também se esta é significativa ou não por meio do valor  $p$ . O coeficiente KMO testa se as correlações parciais entre as variáveis são pequenas (PASW, 2009). Considera-se

adequação razoável dos dados à análise fatorial caso o coeficiente KMO seja próximo de 0,70 (KAISER, 1970). Por fim, o teste de esfericidade de Bartlett considera como hipótese nula que a matriz de correlação é uma matriz identidade, ou seja, as variáveis são independentes e, portanto, inadequadas para a análise fatorial. Em todos os testes foi utilizado o programa PASW 18 (PASW, 2009).

Na análise fatorial os dados foram previamente padronizados e a técnica utilizada para extração de fatores foi a de componentes principais. Definiu-se previamente o número máximo de componentes estudadas de forma a considerar apenas aqueles cujos autovalores forem maiores que 1,0. Os autovalores indicam a magnitude de variância dos ID captada por cada componente principal. Autovalores maiores que a unidade indicam de forma definitiva que a componente explica a variação de mais de uma variável, no caso, de mais de um ID.

Para cada componente principal, os ID mais influentes foram escolhidos com base na correlação com as componentes principais, exigindo-se que fossem maior que 0,70. Em seguida, os mesmos coeficientes de correlação foram analisados novamente após a aplicação da rotação *varimax* normalizada. Esse tipo de rotação força cada variável (ID) a associar-se a apenas uma componente em detrimento das demais, alterando o coeficiente de correlação. É um método de rotação ortogonal que minimiza o número de variáveis de cada componente principal.

A análise de componentes principais foi conduzida no programa STATISTICA 8.0 (STATISTICA, 2007), e as discussões basearam-se nas seguintes saídas:

- percentagens da variância total explicadas por cada uma das componentes principais;
- número de componentes retidas e a proporção de variância total por elas explicada;
- correlação de cada variável com cada componente, antes e após a rotação;
- planos fatoriais.

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1 Levantamento de sistemas de indicadores de desempenho

O levantamento de sistemas de ID abrangeu a coleta de dados de dez entidades (ABAR, ADERASA, AWWA, CNQA, ERSAR, Banco Mundial, IWA, OFWAT, SNSA e WSAA) e resultou em um banco de dados com 628 ID distribuídos entre 36 critérios e sete temas adotados. A distribuição dos ID segundo entidade é apresentada na Tabela 5.1. Como a presença de ID repetidos foi avaliada dentro e fora do sistema de cada entidade, houve entidades em que todos os ID foram classificados como repetidos. Por conseguinte, optou-se por não apresentar o número de ID sem repetições discriminado por entidade.

**Tabela 5.1.** Distribuição dos indicadores de desempenho segundo órgão/entidade proponente

| Entidade                   | Região de atuação | Sistemas de abastecimento | Específicos para ETA | Adaptáveis para ETA |
|----------------------------|-------------------|---------------------------|----------------------|---------------------|
| ABAR <sup>1</sup>          | Brasil            | 17                        | 2                    | 4                   |
| ADERASA <sup>2</sup>       | América Latina    | 21                        | 2                    | 4                   |
| AWWA <sup>3</sup>          | EUA               | 66                        | 3                    | 24                  |
| CNQA <sup>4</sup>          | Brasil            | 64                        | 9                    | 34                  |
| ERSAR <sup>5</sup>         | Portugal          | 24                        | 2                    | 7                   |
| Banco Mundial <sup>6</sup> | Internacional     | 60                        | 2                    | 12                  |
| IWA <sup>7</sup>           | Internacional     | 170                       | 18                   | 75                  |
| OFWAT <sup>8</sup>         | Internacional     | 17                        | -                    | 6                   |
| SNSA <sup>9</sup>          | Brasil            | 68                        | 8                    | 23                  |
| WSAA <sup>10</sup>         | Reino Unido       | 121                       | 3                    | 25                  |
| Total (com repetição)      |                   | 628 (100 %)               | 49 (8 %)             | 214 (34 %)          |
| Total (sem repetição)      |                   | 423 (100 %)               | 37 (9 %)             | 152 (36 %)          |

Legenda: <sup>1</sup> Galvão Júnior e Ximenes (2008); <sup>2</sup> GRTB (2012); <sup>3</sup> AWWA (2012); <sup>4</sup> CNQA (2013); <sup>5</sup> ERSAR e LNEC (2013); <sup>6</sup> World Bank (2013) com o IBNET; <sup>7</sup> Alegre *et al.* (2006); <sup>8</sup> OFWAT (2013); <sup>9</sup> SNSA (2012) com o SNIS; <sup>10</sup> WSAA (2012).

A IWA foi a entidade com maior número de ID propostos para avaliação de SAA (170), seguida pela WSAA (121). No caso de ID específicos para ETA, as entidades que mais se destacaram foram IWA (75) e CNQA (34). Ao contrário do que se possa cogitar, maiores números de ID nem sempre estão associadas a sistemas mais completos e equilibrados em termos de distribuição de ID entre temas e critérios de avaliação. A discussão sobre a diversidade de temas, critérios e ID deve basear-se não nos totais, mas nas informações trabalhadas, a fim de dirimir possíveis vieses.

A redução pronunciada do número de temas (de 45 para sete) e de critérios de avaliação (de 136 para 36) evidencia a necessidade de se redefinir os termos utilizados ao agrupar

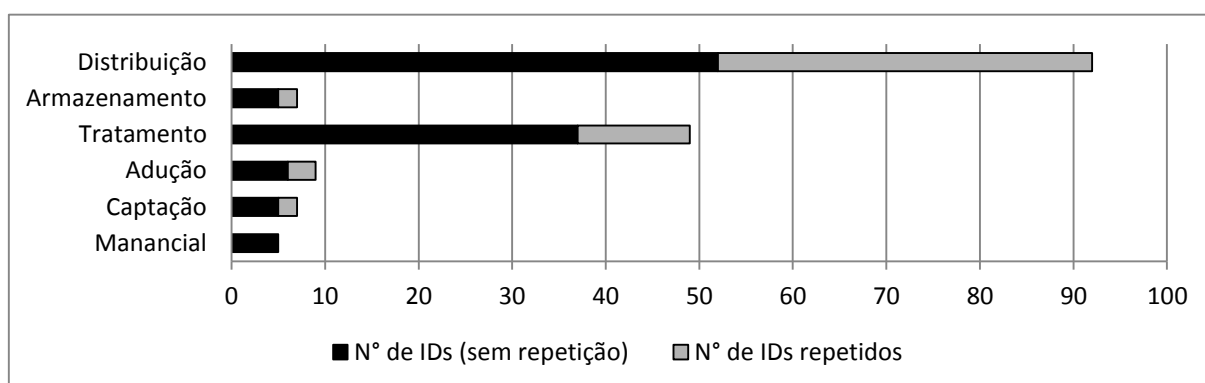
elementos de sistemas semelhantes, trazendo melhorias para o banco de dados a fim de simplificá-lo e evitar redundâncias. Tais ganhos estendem-se também aos ID, uma vez que cerca de um terço do grupo inicial apresentava repetições. Os números completos do levantamento são apresentados na Tabela 5.2. Adicionalmente, a distribuição dos ID levantados entre temas e critérios de avaliação para SAA pode ser consultada no APÊNDICE C.

**Tabela 5.2.** Diversidade de temas e critérios de avaliação observados e adotados segundo objeto de avaliação

| Elementos   | Tipo          | Considerando ID... |            |                      |            |                  |            |
|-------------|---------------|--------------------|------------|----------------------|------------|------------------|------------|
|             |               | Propostos para SAA |            | Específicos para ETA |            | Aplicáveis a ETA |            |
|             |               | Número             | Percentual | Número               | Percentual | Número           | Percentual |
| Temas       | Observados    | 45                 | 100        | 17                   | 38         | 34               | 76         |
|             | Adotados      | 7                  | 100        | 5                    | 71         | 7                | 100        |
| Critérios   | Observados    | 136                | 100        | 15                   | 11         | 57               | 42         |
|             | Adotados      | 36                 | 100        | 8                    | 22         | 27               | 75         |
| Indicadores | Total         | 628                | 100        | 49                   | 8          | 214              | 34         |
|             | Sem repetição | 423                | 100        | 37                   | 9          | 152              | 36         |

A proporção de ID, específicos para avaliação de desempenho de ETA, é relativamente pequena (9 %), possivelmente em decorrência dos sistemas levantados serem voltados para a análise global de sistemas de abastecimento de água. Dos 423 ID distintos, 342 (81 %) são próprios para a avaliação de SAA. Entretanto, consoante com os dados apresentados na Figura 5.1, ao se comparar o número de ID específicos para cada unidade do sistema, a ETA destaca-se e assume a segunda posição como unidade com maior proporção de ID, atrás apenas da rede de distribuição. Tal constatação é resultado principalmente do número relativamente elevado de ID vinculados à qualidade da água tratada, consoante com o atendimento aos padrões de potabilidade.

**Figura 5.1.** Distribuição dos ID entre unidades de SAA, considerando a presença e ausência de repetições



A distribuição dos ID segundo tema de avaliação, apresentada na Figura 5.2, revela clara diferença entre SAA e ETA, mesmo considerando que os ID de ETA também foram computados como ID de SAA. Considerando que quanto maior a preocupação com determinado tema, maior a proporção de ID, pode-se afirmar que em SAA (Figura 5.2.b) os temas de maior importância são *infraestrutura* (36 %) e *economia* (25 %), ao passo que para ETA (Figura 5.2.d) é o tema *saúde pública* (57 %). Embora o primeiro abarque o segundo, é esperado que os ID específicos para ETA não contemplem os temas *planejamento e gestão* ou *relacionamento com o usuário*, conforme verificado. A gestão é uma atividade que em geral não é praticada em nível “local” em empresas, ao passo que a interface entre o SAA e o consumidor dá-se predominantemente por meio da rede de distribuição.

O predomínio de ID específicos de ETA para o tema *saúde pública* pode ser atribuído ao critério *qualidade da água*, para o qual se verificou a maior proporção de ID (65 %) dentre todos os critérios de avaliação de ETA, conforme a Figura 5.3. Naturalmente, o elevado número de parâmetros de qualidade da água, referentes aos padrões de potabilidade, favorecem a utilização de maior número de ID. Retomando o caso do Brasil, discutido no item 3.2, as características físico-químicas e organolépticas, estabelecidas na Portaria 2.914, somam 85 parâmetros de qualidade (BRASIL, 2011a).

**Figura 5.2.** Distribuição de ID entre temas de avaliação adotados

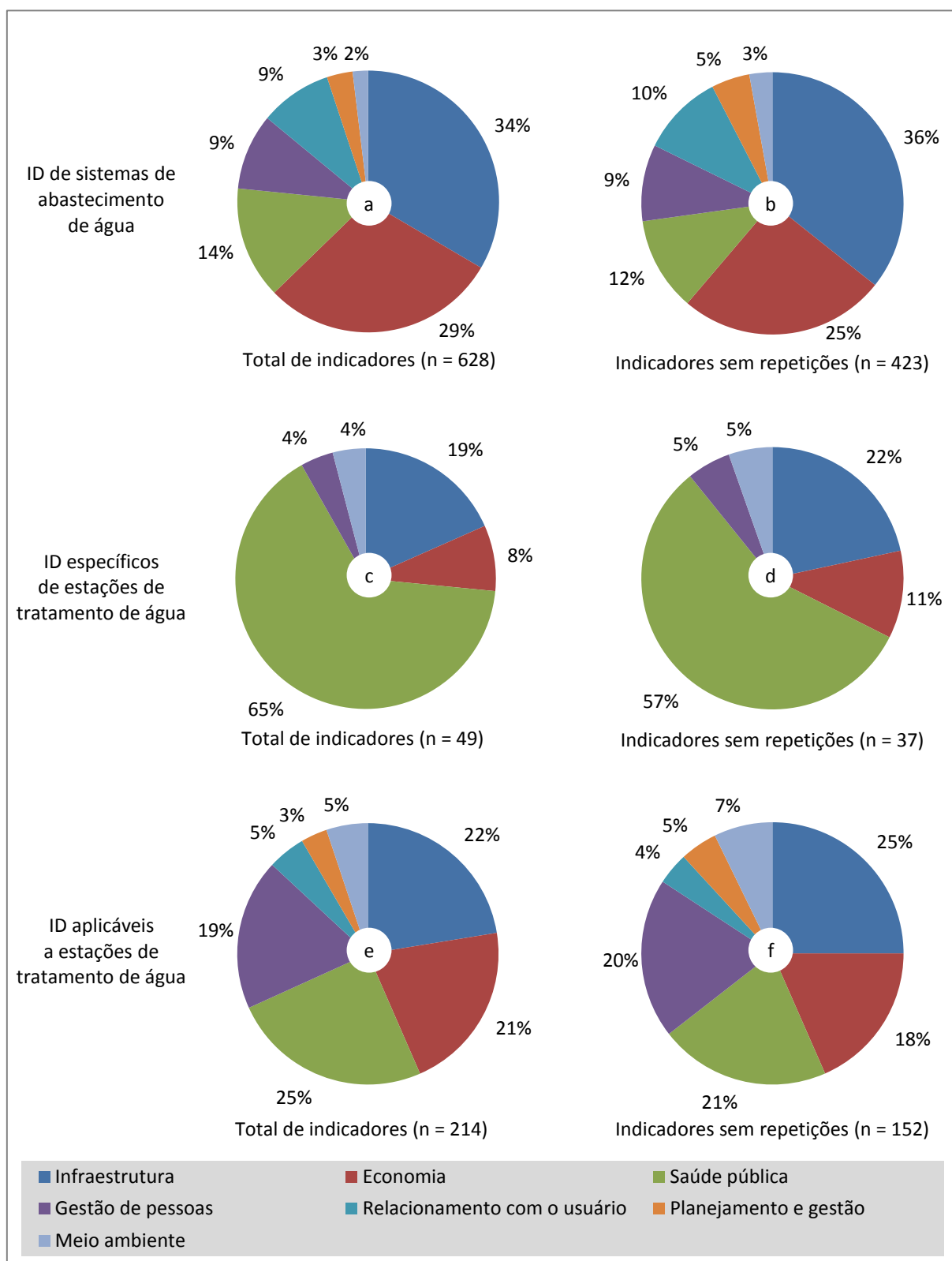
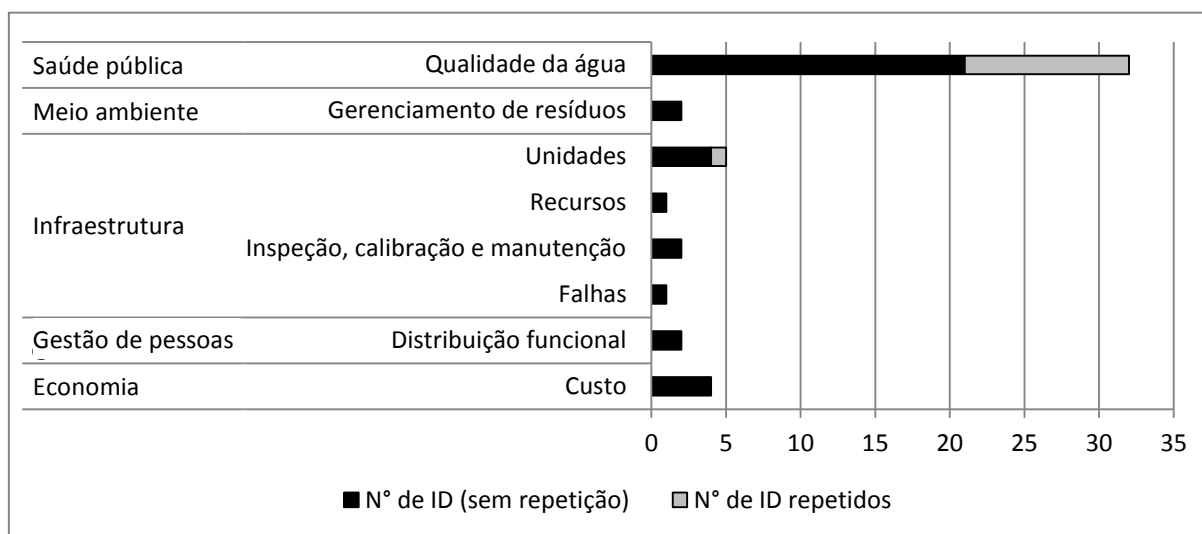


**Figura 5.3.** Distribuição dos ID específicos de estações de tratamento de água entre temas e critérios de avaliação adotados



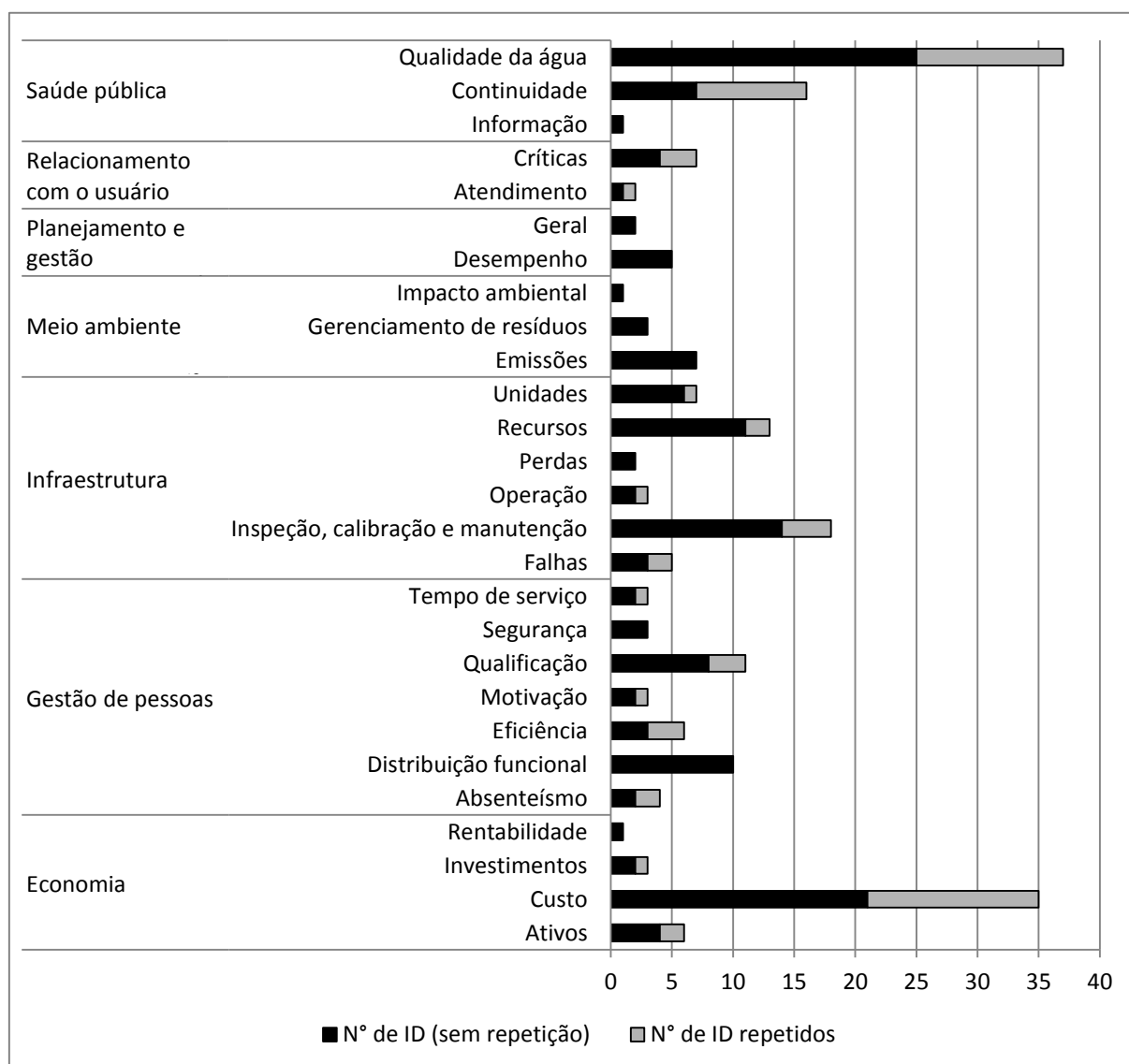
Está clara a relevância do critério *qualidade da água* na avaliação de desempenho de ETA, porém, deficiente de ID que cubram outros aspectos operacionais. Corroborando a análise feita por Vieira *et al.* (2009), outros aspectos essenciais do desempenho de ETA são ignorados, como fiabilidade do tratamento, segurança de pessoas e instalações, gestão de subprodutos e utilização de recursos naturais, humanos e econômico-financeiros. A evidente desproporcionalidade na distribuição dos ID específicos de ETA entre os temas e critérios de avaliação exige cuidado no desenvolvimentos de novos conjuntos de ID de forma que os demais critérios sejam valorizados.

Alternativamente, a adaptação de ID empregados na avaliação de outras dimensões de SAA tem potencial para equilibrar esse quadro, proporcionando distribuição mais homogênea dos ID e permitindo análise, de fato, global. Considerando o universo de ID do levantamento, o percentual de ID específicos para ETA eleva-se consideravelmente, de 9 % para 36 %, resultando em 152 ID. Nesse caso, os temas com maior proporção de ID são *infraestrutura* (25 %), *economia* (18%), *saúde pública* (21 %) e *gestão de pessoas* (20 %), mostrado na Figura 5.2.f e na Figura 5.4. Porém, a inclusão de ID aplicáveis a ETA ainda não é suficiente para permitir avaliação adequada dos temas *planejamento e gestão*, *relacionamento com o usuário* e *meio ambiente*.

O tema *meio ambiente* é o que mais carece de desenvolvimento. Mesmo com a adaptação de outros ID, a proporção (7%) e o número de ID para o tema ainda é pequena, somando 11 ID diferentes. A preocupação com a pouca atenção aos critérios associados justifica-se, dentre

outros motivos, pela ETA ser a unidade do SAA onde há maior geração de resíduos. A título de exemplo, pode-se citar efluentes da lavagem de filtros, lodos de decantadores (presentes em praticamente todas as ETA de grande porte) e os sólidos grosseiros e areia das unidades de tratamento preliminar, quando presentes na área da ETA. A quantidade de resíduos gerados é significativa e demanda unidades de tratamento específicas.

**Figura 5.4.** Distribuição dos ID aplicáveis a estações de tratamento de água entre temas e critérios de avaliação adotados



## 5.2 Seleção de elementos constituintes do sistema de indicadores de desempenho

### 5.2.1 Pré-seleção de temas, critérios e indicadores de desempenho

Os objetivos da avaliação de desempenho informados pela agência reguladora são apresentados, na íntegra, na Tabela 5.3. Os respectivos objetivos e critérios propostos, baseados na revisão de literatura, são apresentados na Tabela 5.4. Observa-se que o detalhamento dos objetivos informados pela agência foi fundamentado naqueles propostos pela norma ISO 24510 (ISO, 2007) para prestação de serviços, conjunto com o qual guarda grande similaridade.

**Tabela 5.3.** Objetivos e critérios de avaliação informados pela agência reguladora

| Objetivos                          | Aspectos a considerar                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Proteção da saúde pública          | <ul style="list-style-type: none"><li>– Atendimento aos parâmetros de potabilidade;</li><li>– Continuidade da operação, inclusive em situações em emergência.</li></ul>                                                                                                                                                                                                               |
| Sustentabilidade ambiental         | <ul style="list-style-type: none"><li>– Eficiência na utilização de recursos ambientais (energia e água de processo);</li><li>– Cumprimento das condicionantes das licenças ambientais e de outorga de recursos hídricos;</li><li>– Geração de poluição ou disposição adequada de resíduos e emissão de gases do efeito estufa;</li><li>– Segurança e saúde do trabalhador.</li></ul> |
| Sustentabilidade da infraestrutura | <ul style="list-style-type: none"><li>– Manutenção da instalação e dos seus equipamentos (durabilidade);</li><li>– Adequação da relação entre a vazão tratada e a capacidade de tratamento;</li><li>– Atualidade (nível de modernização tecnológica).</li></ul>                                                                                                                       |
| Sustentabilidade econômica         | <ul style="list-style-type: none"><li>– Eficiência da produção (custo da produção/benefício do tratamento).</li></ul>                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| Relacionamento com o usuário       | <ul style="list-style-type: none"><li>– Disponibilidade de informações sobre o serviço, atividades comunitárias, tratamento de sugestões, reclamações e elogios referentes à unidade.</li></ul>                                                                                                                                                                                       |

O interesse pela avaliação dos temas *saúde pública*, *sustentabilidade ambiental*, *sustentabilidade da infraestrutura* e *sustentabilidade econômica* foi plenamente atendido pelo conjunto de temas pré-definido. Contudo, o tema relacionamento com o usuário foi suprimido em virtude do contexto da avaliação de desempenho, principalmente considerando aspectos referentes a críticas à qualidade do serviço.

Sendo a ETA unidade anterior a reservatórios e rede de distribuição em SAA, problemas decorrentes de interrupções no abastecimento ou alteração na qualidade da água, por exemplo, não se propagam em sua plenitude até o consumidor. É possível que paralizações no funcionamento da ETA não sejam percebidas nos pontos de entrega devido ao amortecimento

provido por unidades de reservação, principalmente em redes de distribuição cuja extensão repercute em maiores tempos de detenção.

**Tabela 5.4.** Objetivos e critérios pré-definidos para avaliação de ETA

| Temas (código)            | Crítérios                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|---------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Saúde pública<br>(SP)     | <ul style="list-style-type: none"> <li>– <i>Controle do monitoramento</i>: controle do número de análises de qualidade de água realizadas;</li> <li>– <i>Qualidade da água</i>: nível de atendimento aos padrões físico, químico e microbiológico de qualidade de água;</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                |
| Gestão de pessoas<br>(RH) | <ul style="list-style-type: none"> <li>– <i>Absenteísmo</i>: assiduidade;</li> <li>– <i>Distribuição funcional</i>: quadro de funcionários requerido para a execução de tarefas (serviços técnicos, supervisão, operação, manutenção);</li> <li>– <i>Segurança</i>: ocorrência de acidentes entre funcionários;</li> </ul>                                                                                                                                                                                                        |
| Meio ambiente<br>(SA)     | <ul style="list-style-type: none"> <li>– <i>Gerenciamento de resíduos</i>: técnicas utilizadas para o tratamento e/ou destinação final dos resíduos gerados no tratamento;</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| Infraestrutura<br>(SI)    | <ul style="list-style-type: none"> <li>– <i>Vazão</i>: compatibilização da demanda de produção com a vazão de estação;</li> <li>– <i>Recursos</i>: capacidade operação com uso racional de matérias primas, insumos e energia;</li> <li>– <i>Perdas</i>: dispêndio de água em atividades de operação e manutenção;</li> <li>– <i>Inspeção, calibração e manutenção</i>: atendimento aos requisitos mínimos de manutenção e calibração dos equipamentos;</li> <li>– <i>Falhas</i>: ocorrência de falhas e interrupções;</li> </ul> |
| Economia<br>(SE)          | <ul style="list-style-type: none"> <li>– <i>Custo</i>: avaliação da eficiência no uso dos recursos financeiros na operação da estação.</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |

Já reclamações relativas à qualidade da água, estas podem dar-se devido a problemas além dos limites da ETA, em decorrência da intrusão de água de infiltração na rede de distribuição, por exemplo. Nesse caso, o uso do tema, critérios e ID inclui vieses que impossibilitam a interpretação adequada dos resultados da avaliação. Não o ID ou os critérios, mas o próprio tema de avaliação mostra-se inapropriado para o objeto de estudo.

Para complementar o conjunto de temas de interesse da agência reguladora foi proposto o tema *gestão de pessoas*, com foco nos critérios *absenteísmo*, *distribuição funcional* e *segurança*, a fim de permitir a avaliação dos funcionários de ETA. Tal tema é flexível a ponto de poder ser utilizado tanto em nível do SAA, englobando todos os funcionários, como em nível de unidade do sistema, no caso as ETA.

Com relação aos critérios de avaliação, estes foram selecionados a partir da descrição sucinta que acompanhou os objetivos de interesse da agência. Embora os critérios não tenham sido inclusos dentro dos mesmos objetivos/temas de interesse, apenas dois aspectos de interesse da agência (além do tema relacionamento com o usuário, excluído) não puderam ser convertidos

em critérios de avaliação: (i) cumprimento das condicionantes das licenças ambientais e de outorga de recursos hídricos e (ii) atualidade (uso de tecnologias recentes).

A variação temporal relativamente lenta e o fato de ser uma variável de estado dificultam a adoção de um critério que expresse o cumprimento das condicionantes das licenças ambientais e de outorga. Outrora, tal informação pode ser inclusa como informação de contexto, podendo ser avaliada sem a necessidade de um ID. Além dessas características, a avaliação da atualidade de uma ETA e de seu nível de modernização tecnológica não possuem relação bem estabelecida com o nível de desempenho e atendimento à qualidade do serviço, uma vez que o uso de técnicas mais tradicionais (como tratamento convencional) ou modernas (processos de separação por membranas) de tratamento de água podem repercutir em qualidade semelhante da água tratada. A adoção de tecnologias mais modernas não é garantia de melhor desempenho, uma vez que requisitos de qualidade de água bruta, energia elétrica, qualificação profissional, investimento, dentre outros, tendem a ser mais restritos, devendo ser analisados em particular.

Na Tabela 5.5 são apresentados temas, critérios e ID pré-definidos em resposta aos interesses da agência reguladora. Os critérios *controle do monitoramento* e *qualidade da água* consideraram os parâmetros rotineiramente monitorados em ETA e de maior frequência de análise, compreendendo coliformes totais, cloro livre, turbidez, cor aparente, pH, fluoreto e alumínio. O objetivo de desenvolver ID específicos para um sistema de informações voltado à regulação a partir de indicadores bastante difundidos, não é multiplicar o número de informações, mas apenas não tornar o sistema incompatível com os sistemas em curso (SILVA; BASÍLIO SOBRINHO, 2006). Para os parâmetros em que não foi possível localizar o respectivo ID no banco de dados, foram criados novos ID (cor aparente, pH, fluoreto e alumínio).

**Tabela 5.5.** Temas, critérios e indicadores de desempenho pré-definidos

(continua)

| <b>Código</b>                                     | <b>Descrição</b>                                                                       | <b>Unidade</b> | <b>Disponibilidade de dados</b> |
|---------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------|----------------|---------------------------------|
| <b>Tema saúde pública</b>                         |                                                                                        |                |                                 |
| <i>Critério controle do monitoramento</i>         |                                                                                        |                |                                 |
| ASP-01                                            | Atendimento ao número requerido de análises de coliformes totais                       | %              | s                               |
| ASP-02                                            | Atendimento ao número requerido de análises de cloro livre                             | %              | s                               |
| ASP-03                                            | Atendimento ao número requerido de análises de turbidez                                | %              | s                               |
| ASP-04                                            | Atendimento ao número requerido de análises de cor aparente                            | %              | s                               |
| ASP-05                                            | Atendimento ao número requerido de análises de pH                                      | %              | s                               |
| ASP-06                                            | Atendimento ao número requerido de análises de flúor                                   | %              | s                               |
| ASP-16                                            | Atendimento ao número requerido de análises de alumínio                                | %              | s                               |
| <i>Critério qualidade da água</i>                 |                                                                                        |                |                                 |
| ASP-07                                            | Atendimento ao valor de referência de coliformes totais                                | %              | s                               |
| ASP-08                                            | Atendimento ao valor de referência e cloro livre                                       | %              | s                               |
| ASP-09                                            | Atendimento ao valor de referência de turbidez (0,5 uT)                                | %              | s                               |
| ASP-10                                            | Atendimento ao valor de referência de turbidez (1,0 uT)                                | %              | s                               |
| ASP-11                                            | Atendimento ao valor de referência de cor aparente                                     | %              | s                               |
| ASP-12                                            | Atendimento ao valor de referência de pH                                               | %              | s                               |
| ASP-13                                            | Atendimento ao valor de referência de fluoreto                                         | %              | s                               |
| ASP-14                                            | Atendimento simultâneo aos valores de referência de turbidez e de coliformes totais    | %              | s                               |
| ASP-15                                            | Atendimento geral às metas de qualidade de água                                        | %              | s                               |
| ASP-17                                            | Atendimento ao valor de referência de alumínio                                         | %              | s                               |
| ASP-18                                            | Atendimento simultâneo aos valores de referência de cloro livre e de coliformes totais | %              | s                               |
| ASP-19                                            | Atendimento simultâneo aos valores de referência de turbidez e de cloro livre          | %              | s                               |
| <b>Tema Meio ambiente</b>                         |                                                                                        |                |                                 |
| <i>Critério gerenciamento de resíduos</i>         |                                                                                        |                |                                 |
| ASA-01                                            | Água reutilizada no abastecimento                                                      | %              | s                               |
| ASA-02                                            | Destinação adequada de lodo                                                            | %              | s                               |
| <b>Tema infraestrutura</b>                        |                                                                                        |                |                                 |
| <i>Critério falhas</i>                            |                                                                                        |                |                                 |
| ASI-06                                            | Interrupção do funcionamento de qualquer etapa do tratamento por mais de 30 min        | h              | n                               |
| <i>Critério inspeção, calibração e manutenção</i> |                                                                                        |                |                                 |
| ASI-05                                            | Calibração de equipamentos de análise de qualidade de água                             | nº             | n                               |

**Tabela 5.5.** Temas, critérios e indicadores de desempenho pré-definidos

| (conclusão)                                           |                                                  |                                        |                          |
|-------------------------------------------------------|--------------------------------------------------|----------------------------------------|--------------------------|
| Código                                                | Descrição                                        | Unidade                                | Disponibilidade de dados |
| <i>Critério perdas</i>                                |                                                  |                                        |                          |
| ASI-04                                                | Consumo unitário de água para lavagem de filtros | %                                      | n                        |
| <i>Critério recursos</i>                              |                                                  |                                        |                          |
| ASI-02                                                | Consumo unitário de produtos químicos            | kg m <sup>-3</sup>                     | s                        |
| ASI-03                                                | Consumo unitário de energia elétrica             | kWh m <sup>-3</sup>                    | s                        |
| <i>Critério adequação com a capacidade hidráulica</i> |                                                  |                                        |                          |
| ASI-01                                                | Capacidade hidráulica de tratamento              | %                                      | s                        |
| <b>Tema gestão de pessoas</b>                         |                                                  |                                        |                          |
| <i>Critério absenteísmo</i>                           |                                                  |                                        |                          |
| ARH-01                                                | Absenteísmo                                      | d funcionário <sup>-1</sup>            | n                        |
| <i>Critério distribuição funcional</i>                |                                                  |                                        |                          |
| ARH-02                                                | Funcionários por volume produzido                | n° / (10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> ) | n                        |
| <i>Critério segurança</i>                             |                                                  |                                        |                          |
| ARH-03                                                | Acidentes de trabalho                            | n° / (100 funcionários)                | n                        |
| <b>Tema economia</b>                                  |                                                  |                                        |                          |
| <i>Critério custo</i>                                 |                                                  |                                        |                          |
| ASE-01                                                | Custo unitário de tratamento de água             | R\$ m <sup>-3</sup>                    | s                        |
| ASE-02                                                | Custo unitário com energia elétrica              | R\$ m <sup>-3</sup>                    | s                        |
| ASE-03                                                | Custo unitário com pessoal                       | R\$ m <sup>-3</sup>                    | s                        |
| ASE-04                                                | Custo unitário com produtos químicos             | R\$ m <sup>-3</sup>                    | s                        |

Legenda: “s”: há dados disponíveis para cálculo do indicador de desempenho; “n”: não há dados disponíveis.

Além de ID referentes a parâmetros individuais, foram propostos quatro indicadores multiparâmetros; apenas o ID *ASP-15: Atendimento geral às metas de qualidade de água* foi obtido a partir do banco de dados, os outros três foram criados. Tais ID adquirem posição de relevo e de ineditismo em relação à literatura. Para o sistema de avaliação, sua função está além do simples agrupamento de parâmetros. Ao se avaliar o atendimento aos valores de referência de forma simultânea e comparar com os percentuais de atendimento individuais, obtém-se indicativo da correlação entre os ID “uniparâmetros”.

Caso haja forte correlação entre os ID uniparâmetros, o ID multiparâmetro correspondente alcançará percentual semelhante ao valor mínimo do conjunto anterior. Tal comportamento aponta para maior probabilidade de ocorrência de violações dos valores de referência simultaneamente para todos os ID. Como exemplo, caso todos os ID “uniparâmetros” do critério qualidade de água apresentassem percentuais de 90 %, o ID *ASP-15* alcançaria 80 % (valor arbitrário, mas próximo a 90 %). Já para correlações fracas entre estes, o ID multiparâmetro tende a apresentar valor distante e abaixo do valor mínimo verificado no conjunto de ID. Nesse segundo caso, o atendimento ao valor de referência de um parâmetro

específico não provê garantia alguma de que os demais valores de referência também serão atendidos. Seguindo com o mesmo exemplo, se todos os ID “uniparâmetros” do critério qualidade de água apresentassem percentuais de 90 %, o ID *ASP-15* alcançaria 40 % (valor arbitrário, mas distante a 90 %).

Quanto à disponibilidade de dados, é importante destacar que apenas três dos 34 indicadores pré-definidos não permitiam o cálculo imediato: *ASI-06: Interrupção do funcionamento de qualquer etapa do tratamento por mais de 30 min*; *ASI-05: Calibração de equipamentos de análise de qualidade de água*; e *ASI-04: Consumo unitário de água para lavagem de filtros*. Entretanto, tais dados compreendem registros que não exigem investimento em infraestrutura para monitoramento, apenas a elaboração de procedimentos de coleta e análise.

Os dados de interrupção do funcionamento da ETA podem ser adquiridos por meio de formulários específicos ou pela disponibilização em campo para tais observações nas próprias tabelas que guardam os resultados das análises de qualidade de água. Conforme informado por representantes do prestador de serviços, a calibração dos equipamentos dos laboratórios é feita por empresa terceirizada, constituindo procedimento simples a disponibilização dos relatórios de calibração. Por fim, o consumo de água de lavagem de filtros e de outras unidades pode ser mensurado com base nas vazões das bombas de enchimento dos reservatórios de lavagem ou estimativas baseadas no próprio tempo desta operação, caso o bombeamento seja feito de forma direta.

Os indicadores de desempenho ambiental devem visar os impactos ambientais mais significativos e que podem ser diretamente influenciados pelas operações, atividades, gestão, produtos e serviços da empresa (PEROTTO *et al.*, 2008). Por isso deu-se ênfase nos dois principais resíduos de ETA: água de lavagem de filtro (*ASA-01: Água reutilizada no abastecimento*) e lodo de decantadores (*ASA-02: Destinação adequada de lodo*). O primeiro caracteriza-se como resíduo líquido, cujos padrões e condições de lançamento são estabelecidos pela CONAMA 430/2011 (BRASIL, 2011b), e o segundo como resíduo sólido de serviço público de saneamento básico, de acordo com a Lei 12.305 (Art. 13, alínea e), requerendo plano de gerenciamento de resíduos sólidos (Art. 20, alínea I) (BRASIL, 2010).

O tema *infraestrutura* envolve diversos aspectos de naturezas distintas, apresentando maior número de critérios de avaliação. Pode-se afirmar que os critérios *falhas; inspeção, calibração e manutenção*; e *perdas* enfatizam a avaliação do estado de conservação da ETA.

O critério *recursos* visa a investigar a eficiência com no uso de matérias primas e o critério *adequação com a capacidade hidráulica* avaliar a magnitude dos fluxos de entrada e saída na ETA, bem como a adequação aos valores de projeto.

A descrição detalhada de cada ID, segundo tema e critério, é apresentada do item 5.2.1.1 ao 5.2.1.5.

#### 5.2.1.1 Tema saúde pública

Critério *controle do monitoramento*

##### **ASP-01: Atendimento ao número requerido de análises de coliformes totais**

|                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|-------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Numerador:              | <i>número mensal de análises para aferição de coliformes totais</i>                                                                                                                                                                                                                                  |
| Denominador:            | <i>número mensal mínimo requerido de análises para aferição de coliformes totais</i>                                                                                                                                                                                                                 |
| Equação:                | $(\text{numerador/denominador}) \times 100$                                                                                                                                                                                                                                                          |
| Unidade:                | %                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| Sentido de preferência: | <i>crescente</i>                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| Frequência de cálculo:  | <i>mensal</i>                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| Observações:            | <i>amostras provenientes de recoletas não devem ser computadas (§ 3 do art. 27 e § 2 do art. 41 da Portaria 2.914 (BRASIL, 2011a); resultados negativos para análise de coliformes totais nas análises provenientes de recoletas não anulam o resultado originalmente positivo no cálculo do ID.</i> |

##### **ASP-02: Atendimento ao número requerido de análises de cloro livre**

|                         |                                                                                |
|-------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|
| Numerador:              | <i>número mensal de análises para aferição de cloro livre</i>                  |
| Denominador:            | <i>número mensal mínimo requerido de análises para aferição de cloro livre</i> |
| Equação:                | $(\text{numerador/denominador}) \times 100$                                    |
| Unidade:                | %                                                                              |
| Sentido de preferência: | <i>crescente</i>                                                               |
| Frequência de cálculo:  | <i>mensal</i>                                                                  |

##### **ASP-03: Atendimento ao número requerido de análises de turbidez**

|                         |                                                                             |
|-------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|
| Numerador:              | <i>número mensal de análises para aferição de turbidez</i>                  |
| Denominador:            | <i>número mensal mínimo requerido de análises para aferição de turbidez</i> |
| Equação:                | $(\text{numerador/denominador}) \times 100$                                 |
| Unidade:                | %                                                                           |
| Sentido de preferência: | <i>crescente</i>                                                            |
| Frequência de cálculo:  | <i>mensal</i>                                                               |

**ASP-04: Atendimento ao número requerido de análises de cor aparente**

Numerador: *número mensal de análises para aferição de cor aparente*  
Denominador: *número mensal mínimo requerido de análises para aferição de cor aparente*  
Equação:  $(\text{numerador/denominador}) \times 100$   
Unidade: %  
Sentido de preferência: *crescente*  
Frequência de cálculo: *mensal*

**ASP-05: Atendimento ao número requerido de análises de pH**

Numerador: *número mensal de análises para aferição de pH*  
Denominador: *número mensal mínimo requerido de análises para aferição de pH*  
Equação:  $(\text{numerador/denominador}) \times 100$   
Unidade: %  
Sentido de preferência: *crescente*  
Frequência de cálculo: *mensal*

**ASP-06: Atendimento ao número requerido de análises de fluoreto**

Numerador: *número mensal de análises para aferição de fluoreto*  
Denominador: *número mensal mínimo requerido de análises para aferição de fluoreto*  
Equação:  $(\text{numerador/denominador}) \times 100$   
Unidade: %  
Sentido de preferência: *crescente*  
Frequência de cálculo: *mensal*

**ASP-16: Atendimento ao número requerido de análises de alumínio**

Numerador: *número mensal de análises para aferição de alumínio*  
Denominador: *número mensal mínimo requerido de análises para aferição de alumínio*  
Equação:  $(\text{numerador/denominador}) \times 100$   
Unidade: %  
Sentido de preferência: *crescente*  
Frequência de cálculo: *mensal*

**ASP-07: Atendimento ao valor de referência de coliformes totais**

|                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|-------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Numerador:              | <i>número mensal de análises para aferição de coliformes totais com resultados dentro do padrão</i>                                                                                                                                                                                                                                                 |
| Denominador:            | <i>número mensal de análises para aferição de coliformes totais</i>                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| Equação:                | <i>(numerador/denominador) × 100</i>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| Unidade:                | <i>%</i>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| Sentido de preferência: | <i>crescente</i>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| Frequência de cálculo:  | <i>mensal</i>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| Observação:             | <i>amostras provenientes de re coletas não devem ser computadas (§ 3 do art. 27 e § 2 do art. 41 da Portaria 2.914 (BRASIL, 2011a); resultados negativos para análise de coliformes totais nas análises provenientes de re coletas não anulam o resultado originalmente positivo no cálculo dos percentuais de análises com resultado positivo.</i> |

**ASP-08: Atendimento ao valor de referência de cloro livre**

|                         |                                                                                               |
|-------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|
| Numerador:              | <i>número mensal de análises para aferição de cloro livre com resultados dentro do padrão</i> |
| Denominador:            | <i>número mensal de análises para aferição de cloro livre</i>                                 |
| Equação:                | <i>(numerador/denominador) × 100</i>                                                          |
| Unidade:                | <i>%</i>                                                                                      |
| Sentido de preferência: | <i>crescente</i>                                                                              |
| Frequência de cálculo:  | <i>mensal</i>                                                                                 |

**ASP-09: Atendimento ao valor de referência de turbidez (0,5 uT)**

|                         |                                                                                                     |
|-------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Numerador:              | <i>número mensal de análises para aferição de turbidez (0,5 uT) com resultados dentro do padrão</i> |
| Denominador:            | <i>número mensal de análises para aferição de turbidez</i>                                          |
| Equação:                | <i>(numerador/denominador) × 100</i>                                                                |
| Unidade:                | <i>%</i>                                                                                            |
| Sentido de preferência: | <i>crescente</i>                                                                                    |
| Frequência de cálculo:  | <i>mensal</i>                                                                                       |

**ASP-10: Atendimento ao valor de referência de turbidez (1,0 uT)**

Numerador: *número mensal de análises para aferição de turbidez (1,0 uT) com resultados dentro do padrão*  
Denominador: *número mensal de análises para aferição de turbidez*  
Equação:  $(\text{numerador/denominador}) \times 100$   
Unidade: %  
Sentido de preferência: *crecente*  
Frequência de cálculo: *mensal*

**ASP-11: Atendimento ao valor de referência cor aparente**

Numerador: *número mensal de análises para aferição de cor aparente com resultados dentro do padrão*  
Denominador: *número mensal de análises para aferição de cor aparente*  
Equação:  $(\text{numerador/denominador}) \times 100$   
Unidade: %  
Sentido de preferência: *crecente*  
Frequência de cálculo: *mensal*

**ASP-12: Atendimento ao valor de referência de pH**

Numerador: *número mensal de análises para aferição de pH com resultados dentro do padrão*  
Denominador: *número mensal de análises para aferição de pH*  
Equação:  $(\text{numerador/denominador}) \times 100$   
Unidade: %  
Sentido de preferência: *crecente*  
Frequência de cálculo: *mensal*

**ASP-13: Atendimento ao valor de referência de fluoreto**

Numerador: *número mensal de análises para aferição de fluoreto com resultados dentro do padrão*  
Denominador: *número mensal de análises para aferição de fluoreto*  
Equação:  $(\text{numerador/denominador}) \times 100$   
Unidade: %  
Sentido de preferência: *crecente*  
Frequência de cálculo: *mensal*

**ASP-14: Atendimento simultâneo aos valores de referência de turbidez e de coliformes totais**

|                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|-------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Numerador:              | <i>número mensal de amostras analisadas para aferição da qualidade da água tratada que atenderam, simultaneamente, aos padrões de turbidez e coliformes totais</i>                                                                                                                                                                                     |
| Denominador:            | <i>número mensal de amostras analisadas para aferição da qualidade da água com dados disponíveis de turbidez e coliformes totais</i>                                                                                                                                                                                                                   |
| Equação:                | $(\text{numerador/denominador}) \times 100$                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| Unidade:                | %                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| Sentido de preferência: | <i>crescente</i>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| Frequência de cálculo:  | <i>mensal</i>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| Observações:            | <i>as análises provenientes de re coletas não devem ser computadas (§ 3 do art. 27 e § 2 do art. 41 da Portaria 2.914 (BRASIL, 2011a); resultados negativos para análise de coliformes totais nas análises provenientes de re coletas não anulam o resultado originalmente positivo no cálculo dos percentuais de análises com resultado positivo.</i> |

**ASP-15: Atendimento geral às metas de qualidade de água**

|                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|-------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Numerador:              | <i>número mensal de amostras analisadas para aferição da qualidade da água tratada que atenderam, simultaneamente, aos padrões de coliformes totais, cloro residual livre, turbidez, cor aparente, pH, fluoreto e alumínio</i>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| Denominador:            | <i>número mensal de amostras analisadas para aferição da qualidade da água com dados disponíveis de cloro residual livre, coliformes totais, cor aparente, fluoretos, pH e turbidez</i>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| Equação:                | $(\text{numerador/denominador}) \times 100$                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| Unidade:                | %                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| Sentido de preferência: | <i>crescente</i>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| Frequência de cálculo:  | <i>mensal</i>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| Observações:            | <i>as análises provenientes de re coletas não devem ser computadas (§ 3 do art. 27 e § 2 do art. 41 da Portaria 2.914 (BRASIL, 2011a); resultados negativos para análise de coliformes totais nas análises provenientes de re coletas não anulam o resultado originalmente positivo no cálculo dos percentuais de análises com resultado positivo;</i><br><i>o cálculo é baseado em análises de turbidez, cor aparente, cloro livre, fluoreto e pH realizadas paralelamente às análises de coliformes totais, devido à menor frequência de amostragem deste último. Portanto, mesmo que o intervalo de análise de turbidez e dos demais parâmetros seja de 2 h, serão utilizados apenas quatro resultados de análises de cada parâmetro no cálculo do ID; deverão ser considerados os limites mais restritivos para os parâmetros cloro livre e fluoreto.</i> |

**ASP-17: Atendimento ao valor de referência de alumínio**

|                         |                                                                                            |
|-------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|
| Numerador:              | <i>número mensal de análises para aferição de alumínio com resultados dentro do padrão</i> |
| Denominador:            | <i>número mensal de análises para aferição de alumínio</i>                                 |
| Equação:                | $(\text{numerador/denominador}) \times 100$                                                |
| Unidade:                | <i>%</i>                                                                                   |
| Sentido de preferência: | <i>crescente</i>                                                                           |
| Frequência de cálculo:  | <i>mensal</i>                                                                              |

**ASP-18: Atendimento simultâneo aos valores de referência de cloro livre e de coliformes totais**

|                         |                                                                                                                                                                       |
|-------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Numerador:              | <i>número mensal de amostras analisadas para aferição da qualidade da água tratada que atenderam, simultaneamente, aos padrões de cloro livre e coliformes totais</i> |
| Denominador:            | <i>número mensal de amostras analisadas para aferição da qualidade da água com dados disponíveis de cloro livre e coliformes totais</i>                               |
| Equação:                | $(\text{numerador/denominador}) \times 100$                                                                                                                           |
| Unidade:                | <i>%</i>                                                                                                                                                              |
| Sentido de preferência: | <i>crescente</i>                                                                                                                                                      |
| Frequência de cálculo:  | <i>mensal</i>                                                                                                                                                         |

**ASP-19: Atendimento simultâneo aos valores de referência de turbidez e de cloro livre**

|                         |                                                                                                                                                              |
|-------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Numerador:              | <i>número mensal de amostras analisadas para aferição da qualidade da água tratada que atenderam, simultaneamente, aos padrões de turbidez e cloro livre</i> |
| Denominador:            | <i>número mensal de amostras analisadas para aferição da qualidade da água com dados disponíveis de turbidez e cloro livre</i>                               |
| Equação:                | $(\text{numerador/denominador}) \times 100$                                                                                                                  |
| Unidade:                | <i>%</i>                                                                                                                                                     |
| Sentido de preferência: | <i>crescente</i>                                                                                                                                             |
| Frequência de cálculo:  | <i>mensal</i>                                                                                                                                                |

**5.2.1.2 Tema meio ambiente****Critério gerenciamento de resíduos****ASA-01: Água reutilizada no abastecimento**

|                         |                                             |
|-------------------------|---------------------------------------------|
| Numerador:              | <i>volume mensal reutilizado (m³)</i>       |
| Denominador:            | <i>volume mensal afluyente (m³)</i>         |
| Equação:                | $(\text{numerador/denominador}) \times 100$ |
| Unidade:                | <i>%</i>                                    |
| Sentido de preferência: | <i>crescente</i>                            |
| Frequência de cálculo:  | <i>mensal</i>                               |

## ASA-02: Destinação adequada de lodo

|                         |                                                              |
|-------------------------|--------------------------------------------------------------|
| Numerador:              | <i>volume do lodo com destino final adequado no mês (m³)</i> |
| Denominador:            | <i>volume do lodo gerado no mês (m³)</i>                     |
| Equação:                | <i>(numerador/denominador) × 100</i>                         |
| Unidade:                | <i>%</i>                                                     |
| Sentido de preferência: | <i>crescente</i>                                             |
| Frequência de cálculo:  | <i>mensal</i>                                                |

### 5.2.1.3 Tema infraestrutura

#### Critério *falhas*

## ASI-06: Interrupção do funcionamento de qualquer etapa do tratamento por mais de 30 min

|                         |                                                                                        |
|-------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------|
| Numerador:              | <i>Somatórios dos tempos de interrupção da operação da estação devido a falhas (h)</i> |
| Denominador:            | <i>1 mês</i>                                                                           |
| Equação:                | <i>(numerador/denominador) × 100</i>                                                   |
| Unidade:                | <i>h mês<sup>-1</sup></i>                                                              |
| Sentido de preferência: | <i>decrecente</i>                                                                      |
| Frequência de cálculo:  | <i>mensal</i>                                                                          |

#### Critério *inspeção, calibração e manutenção*

## ASI-05: Calibração de equipamentos de análise de qualidade de água

|                         |                                                                                                                     |
|-------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Numerador:              | <i>número de equipamentos de monitoramento com calibração atualizada de acordo com a recomendação do fabricante</i> |
| Denominador:            | <i>número de equipamentos de monitoramento</i>                                                                      |
| Equação:                | <i>(numerador/denominador) × 100</i>                                                                                |
| Unidade:                | <i>%</i>                                                                                                            |
| Sentido de preferência: | <i>crescente</i>                                                                                                    |
| Frequência de cálculo:  | <i>mensal</i>                                                                                                       |

#### Critério *perdas*

## ASI-04: Consumo unitário de água para lavagem de filtros

|                         |                                              |
|-------------------------|----------------------------------------------|
| Numerador:              | <i>volume mensal de água de lavagem (m³)</i> |
| Denominador:            | <i>volume mensal produzido (m³)</i>          |
| Equação:                | <i>(numerador/denominador) × 100</i>         |
| Unidade:                | <i>%</i>                                     |
| Sentido de preferência: | <i>decrecente</i>                            |
| Frequência de cálculo:  | <i>mensal</i>                                |

#### *Critério recursos*

##### **ASI-02: Consumo unitário de produtos químicos ( $\text{kg m}^{-3}$ )**

|                         |                                                        |
|-------------------------|--------------------------------------------------------|
| Numerador:              | <i>consumo de produtos químicos no mês (kg)</i>        |
| Denominador:            | <i>volume tratado no mês (<math>\text{m}^3</math>)</i> |
| Equação:                | <i>(numerador/denominador) <math>\times</math> 100</i> |
| Unidade:                | <i><math>\text{kg m}^{-3}</math></i>                   |
| Sentido de preferência: | <i>decrecente</i>                                      |
| Frequência de cálculo:  | <i>mensal</i>                                          |

##### **ASI-03: Consumo unitário de energia elétrica**

|                         |                                                        |
|-------------------------|--------------------------------------------------------|
| Numerador:              | <i>energia consumida no mês (kWh)</i>                  |
| Denominador:            | <i>volume tratado no mês (<math>\text{m}^3</math>)</i> |
| Equação:                | <i>(numerador/denominador) <math>\times</math> 100</i> |
| Unidade:                | <i><math>\text{kWh m}^{-3}</math></i>                  |
| Sentido de preferência: | <i>decrecente</i>                                      |
| Frequência de cálculo:  | <i>mensal</i>                                          |

#### *Critério adequação com a capacidade hidráulica*

##### **ASI-01: Capacidade hidráulica de tratamento**

|                         |                                                                                                   |
|-------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Numerador:              | <i>vazão média afluente (<math>\text{m}^3 \text{s}^{-1}</math>)</i>                               |
| Denominador:            | <i>capacidade média declarada pela agência reguladora (<math>\text{m}^3 \text{s}^{-1}</math>)</i> |
| Equação:                | <i>(numerador/denominador) <math>\times</math> 100</i>                                            |
| Unidade:                | <i>%</i>                                                                                          |
| Sentido de preferência: | <i>se operando em subcarga, sentido indefinido<br/>se operando em sobrecarga, decrecente</i>      |
| Frequência de cálculo:  | <i>mensal</i>                                                                                     |

#### 5.2.1.4 Tema gestão de pessoas

#### *Critério absenteísmo*

##### **ARH-01: Absenteísmo**

|                         |                                                                   |
|-------------------------|-------------------------------------------------------------------|
| Numerador:              | <i>número total de faltas de todos os funcionários no mês (d)</i> |
| Denominador:            | <i>número total de funcionários no mês (-)</i>                    |
| Equação:                | <i>(numerador/denominador)</i>                                    |
| Unidade:                | <i><math>d \text{ funcionário}^{-1} \text{ mês}^{-1}</math></i>   |
| Sentido de preferência: | <i>decrecente</i>                                                 |
| Frequência de cálculo:  | <i>mensal</i>                                                     |

### *Critério distribuição funcional*

#### **ARH-02: Funcionários por volume produzido**

|                         |                                                          |
|-------------------------|----------------------------------------------------------|
| Numerador:              | <i>número de funcionários no mês</i>                     |
| Denominador:            | <i>volume tratado no mês (<math>m^3</math>)</i>          |
| Equação:                | <i>(numerador/denominador)</i>                           |
| Unidade:                | <i>Funcionários <math>m^{-3}</math> mês<sup>-1</sup></i> |
| Sentido de preferência: | <i>decrecente</i>                                        |
| Frequência de cálculo:  | <i>mensal</i>                                            |

### *Critério segurança*

#### **ARH-03: Acidentes de trabalho**

|                         |                                                                       |
|-------------------------|-----------------------------------------------------------------------|
| Numerador:              | <i>número de acidentes de trabalho e doenças profissionais no mês</i> |
| Denominador:            | <i>número de funcionários dedicados à operação no mês</i>             |
| Equação:                | <i>(numerador/denominador)</i>                                        |
| Unidade:                | <i>acidente funcionário<sup>-1</sup> mês<sup>-1</sup></i>             |
| Sentido de preferência: | <i>decrecente</i>                                                     |
| Frequência de cálculo:  | <i>mensal</i>                                                         |

### 5.2.1.5 Tema economia

### *Critério custo*

#### **ASE-01: Custo unitário de tratamento de água**

|                         |                                                 |
|-------------------------|-------------------------------------------------|
| Numerador:              | <i>custo de tratamento no mês (R\$)</i>         |
| Denominador:            | <i>volume tratado no mês (<math>m^3</math>)</i> |
| Equação:                | <i>(numerador/denominador)</i>                  |
| Unidade:                | <i>R\$ <math>m^{-3}</math></i>                  |
| Sentido de preferência: | <i>decrecente</i>                               |
| Frequência de cálculo:  | <i>mensal</i>                                   |

#### **ASE-02: Custo unitário com energia elétrica**

|                         |                                                 |
|-------------------------|-------------------------------------------------|
| Numerador:              | <i>custo de energia elétrica no mês (R\$)</i>   |
| Denominador:            | <i>volume tratado no mês (<math>m^3</math>)</i> |
| Equação:                | <i>(numerador/denominador)</i>                  |
| Unidade:                | <i>R\$ <math>m^{-3}</math></i>                  |
| Sentido de preferência: | <i>decrecente</i>                               |
| Frequência de cálculo:  | <i>mensal</i>                                   |

### ASE-03: Custo unitário com pessoal

|                         |                                              |
|-------------------------|----------------------------------------------|
| Numerador:              | <i>custo de pessoal no mês (R\$)</i>         |
| Denominador:            | <i>volume tratado no mês (m<sup>3</sup>)</i> |
| Equação:                | <i>(numerador/denominador)</i>               |
| Unidade:                | <i>R\$ m<sup>-3</sup></i>                    |
| Sentido de preferência: | <i>decrecente</i>                            |
| Frequência de cálculo:  | <i>mensal</i>                                |

### ASE-04: Custo unitário com produtos químicos

|                         |                                                |
|-------------------------|------------------------------------------------|
| Numerador:              | <i>custo de produtos químicos no mês (R\$)</i> |
| Denominador:            | <i>volume tratado no mês (m<sup>3</sup>)</i>   |
| Equação:                | <i>(numerador/denominador)</i>                 |
| Unidade:                | <i>R\$ m<sup>-3</sup></i>                      |
| Sentido de preferência: | <i>decrecente</i>                              |
| Frequência de cálculo:  | <i>mensal</i>                                  |

#### 5.2.2 Definição de temas, critérios e indicadores de desempenho com base nos interesses da agência reguladora

Em reunião com representantes da agência reguladoras e do prestador de serviços, ambos foram instados a decidir pela adoção ou exclusão de cada um dos ID propostos, conforme a Tabela 5.6. Os ID ASP-16: *Atendimento ao número requerido de análises de alumínio* e ASP-17: *Atendimento ao valor de referência de alumínio* foram excluídos pelo fato de não apresentarem relevância sanitária nem estarem relacionados, de forma comprovada, a nenhum dano à saúde, servindo apenas como parâmetro auxiliar na dosagem de coagulante nas ETA em que tal composto é constituinte dos produtos químicos utilizados nesta etapa. Já os ID ASP-18: *Atendimento simultâneo aos valores de referência de cloro livre e de coliformes totais* e ASP-19: *Atendimento simultâneo aos valores de referência de turbidez e de cloro livre* foram excluídos por serem de mais difícil interpretação e por se sobrepor aos ID referentes aos parâmetros individuais sem acréscimo relevante de informação.

Decidiu-se que os indicadores ASA-01: *Água reutilizada no abastecimento*, ASA-02: *Destinação adequada de lodo* e ASI-05: *Calibração de equipamentos de análise de qualidade de água* foram incluídos em formulário de coleta de informações de contexto. O ID ASI-06: *Interrupção do funcionamento de qualquer etapa do tratamento por mais de 30 min* foi excluído por não repercutir em impacto direto ao consumidor, pelo efeito de amortecimento de unidades de armazenamento e de redes de distribuição, conforme já discutido.

**Tabela 5.6.** Posição da agência reguladora e do prestador de serviço em relação aos ID pré-definidos

(continua)

| <b>Código</b>                                    | <b>Descrição</b>                                                                       | <b>Agência reguladora</b> | <b>Prestador de serviço</b> | <b>Seleção final</b> |
|--------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------|-----------------------------|----------------------|
| <b>Tema saúde pública</b>                        |                                                                                        |                           |                             |                      |
| <b><i>Critério controle do monitoramento</i></b> |                                                                                        |                           |                             |                      |
| ASP-01                                           | Atendimento ao número requerido de análises de coliformes totais                       | s                         | n                           | s                    |
| ASP-02                                           | Atendimento ao número requerido de análises de cloro livre                             | s                         | n                           | s                    |
| ASP-03                                           | Atendimento ao número requerido de análises de turbidez                                | s                         | n                           | s                    |
| ASP-04                                           | Atendimento ao número requerido de análises de cor aparente                            | s                         | n                           | s                    |
| ASP-05                                           | Atendimento ao número requerido de análises de pH                                      | s                         | n                           | s                    |
| ASP-06                                           | Atendimento ao número requerido de análises de fluoreto                                | s                         | n                           | s                    |
| ASP-16                                           | Atendimento ao número requerido de análises de alumínio                                | n                         | n                           | n                    |
| <b><i>Critério qualidade da água</i></b>         |                                                                                        |                           |                             |                      |
| ASP-07                                           | Atendimento ao valor de referência de coliformes totais                                | s                         | n                           | s                    |
| ASP-08                                           | Atendimento ao valor de referência e cloro livre                                       | s                         | n                           | s                    |
| ASP-09                                           | Atendimento ao valor de referência de turbidez (0,5 uT)                                | s                         | n                           | s                    |
| ASP-10                                           | Atendimento ao valor de referência de turbidez (1,0 uT)                                | s                         | n                           | s                    |
| ASP-11                                           | Atendimento ao valor de referência cor aparente                                        | s                         | n                           | s                    |
| ASP-12                                           | Atendimento ao valor de referência de pH                                               | s                         | n                           | s                    |
| ASP-13                                           | Atendimento ao valor de referência de fluoreto                                         | s                         | n                           | s                    |
| ASP-14                                           | Atendimento simultâneo aos valores de referência de turbidez e de coliformes totais    | s                         | n                           | s                    |
| ASP-15                                           | Atendimento geral às metas de qualidade de água                                        | s                         | s                           | s                    |
| ASP-17                                           | Atendimento ao valor de referência de alumínio                                         | n                         | n                           | n                    |
| ASP-18                                           | Atendimento simultâneo aos valores de referência de cloro livre e de coliformes totais | n                         | n                           | n                    |
| ASP-19                                           | Atendimento simultâneo aos valores de referência de turbidez e de cloro livre          | n                         | n                           | n                    |
| <b>Tema meio ambiente</b>                        |                                                                                        |                           |                             |                      |
| <b><i>Critério gerenciamento de resíduos</i></b> |                                                                                        |                           |                             |                      |
| AMA-01                                           | Água reutilizada no abastecimento                                                      | n                         | n                           | n                    |
| AMA-02                                           | Destinação adequada de lodo                                                            | n                         | s                           | n                    |
| <b>Tema infraestrutura</b>                       |                                                                                        |                           |                             |                      |
| <b><i>Critério falhas</i></b>                    |                                                                                        |                           |                             |                      |
| ASI-06                                           | Interrupção do funcionamento de qualquer etapa do tratamento por mais de 30 min        | s                         | s                           | n                    |

**Tabela 5.6.** Posição da agência reguladora e do prestador de serviço em relação aos ID pré-definidos

| (conclusão)                                                  |                                                            |                    |                      |               |
|--------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|--------------------|----------------------|---------------|
| Código                                                       | Descrição                                                  | Agência reguladora | Prestador de serviço | Seleção final |
| <b><i>Critério inspeção, calibração e manutenção</i></b>     |                                                            |                    |                      |               |
| ASI-05                                                       | Calibração de equipamentos de análise de qualidade de água | n                  | n                    | n             |
| <b><i>Critério perdas</i></b>                                |                                                            |                    |                      |               |
| ASI-04                                                       | Consumo unitário de água para lavagem de filtros           | n                  | ?                    | n             |
| ASI-03                                                       | Consumo unitário de energia elétrica                       | n                  | n                    | n             |
| <b><i>Critério recursos</i></b>                              |                                                            |                    |                      |               |
| ASI-02                                                       | Consumo unitário de produtos químicos                      | n                  | n                    | n             |
| <b><i>Critério adequação com a capacidade hidráulica</i></b> |                                                            |                    |                      |               |
| ASI-01                                                       | Capacidade hidráulica de tratamento                        | s                  | s                    | s             |
| <b>Tema gestão de pessoas</b>                                |                                                            |                    |                      |               |
| <b><i>Critério absenteísmo</i></b>                           |                                                            |                    |                      |               |
| ARH-01                                                       | Absenteísmo                                                | n                  | n                    | n             |
| <b><i>Critério distribuição funcional</i></b>                |                                                            |                    |                      |               |
| ARH-02                                                       | Funcionários por volume produzido                          | n                  | n                    | n             |
| <b><i>Critério segurança</i></b>                             |                                                            |                    |                      |               |
| ARH-03                                                       | Acidentes de trabalho                                      | n                  | n                    | n             |
| <b>Tema economia</b>                                         |                                                            |                    |                      |               |
| <b><i>Critério custo</i></b>                                 |                                                            |                    |                      |               |
| ASE-01                                                       | Custo unitário de tratamento de água                       | s                  | n                    | s             |
| ASE-02                                                       | Custo unitário com energia elétrica                        | n                  | n                    | n             |
| ASE-03                                                       | Custo unitário com pessoal                                 | n                  | n                    | n             |
| ASE-04                                                       | Custo unitário com produtos químicos                       | n                  | n                    | n             |

Legenda: “s” sim; “n” não.

Os ID *ASI-04*, *ASI-02*, *ASI-03*, *ARH-01*, *ARH-02* e *ARH-03* compreendem indicadores orientados a processos, que não foram considerados adequados pelos representantes do prestador de serviços, sob o argumento de que o acompanhamento de tais ID colocaria a agência reguladora em posição de controle sobre as operações técnicas do prestador. Tal posição segue as recomendações da ABNT (2012), segundo a qual a avaliação dos serviços de água potável e de esgoto deve ser direcionada ao desempenho dos serviços, à satisfação dos usuários e ao cumprimento dos objetivos para os serviços, e não aos meios utilizados ou detalhes da organização. Mesmo com a proposta da agência reguladora de não propor valores de referência ou metas de desempenho, os ID não foram recebidos e excluídos do sistema.

Da mesma forma considerou-se os ID *ASE-02: Custo unitário com energia elétrica*, *ASE-03: Custo unitário com pessoal* e *ASE-04: Custo unitário com produtos químicos* como aspectos que transcendem o limite de atuação da agência reguladora, permanecendo apenas o ID *ASE-01: Custo unitário de tratamento de água*. Embora a maioria dos ID do critério *custo* tenham

sido excluídos, em muitos estudos esse tipo de ID tem sido apontado como de grande relevância. Braadbaart (2007) destacou o custo unitário do serviço como o indicador econômico mais importante na avaliação de sistema de abastecimento de água. Marques e Simões (2008, p. 1.043) afirmam ainda que é quase impossível separar a regulação da qualidade do serviço da regulação econômica. Por fim, considerou-se que os dados de custo discriminados por tipo poderão ser solicitados pela agência reguladora quando verificado que o custo total encontra-se acima do esperado, bem como para revisões tarifárias previstas no Art. 38 da Lei 11.445 (BRASIL, 2007).

Após tais modificações, o sistema de avaliação de desempenho foi reduzido a três temas: *saúde pública*, *infraestrutura* e *economia*. Os temas *meio ambiente* e *gestão de pessoas* foram excluídos por falta de ID. Ao todo, foram excluídos 17 dos 34 indicadores inicialmente propostos.

### **5.2.3 Definição de valores de referência, metas de desempenho e informações de contexto**

Os valores de referência e as metas de desempenho para os ID do tema *saúde pública*, critério *controle do monitoramento*, são apresentados na Tabela 5.7. O atendimento ao número requerido de análises é importante para assegurar a representatividade e a confiabilidade dos ID relacionados aos percentuais de atendimento. Além disso, permitem inferir sobre a continuidade e a priorização do monitoramento por parte do prestador. As análises se referem a amostragens realizadas na saída da ETA, após o tanque de contato. Exceção faz-se às análises de turbidez, para as quais a amostragem deve ser realizada no efluente dos filtros (afluente à etapa de desinfecção). Adotando a mesma recomendação para cálculo do percentual de atendimento ao valor máximo permitido (VMP), parágrafo terceiro do Art. 27, e o disposto no parágrafo segundo do art. 41 da Portaria 2.914 (BRASIL, 2011a), as amostras provenientes de recoletas não devem ser computadas.

Para o cálculo desses ID é necessário o registro de todas as análises. Cabe aqui destacar a distinção entre amostras coletadas e amostras analisadas, uma vez que esses ID consideram apenas as segundas, independente do resultado das mesmas atender ou não às metas de desempenho. Os valores de referência apresentados na Tabela 5.7 foram expressos, preferencialmente, em número de análises por tempo de operação (ao invés de número de análises por mês) para atender a estações com períodos de operação diários distintos,

principalmente às vinculadas a sistema de abastecimento de pequeno porte. Logo, o número requerido de análises mensais (valor de referência) para determinado ID poderá diferir entre estações caso os períodos de funcionamento diário também sejam diferentes.

**Tabela 5.7.** Valores de referência e metas de desempenho propostas para ID do tema *saúde pública*, critério *controle do monitoramento*

| Código | Indicador de desempenho                                             | Valor de referência                 | Meta de desempenho proposta (%) | Meta de desempenho legal (%)   |
|--------|---------------------------------------------------------------------|-------------------------------------|---------------------------------|--------------------------------|
| ASP-01 | Atendimento ao número requerido de análises de coliformes totais    | 4 análises semanais <sup>(1)</sup>  | 100                             | 100 (para 2 análises semanais) |
| ASP-02 | Atendimento ao número requerido de análises de cloro residual livre | 1 análise a cada 2 h <sup>(2)</sup> | 100                             | 100                            |
| ASP-03 | Atendimento ao número requerido de análises de turbidez             | 1 análise a cada 2 h <sup>(2)</sup> | 100                             | 100                            |
| ASP-04 | Atendimento ao número requerido de análises de cor aparente         | 1 análise a cada 2 h <sup>(2)</sup> | 100                             | 100                            |
| ASP-05 | Atendimento ao número requerido de análises de pH                   | 1 análise a cada 2 h <sup>(2)</sup> | 100                             | 100                            |
| ASP-06 | Atendimento ao número requerido de análises de fluoreto             | 1 análise a cada 2 h <sup>(2)</sup> | 100                             | 100                            |

Legenda: <sup>1</sup> Recomendado no anexo XIII da Portaria 2.914 (BRASIL, 2011a). <sup>2</sup> Estabelecido no anexo XII da Portaria 2.914.

Ainda em relação aos ID do tema *saúde pública*, critério *qualidade da água*, são apresentados na Tabela 5.8. Conforme disposto no parágrafo quarto do Art. 27 da Portaria 2.914 (BRASIL, 2011a), o resultado negativo para coliformes totais das recoletas não anula o resultado originalmente positivo no cálculo dos percentuais de amostras com resultado positivo. Portanto, no registro dos resultados das análises deve ser previsto campo para descrever se a amostra em questão é oriunda de coleta rotineira ou procedimento de coleta. Com relação à concentração de cloro livre na saída da estação, propõe-se o valor máximo de referência de 2,0 mg L<sup>-1</sup> em 95 % das análises, não ultrapassando 3,0 mg L<sup>-1</sup>. O limite máximo estabelecido pela Portaria 2.914 é de 5,0 mg L<sup>-1</sup>, em decorrência do risco químico (anexo VII). Todavia, acredita-se que este valor é relativamente alto, concorrendo para a rejeição da população pelo forte sabor conferido à água, mesmo em concentrações menores (ex. 4 mg L<sup>-1</sup>).

**Tabela 5.8.** Valores de referência e metas de desempenho propostas para os ID do tema *saúde pública*, critério *qualidade da água*

| Código   | Indicador de desempenho                                                          | Valor de referência                                                                 | Meta de desempenho proposta (%)                             | Meta de desempenho legal (%)                                |
|----------|----------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|
| ASP-07   | Atendimento ao valor de referência de coliformes totais                          | Ausência em 100 mL <sup>(1)</sup>                                                   | 100 %                                                       | 100 %                                                       |
| ASP-08-a | Atendimento ao valor de referência de cloro residual livre                       | Entre 0,2 mg L <sup>-1</sup> <sup>(2)</sup> e 2,0 mg L <sup>-1</sup> <sup>(3)</sup> | 95 %                                                        | 100 %                                                       |
| ASP-08-b |                                                                                  | Entre 0,2 mg L <sup>-1</sup> e 3,0 mg L <sup>-1</sup>                               | 100 %                                                       | (entre 0,2 e 5,0 mg L <sup>-1</sup> )                       |
| ASP-09   | Atendimento ao valor de referência de turbidez da água filtrada – 0,5 uT         | Máximo de 0,5 uT <sup>(4)</sup>                                                     | 25 % (2013),<br>50 % (2014),<br>75 % (2015),<br>95 % (2016) | 25 % (2013),<br>50 % (2014),<br>75 % (2015),<br>95 % (2016) |
| ASP-10   | Atendimento ao valor de referência de turbidez da água filtrada – 1,0 uT         | Máximo de 1,0 uT <sup>(4)</sup>                                                     | 100%                                                        | 100%                                                        |
| ASP-11   | Atendimento ao valor de referência de cor aparente                               | Máximo de 10 uH <sup>(5)</sup>                                                      | 100 %                                                       | 100 %<br>(máximo de 15 uH)                                  |
| ASP-12   | Atendimento ao valor de referência de pH                                         | Entre 6 e 8,5 <sup>(6)</sup>                                                        | 100 %                                                       | 100 %<br>(entre 6 e 9,5)                                    |
| ASP-13-a | Atendimento ao valor de referência de fluoreto                                   | Entre 0,6 mg L <sup>-1</sup> e 0,8 mg L <sup>-1</sup> <sup>(7)</sup>                | 75 % (2015)<br>e 95 % (2016)                                | 100 %                                                       |
| ASP-13-b |                                                                                  | Entre 0,6 mg L <sup>-1</sup> e 1,5 mg L <sup>-1</sup> <sup>(8)</sup>                | 100 %                                                       | (entre 0,6 e 1,5 mg L <sup>-1</sup> )                       |
| ASP-14   | Atendimento simultâneo aos valores de referência de turbidez e coliformes totais | Turbidez < 1,0 uT a partir de 2013                                                  | 100 %                                                       | 100 %                                                       |
|          |                                                                                  | Turbidez < 0,5 uT a partir de 2015                                                  |                                                             | (2013 e 2014);                                              |
|          |                                                                                  | (valor de referência do ID ASP-10)                                                  |                                                             | 75 % (2015);<br>95 % (2016)                                 |
| ASP-15   | Atendimento global à meta de potabilidade                                        | Turbidez < 1,0 uT a partir de 2013                                                  | 95 %                                                        | 25 % (2013),                                                |
|          |                                                                                  | Turbidez < 0,5 uT a partir de 2015                                                  |                                                             | 50 % (2014),                                                |
|          |                                                                                  | (valores de referência dos ID ASP-07, ASP-08, ASP-11, ASP-12 e ASP-13)              |                                                             | 75 % (2015),<br>95 % (2016)                                 |

Legenda: <sup>1</sup> Na saída do tratamento, estabelecido no anexo I da Portaria 2.914 (BRASIL, 2011a). <sup>2</sup> No sistema de distribuição, estabelecido no art. 34 da Portaria 2.914. <sup>3</sup> Recomendado no parágrafo segundo do art. 39 da Portaria 2.914. <sup>4</sup> Estabelecido no anexo III da Portaria 2.914. <sup>5</sup> O padrão organoléptico estabelecido no anexo X da Portaria 2.914 é de 15 uH no sistema de distribuição. <sup>6</sup> Intervalo estabelecido pela USEPA (2009). <sup>7</sup> Intervalo recomendado, quadro 1 da Portaria 635 (BRASIL, 1975). <sup>8</sup> No sistema de distribuição, estabelecido no anexo VII da Portaria 2.914.

Embora os limites estabelecidos pelas legislações brasileira e americana remetam ao valor de 15 uH no sistema de distribuição, a meta de desempenho para cor aparente foi definida como 10 uH na saída das estações tendo em vista a capacidade das ETA de atender tal valor de referência. A justificativa prende-se à relação da cor aparente com a presença de compostos de natureza orgânica que, associados a certos compostos de cloro, podem gerar subprodutos

indesejados, dos quais os mais conhecidos são os trihalometanos. Dada a preocupação crescente com subprodutos da desinfecção, optou-se por restringir o valor de referência. A restrição da meta não deve dificultar sobremaneira o seu atendimento pelas ETA avaliadas, uma vez que a cor aparente das águas brutas é relativamente baixa.

Os procedimentos para fluoretação são estabelecidos pela Portaria 635, do Ministério da Saúde (BRASIL, 1975). A concentração recomendada de fluoreto é dependente da temperatura do ar na região abastecida. Considerando a média das temperaturas máximas diárias município de referência de 26,6 °C (INMET, 2013), o valor recomendado de fluoreto é de 0,7 mg L<sup>-1</sup>, podendo variar entre 0,6 e 0,8 mg L<sup>-1</sup>, conforme o Art. 4 e quadro 1 da Portaria 635. Apesar da baixa reatividade do íon fluoreto no sistema de abastecimento, a faixa de valores recomendada é relativamente estreita, dificultando o atendimento pleno. Portanto, propuseram-se diferentes metas para os percentuais de atendimento: metas mais restritivas (100 %) para intervalos mais flexíveis (0,6 mg L<sup>-1</sup> a 1,5 mg L<sup>-1</sup>) e metas menos restritivas (75 e 95 %) para intervalos mais estreitos (0,6 mg L<sup>-1</sup> a 0,8 mg L<sup>-1</sup>).

O ID ASP-14: *Atendimento simultâneo aos valores de referência de turbidez e de coliformes totais* visa verificar a qualidade da água sob o ponto de vista, principalmente, sanitário. Os micro-organismos patogênicos de interesse no tratamento de água são representados por três grupos: cistos e oocistos de protozoários, bactérias e vírus. Os micro-organismos do primeiro grupo, em razão de suas dimensões, são removidos predominantemente na etapa de filtração, sendo a turbidez o principal parâmetro de monitoramento de eficiência. Já as bactérias e vírus são inativados na etapa de desinfecção por processos físico-químicos, sendo a concentração de coliformes totais o parâmetro de referência para a verificação da qualidade do efluente. Logo, com o atendimento simultâneo aos valores de referência de turbidez e coliformes totais, espera-se ainda favorecer a remoção/inativação desses patógenos e a eficácia das duas etapas. A frequência de coleta de dados de turbidez e coliformes totais para cálculo do ID deverá ser de quatro vezes por semana, menor intervalo de amostragem dentre os parâmetros aqui considerados. A meta de turbidez adotada é 1,0 uT até 2014 e 0,5 uT a partir de 2015, requerendo os resultados de todas as análises, não sendo tolerados dados faltantes.

A verificação do atendimento simultâneo aos valores de referência de qualidade dos seis parâmetros é realizada por meio do cálculo do ID ASP-15: *Atendimento geral às metas de qualidade de água*. Sua determinação é baseada em análises de turbidez, cor aparente, cloro, fluoreto e pH realizadas paralelamente às análises de coliformes totais, devido à menor

frequência de amostragem deste último. Portanto, mesmo que o intervalo de análise de turbidez e dos demais parâmetros seja de 2 h, serão utilizados apenas quatro resultados de análises de cada parâmetro no cálculo do ID.

O ID relacionado à sustentabilidade da infraestrutura é apresentado na Tabela 5.9. Para o ID *ASI-01: Capacidade hidráulica de tratamento* não foi definida meta de atendimento, uma vez que este ID depende de fatores tanto internos (vazão de projeto) como externos (vazão demandada). A análise dos valores deste ID deverá ser realizada por meio da comparação com o valor de referência (indicando subcarga ou sobrecarga) e com séries históricas para verificação de tendência, conforme descrito no item 4.4. A vazão máxima afluyente a cada estação deverá ser acordada entre a agência reguladora e o prestador do serviço, não sendo necessariamente igual à vazão de projeto.

**Tabela 5.9.** Valores de referência e meta de desempenho proposta para o ID do tema infraestrutura, critério adequação com a capacidade

| Código | Indicador de desempenho             | Valor de referência | Meta de desempenho proposta (%)                     |
|--------|-------------------------------------|---------------------|-----------------------------------------------------|
| ASI-01 | Capacidade hidráulica de tratamento | 100 %               | 100 %, se a ETA estiver operando com sobrecarga.    |
|        |                                     |                     | Indefinido, se a ETA estiver operando com subcarga. |

A agência reguladora e o prestador de serviço trabalham com as informações de custo tendo como base o conceito de empresa de referência, não demandando, portanto, a utilização de indicadores de custo no âmbito da avaliação de desempenho das estações. No entanto, em reunião com ambos, foi decidido que seria mantido o cálculo do ID relacionado ao custo total da água tratada, como uma informação complementar importante. O parâmetro de desempenho deverá ser utilizado na avaliação das estações de tratamento de água apenas com fim informativo.

Caberá ao prestador de serviço fornecer as informações de contexto apresentadas na Tabela 5.10. Uma vez que o prestador de serviços repasse estas informações, o mesmo está dispensado da apresentação no mês seguinte, a menos que haja modificação em algum item. Um exemplo de ficha descritiva para as informações de contexto é apresentado no APÊNDICE D. Recomenda-se que os documentos enviados sigam a numeração apresentada na Tabela 5.10.

**Tabela 5.10.** Informações de contexto de ETA

|                                                                                                                                                    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>1. Localização</b>                                                                                                                              |
| 1.1. Endereço para correspondência                                                                                                                 |
| 1.2. Telefone e e-mail do responsável técnico                                                                                                      |
| <b>2. Descrição da ETA</b>                                                                                                                         |
| 2.1. Ano de início da operação                                                                                                                     |
| 2.2. Vazão de projeto ( $L\ s^{-1}$ )                                                                                                              |
| 2.3. Tempo diário médio de operação ( $h\ d^{-1}$ )                                                                                                |
| 2.4. Tecnologia de tratamento                                                                                                                      |
| 2.5. Fluxograma de operações e processos unitários de tratamento                                                                                   |
| 2.6. Descrição de operações e processos unitários de tratamento                                                                                    |
| 2.7. Layout da estação <sup>1</sup>                                                                                                                |
| 2.8. Descrição física das unidades (principais dimensões e equipamentos)                                                                           |
| 2.9. Número de funcionários                                                                                                                        |
| 2.10. Posicionamento da ETA no sistema de abastecimento (unidades existentes à montante e à jusante)                                               |
| 2.11. Justificativa da presença da ETA (somente aquelas de pequeno porte)                                                                          |
| <b>3. Características do manancial</b>                                                                                                             |
| 3.1. Nome                                                                                                                                          |
| 3.2. Localização do ponto de captação                                                                                                              |
| 3.3. Tipo de captação (reservatório de acumulação ou curso d'água)                                                                                 |
| 3.4. Vazão mínima de referência e vazão outorgada ( $L\ s^{-1}$ )                                                                                  |
| <b>4. Descrição das reformas</b>                                                                                                                   |
| 4.1. Data de início e fim (mm/aaaa)                                                                                                                |
| 4.2. Motivo (justificativa para a reforma)                                                                                                         |
| 4.3. Tipo de modificação                                                                                                                           |
| <b>5. Destino final de resíduos</b>                                                                                                                |
| 5.1. Descrição de operações e processos unitários de tratamento do efluente da lavagem de filtros (quando o processo ocorrer na estação) e do lodo |
| 5.2. Descrição física das unidades                                                                                                                 |
| 5.3. Se a destinação for inadequada, descrever as medidas tomadas para mitigação do problema e regularização.                                      |
| <b>6. Equipamentos de monitoramento de qualidade da água</b>                                                                                       |
| 6.1. Descrição de cada equipamento                                                                                                                 |
| 6.2. Frequência de manutenção e/ou calibração recomendada                                                                                          |
| 6.3. Frequência de manutenção e/ou calibração adotada                                                                                              |

Legenda: <sup>1</sup> O formato do layout será definido por decisão conjunta entre a agência reguladora e o prestador.

### 5.3 Aplicação do sistema de indicadores de desempenho

#### 5.3.1 Processamento de dados de monitoramento

Um resumo da análise de *outliers* é apresentado na Tabela 5.11. A maior proporção de valores extremos foi verificada para a ETA C, parâmetro cloro livre, atingindo 16 %. Já as menores proporções foram para as ETA E e F, permanecendo abaixo de 2 % para os parâmetros considerados. Com base nas proporções de dados excluídos pode-se afirmar que os resultados da avaliação de desempenho não serão afetados de forma considerável.

Na análise estática, a remoção de *outliers* reduz a incidência de indicadores com desempenho aquém das metas, já que se trata de uma comparação direta entre valores observados e estabelecidos. As análises dinâmica e comparativa, porém, deram-se por meio de testes não paramétricos (Mann-Kendal e Kruskal-Wallis, respectivamente), que não consideram a

magnitude dos valores, apenas a ordem. Por conseguinte acredita-se que as alterações foram desprezíveis.

**Tabela 5.11.** *Outliers* identificados no banco de dados segundo tipo de parâmetro e ETA

| ETA                           | Estatística        | Valor do parâmetro                   |                                   |      | Número de <i>outliers</i> excluídos |          |        |
|-------------------------------|--------------------|--------------------------------------|-----------------------------------|------|-------------------------------------|----------|--------|
|                               |                    | Cloro livre<br>(mg L <sup>-1</sup> ) | Fluoreto<br>(mg L <sup>-1</sup> ) | pH   | Cloro<br>livre                      | Fluoreto | pH     |
| <b>A</b>                      | Percentil 25       | 1,75                                 | 0,72                              | 7,24 |                                     |          |        |
|                               | Percentil 75       | 1,85                                 | 0,81                              | 7,61 |                                     |          |        |
|                               | AIQ <sup>(1)</sup> | 0,10                                 | 0,09                              | 0,37 |                                     |          |        |
|                               | Limite mínimo      | 1,61                                 | 0,60                              | 6,68 | 172                                 | 29       | 40     |
|                               | Limite máximo      | 1,99                                 | 0,94                              | 8,16 | 167                                 | 132      | 34     |
|                               | Total              |                                      |                                   |      | 339                                 | 161      | 74     |
| Percentual de <i>outliers</i> |                    |                                      |                                   |      | 11 %                                | 4,5 %    | 2,3 %  |
| <b>B</b>                      | Percentil 25       | 1,23                                 | 0,78                              | 7,20 |                                     |          |        |
|                               | Percentil 75       | 1,30                                 | 0,83                              | 7,47 |                                     |          |        |
|                               | AIQ                | 0,07                                 | 0,05                              | 0,27 |                                     |          |        |
|                               | Limite mínimo      | 1,13                                 | 0,70                              | 6,79 | 25                                  | 61       | 39     |
|                               | Limite máximo      | 1,40                                 | 0,90                              | 7,87 | 59                                  | 61       | 40     |
|                               | Total              |                                      |                                   |      | 84                                  | 122      | 79     |
| Percentual de <i>outliers</i> |                    |                                      |                                   |      | 4,0 %                               | 5,8 %    | 3,8 %  |
| <b>C</b>                      | Percentil 25       | 1,30                                 | 0,77                              | 6,79 |                                     |          |        |
|                               | Percentil 75       | 1,46                                 | 0,83                              | 7,32 |                                     |          |        |
|                               | AIQ                | 0,16                                 | 0,06                              | 0,53 |                                     |          |        |
|                               | Limite mínimo      | 1,06                                 | 0,68                              | 6,00 | 4                                   | 19       | 2      |
|                               | Limite máximo      | 1,70                                 | 0,92                              | 8,12 | 343                                 | 18       | 16     |
|                               | Total              |                                      |                                   |      | 347                                 | 37       | 18     |
| Percentual de <i>outliers</i> |                    |                                      |                                   |      | 16 %                                | 1,7 %    | 0,83 % |
| <b>D</b>                      | Percentil 25       | 1,28                                 | 0,79                              | 7,58 |                                     |          |        |
|                               | Percentil 75       | 1,41                                 | 0,83                              | 7,87 |                                     |          |        |
|                               | AIQ                | 0,13                                 | 0,05                              | 0,29 |                                     |          |        |
|                               | Limite mínimo      | 1,07                                 | 0,72                              | 7,14 | 20                                  | 52       | 54     |
|                               | Limite máximo      | 1,61                                 | 0,90                              | 8,30 | 108                                 | 56       | 42     |
|                               | Total              |                                      |                                   |      | 128                                 | 108      | 96     |
| Percentual de <i>outliers</i> |                    |                                      |                                   |      | 3,8 %                               | 3,3 %    | 2,9 %  |
| <b>E</b>                      | Percentil 25       | 1,52                                 | 0,75                              | 7,08 |                                     |          |        |
|                               | Percentil 75       | 1,70                                 | 0,83                              | 7,30 |                                     |          |        |
|                               | AIQ                | 0,18                                 | 0,08                              | 0,22 |                                     |          |        |
|                               | Limite mínimo      | 1,25                                 | 0,63                              | 6,75 | 0                                   | 1        | 6      |
|                               | Limite máximo      | 1,97                                 | 0,94                              | 7,63 | 17                                  | 14       | 15     |
|                               | Total              |                                      |                                   |      | 17                                  | 15       | 21     |
| Percentual de <i>outliers</i> |                    |                                      |                                   |      | 0,97 %                              | 0,86 %   | 1,2 %  |
| <b>F</b>                      | Percentil 25       | 1,25                                 | 0,75                              | -    |                                     |          |        |
|                               | Percentil 75       | 1,31                                 | 0,80                              | -    |                                     |          |        |
|                               | AIQ                | 0,06                                 | 0,05                              | -    |                                     |          |        |
|                               | Limite mínimo      | 1,16                                 | 0,68                              | -    | 28                                  | 6        | -      |
|                               | Limite máximo      | 1,40                                 | 0,88                              | -    | 3                                   | 12       | -      |
|                               | Total              |                                      |                                   |      | 31                                  | 18       | -      |
| Percentual de <i>outliers</i> |                    |                                      |                                   |      | 1,8 %                               | 1,0 %    | -      |

Legenda: <sup>1</sup> AIQ: amplitude interquartil.

Por fim, dois tipos de análises tendem a ser beneficiadas com a remoção de *outliers*: a análise de agrupamento e a análise de componentes principais, esta utilizada para avaliação do próprio conjunto de ID. Embora os dados tenham sido previamente padronizados, o efeito de *outliers* permaneceria caso não houvesse a remoção. Vieses maiores poderiam ser inclusos caso a análise de agrupamento utilizasse o método de encadeamento simples ou o encadeamento completo, ficando os resultados à mercê, respectivamente, de valores mínimos e máximos ignorados no processamento de dados.

Com relação ao tipo de dado disponibilizado pelo prestador de serviço, cabem ressalvas importantes. Como os dados de monitoramento de qualidade de água estão expressos como médias diárias, o cálculo dos ID relacionados ao critério *controle do monitoramento* foi adaptado. Para tal, considerou-se o número requerido de análises como uma análise por dia para todas as ETA, resultando em 30 registros por mês como meta requerida. A única exceção foi o ID *ASP-01: Atendimento ao número requerido de análises de coliformes totais*, uma vez que os valores de concentração de coliformes totais expressam resultados de análises individuais. Logo, o valor de referência (quatro análises semanais) não foi modificado e permaneceu como sendo de 16 análises mensais para todas as ETA.

A estratégia mencionada inicialmente, adotada para o cálculo dos ID *ASP-02, ASP-03, ASP-04, ASP-05 e ASP-06*, permite superestimar ou subestimar os valores dos ID. Uma superestimativa pode ocorrer, por exemplo, se apenas uma de 10 análises, em cada dia, for realizada ao longo do mês. Nesse caso, haveria 30 registros por mês, possibilitando 100 % de atendimento ao número requerido mensal (ao invés dos 10 % “reais”). Valores subestimados podem ocorrer se o número de análises realizadas diariamente for superior ao valor requerido. Mesmo com a realização de vinte análises diárias, haveria somente 30 registros por mês, possibilitando 100 % de atendimento ao número requerido mensal, quando na verdade o percentual correto estaria situado acima de 100 %.

Quanto aos ID referentes ao critério qualidade de água, a adoção de médias diárias reduz a amplitude de variação, conduzindo a menores valores máximos e maiores valores mínimos. Por conseguinte, o número de *outliers* detectados e as violações dos valores de referência tendem a ser menores ao passo que os valores do ID aumentam, aparentando melhor desempenho.

O ID ASP-09: *Atendimento ao valor de referência de turbidez da água filtrada (0,5 uT)* possui meta de atendimento de 25 % prevista para 2013. Porém, esse limite foi utilizado para avaliar as ETA em períodos anteriores a fim de que as mesmas pudessem ser avaliadas quanto a este quesito. O mesmo ocorreu para o ID ASP-13-a: *Atendimento ao valor de referência de fluoreto*, cuja metas de atendimento de 75 % foi prevista para ser implantada apenas em 2015.

Apesar das ETA terem sido avaliadas com metas mais rigorosas para alguns ID, a operação e coleta dos dados de monitoramento deram-se em período em que os limites eram mais flexíveis, ou seja, a pressão para atingir bom desempenho era menor. Tendo em vista tais peculiaridades, os resultados expostos nos itens 5.3.3 (Análise estática), 5.3.4 (Análise dinâmica), 5.3.5 (Análise comparativa) e 5.4 (Avaliação do sistema de indicadores de desempenho) deverão ser analisados com cautela em vista dos vieses apresentados anteriormente.

Por fim, ao final da etapa de processamento de dados, verificou-se que, por falta de dados disponíveis, os seguintes ID não puderam ser computados:

- ETA B: ID ASP-01, ASP-07, ASP-14 e ASP-15 (sem dados de coliformes totais);
- ETA E: ID ASP-01, ASP-07, ASP-14 e ASP-15 (sem dados de coliformes totais);
- ETA F: ID ASP-01, ASP-07, ASP-14, ASP-15 (sem dados de coliformes totais), ASP-05 e ASP-12 (sem dados de pH).

### **5.3.2 Informações de contexto**

As informações de contexto foram empregadas para interpretação dos resultados dos ID. Todavia, para preservar a identidade das ETA e do prestador de serviço, tais informações não serão apresentadas integralmente neste item. Conforme a demanda, informações específicas serão expostas em momentos oportunos para enriquecer a discussão e auxiliar na interpretação dos resultados. Conforme citado anteriormente, no APÊNDICE D é proposto um formulário para coleta das informações da Tabela 5.12 à Tabela 5.17 são apresentadas as informações de contexto referentes às ETA.

Tabela 5.12. Informações de contexto da ETA A

(continua)

|                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                                            |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>ETA A</b>                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                                            |
| <b>2. Descrição da ETA</b>                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                                            |
| Ano de início de operação: 1959                                                                                                                                                                                                                                              |                                                                                                                                    | Vazão de projeto ( $L s^{-1}$ ): 2.800                                                                                                                                                                     |
| Tempo diário médio de operação (horas): -                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                    | Número de funcionários: -                                                                                                                                                                                  |
| Tecnologia de tratamento: <i>tratamento convencional com flotação</i>                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                                            |
| Mistura rápida                                                                                                                                                                                                                                                               | <input checked="" type="checkbox"/> Hidráulica (Parshall)<br><input type="checkbox"/> Mecanizada                                   | Coagulante: -                                                                                                                                                                                              |
| Floculação                                                                                                                                                                                                                                                                   | <input type="checkbox"/> Hidráulica<br><input checked="" type="checkbox"/> Mecanizada                                              | Número de câmaras: 6 ( <i>duas séries de três câmaras em paralelo</i> )                                                                                                                                    |
| Outros processos                                                                                                                                                                                                                                                             | <input checked="" type="checkbox"/> Flotação                                                                                       | <i>Dois tanques em paralelo.</i><br><i>No período em que a água bruta apresenta melhor qualidade, há a possibilidade proceder ao tratamento apenas com a coagulação/floculação seguida pela filtração.</i> |
| Filtração                                                                                                                                                                                                                                                                    | <input type="checkbox"/> Pré-filtração<br><input checked="" type="checkbox"/> Rápida                                               | Número de filtros: 24                                                                                                                                                                                      |
|                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                                                                                                    | Taxa de filtração ( $m d^{-1}$ ): -                                                                                                                                                                        |
|                                                                                                                                                                                                                                                                              | <input type="checkbox"/> Ascendente<br><input checked="" type="checkbox"/> Descendente<br><input type="checkbox"/> Dupla filtração | Material do leito: -                                                                                                                                                                                       |
| Cloração                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                    | Desinfetante: -                                                                                                                                                                                            |
|                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                                                                                                    | Dose média aplicada ( $mg L^{-1}$ ): -                                                                                                                                                                     |
|                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                                                                                                    | Tempo de contato (min): -                                                                                                                                                                                  |
| Correção de pH                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                                                    | Composto: cal hidratada                                                                                                                                                                                    |
|                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                                                                                                    | Dose média aplicada ( $mg L^{-1}$ ): -                                                                                                                                                                     |
| Fluoretação                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                                                    | Composto: -                                                                                                                                                                                                |
|                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                                                                                                    | Dose média aplicada ( $mg L^{-1}$ ): -                                                                                                                                                                     |
| <b>3. Características do manancial</b>                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                                            |
| Tipo de captação:                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                    | <input checked="" type="checkbox"/> Reservatório de acumulação<br><input checked="" type="checkbox"/> Curso d'água                                                                                         |
| <b>4. Descrição das reformas</b>                                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                                            |
| <b>Reforma 1</b>                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                                            |
| Data de início (mm/aaaa): 05/1986                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                    | Data de conclusão (mm/aaaa): 05/1986                                                                                                                                                                       |
| Motivo (justificativa para a reforma): -                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                                            |
| Tipo de modificação:<br><i>24 filtros foram reformados e passaram a funcionar com o sistema de vigas californianas e filtração com taxa declinante variável, com vazão máxima limitada por placa de orifício instalada na saída da tubulação de água filtrada de filtro.</i> |                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                                            |
| <b>Reforma 2</b>                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                                            |
| Data de início (mm/aaaa): 1996                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                                                    | Data de conclusão (mm/aaaa): 1996                                                                                                                                                                          |
| Motivo (justificativa para a reforma): -                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                                            |
| Tipo de modificação:<br><i>Reforma na base de todos os filtros com a implantação do sistema de drenagem por tubulações perfuradas. A partir desse ano foi adotada a lavagem com ar e água.</i>                                                                               |                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                                            |
| <b>Reforma 3</b>                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                                            |
| Data de início (mm/aaaa): 2006                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                                                    | Data de conclusão (mm/aaaa): 2006                                                                                                                                                                          |
| Motivo (justificativa para a reforma):                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                                            |
| <i>Reduzir a carga de sólidos, principalmente algas, afluente aos filtros e aumentar a eficiência.</i>                                                                                                                                                                       |                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                                            |
| Tipo de modificação:<br><i>Mudança da tecnologia de filtração direta (coagulação, floculação e filtração) para a convencional com flotação. A reforma compreendeu a implantação de um bloco hidráulico com unidades de pré-tratamento.</i>                                   |                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                                            |

**Tabela 5.12.** Informações de contexto da ETA A

(conclusão)

| <b>Reforma 4</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                   |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------|
| Data de início (mm/aaaa): 2006                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | Data de conclusão (mm/aaaa): 2006 |
| Motivo (justificativa para a reforma): -                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                   |
| Tipo de modificação:<br><i>Mudança do leito filtrante dos 24 filtros, com a substituição do leito de maior granulometria por leito duplo de areia com granulometria mais fina (0,5 a 0,6 mm) e de antracito (0,95 a 1,05mm). Todavia, o leito de granulometria grossa foi repostado em 18 filtros em vista da perda considerável de leito filtrante que houve após a primeira modificação. Foi também realizada a substituição do sistema coletor de água filtrada e do distribuidor de ar e água para lavagem dos filtros para blocos Leopold e a eliminação poço de visita.</i> |                                   |
| <b>5. Destino final de resíduos</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                   |
| Descrição de operações e processos unitários de tratamento do efluente da lavagem de filtros (quando o processo ocorrer na estação) e descrição física das unidades.<br><i>A água de lavagem dos filtros é enviada para uma caixa de passagem e segue por gravidade até o reservatório de recirculação. Este é provido de misturadores com hélice para impedir a sedimentação. A água então retorna para câmara de chegada de água bruta.</i>                                                                                                                                     |                                   |
| Descrição de operações e processos unitários de tratamento do lodo (quando o processo ocorrer na estação) e descrição física das unidades.<br><i>O lodo oriundo da flotação é destinado a dois decantadores centrífugos e a torta produzida coletada em caçambas e disposta em uma cascalheira desativada.</i>                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                   |

**Tabela 5.13.** Informações de contexto da ETA B

| <b>ETA B</b>                                                                                                                                                                                   |                                                                                                         |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>2. Descrição da ETA</b>                                                                                                                                                                     |                                                                                                         |
| Ano de início de operação: -                                                                                                                                                                   | Vazão de projeto ( $L s^{-1}$ ): 165                                                                    |
| Tempo diário médio de operação (horas): -                                                                                                                                                      | Número de funcionários: -                                                                               |
| Tecnologia de tratamento: <i>tratamento convencional</i>                                                                                                                                       |                                                                                                         |
| <b>3. Características do manancial</b>                                                                                                                                                         |                                                                                                         |
| Tipo de captação:                                                                                                                                                                              | <input type="checkbox"/> Reservatório de acumulação<br><input checked="" type="checkbox"/> Curso d'água |
| <b>4. Descrição das reformas</b>                                                                                                                                                               |                                                                                                         |
| A estação não sofreu modificações relevantes desde sua construção.                                                                                                                             |                                                                                                         |
| <b>5. Destino final de resíduos</b>                                                                                                                                                            |                                                                                                         |
| Descrição de operações e processos unitários de tratamento do efluente da lavagem de filtros (quando o processo ocorrer na estação) e descrição física das unidades.<br><i>Não disponível.</i> |                                                                                                         |
| Descrição de operações e processos unitários de tratamento do lodo (quando o processo ocorrer na estação) e descrição física das unidades.<br><i>Não disponível.</i>                           |                                                                                                         |

**Tabela 5.14.** Informações de contexto da ETA C

(continua)

| <b>ETA C</b>                                             |                                                                                                         |
|----------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>2. Descrição da ETA</b>                               |                                                                                                         |
| Ano de início de operação: 1990                          | Vazão de projeto ( $L s^{-1}$ ): 60                                                                     |
| Tempo diário médio de operação (horas): -                | Número de funcionários: -                                                                               |
| Tecnologia de tratamento: <i>tratamento convencional</i> |                                                                                                         |
| <b>3. Características do manancial</b>                   |                                                                                                         |
| Tipo de captação:                                        | <input type="checkbox"/> Reservatório de acumulação<br><input checked="" type="checkbox"/> Curso d'água |

**Tabela 5.14.** Informações de contexto da ETA C

(conclusão)

|                                                                                                                                                                                                |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>4. Descrição das reformas</b>                                                                                                                                                               |
| A estação não sofreu modificações relevantes desde sua construção.                                                                                                                             |
| <b>5. Destino final de resíduos</b>                                                                                                                                                            |
| Descrição de operações e processos unitários de tratamento do efluente da lavagem de filtros (quando o processo ocorrer na estação) e descrição física das unidades.<br><i>Não disponível.</i> |
| Descrição de operações e processos unitários de tratamento do lodo (quando o processo ocorrer na estação) e descrição física das unidades.<br><i>Não disponível.</i>                           |

**Tabela 5.15.** Informações de contexto da ETA D

|                                                                                                                                                                                                |                                                                                                                                    |                                                                                                                                |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>ETA D</b>                                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                    |                                                                                                                                |
| <b>2. Descrição da ETA</b>                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                    |                                                                                                                                |
| Ano de início de operação: 1988                                                                                                                                                                |                                                                                                                                    | Vazão de projeto ( $L s^{-1}$ ): 36                                                                                            |
| Tempo diário médio de operação (horas): -                                                                                                                                                      |                                                                                                                                    | Número de funcionários: -                                                                                                      |
| Tecnologia de tratamento: <i>tratamento convencional</i>                                                                                                                                       |                                                                                                                                    |                                                                                                                                |
| Mistura rápida                                                                                                                                                                                 | <input checked="" type="checkbox"/> Hidráulica (Parshall)<br><input type="checkbox"/> Mecanizada                                   | Coagulante: -                                                                                                                  |
| Floculação                                                                                                                                                                                     | <input checked="" type="checkbox"/> Hidráulica<br><input type="checkbox"/> Mecanizada                                              | <i>Floculador de bandejas perfuradas com oito câmaras, de 1,30 m de diâmetro e 2,90 m de altura, e cinco bandejas em cada.</i> |
| Decantação                                                                                                                                                                                     | <input type="checkbox"/> Convencional<br><input checked="" type="checkbox"/> Alta taxa                                             | Número de decantadores: 2<br>Taxa de aplicação superficial ( $m d^{-1}$ ): 196                                                 |
| Filtração                                                                                                                                                                                      | <input type="checkbox"/> Pré-filtração<br><input checked="" type="checkbox"/> Rápida                                               | Número de filtros: 8<br>Taxa de filtração ( $m d^{-1}$ ): 260                                                                  |
|                                                                                                                                                                                                | <input type="checkbox"/> Ascendente<br><input checked="" type="checkbox"/> Descendente<br><input type="checkbox"/> Dupla filtração | Material do leito: -                                                                                                           |
|                                                                                                                                                                                                |                                                                                                                                    |                                                                                                                                |
| Cloração                                                                                                                                                                                       |                                                                                                                                    | Desinfetante: -                                                                                                                |
|                                                                                                                                                                                                |                                                                                                                                    | Dose média aplicada ( $mg L^{-1}$ ): -                                                                                         |
|                                                                                                                                                                                                |                                                                                                                                    | Tempo de contato (min): -                                                                                                      |
| Correção de pH                                                                                                                                                                                 |                                                                                                                                    | Composto: -                                                                                                                    |
|                                                                                                                                                                                                |                                                                                                                                    | Dose média aplicada ( $mg L^{-1}$ ): -                                                                                         |
| Fluoretação                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                    | Composto: -                                                                                                                    |
|                                                                                                                                                                                                |                                                                                                                                    | Dose média aplicada ( $mg L^{-1}$ ): -                                                                                         |
| <b>3. Características do manancial</b>                                                                                                                                                         |                                                                                                                                    |                                                                                                                                |
| Tipo de captação:                                                                                                                                                                              |                                                                                                                                    | <input type="checkbox"/> Reservatório de acumulação<br><input checked="" type="checkbox"/> Curso d'água                        |
| <b>4. Descrição das reformas</b>                                                                                                                                                               |                                                                                                                                    |                                                                                                                                |
| A estação não sofreu modificações relevantes desde sua construção.                                                                                                                             |                                                                                                                                    |                                                                                                                                |
| <b>5. Destino final de resíduos</b>                                                                                                                                                            |                                                                                                                                    |                                                                                                                                |
| Descrição de operações e processos unitários de tratamento do efluente da lavagem de filtros (quando o processo ocorrer na estação) e descrição física das unidades.<br><i>Não disponível.</i> |                                                                                                                                    |                                                                                                                                |
| Descrição de operações e processos unitários de tratamento do lodo (quando o processo ocorrer na estação) e descrição física das unidades.<br><i>Não disponível.</i>                           |                                                                                                                                    |                                                                                                                                |

**Tabela 5.16.** Informações de contexto da ETA E

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                  |                                                                                                                                                                 |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>ETA E</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                                                                  |                                                                                                                                                                 |
| <b>2. Descrição da ETA</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                  |                                                                                                                                                                 |
| Ano de início de operação: 1986                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                  | Vazão de projeto ( $L s^{-1}$ ): 5.500                                                                                                                          |
| Tempo diário médio de operação (horas): -                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                  | Número de funcionários: -                                                                                                                                       |
| Tecnologia de tratamento: <i>filtração direta com pré-floculação</i>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                  |                                                                                                                                                                 |
| Mistura rápida                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | <input checked="" type="checkbox"/> Hidráulica (Parshall)<br><input type="checkbox"/> Mecanizada | Coagulante: <i>sulfato de alumínio</i>                                                                                                                          |
| Floculação                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | <input type="checkbox"/> Hidráulica<br><input checked="" type="checkbox"/> Mecanizada            | <i>Duas unidades de floculação mecanizada de eixo vertical, cada uma dotada de quatro câmaras de seção quadrada de 8,35 m de lado e 4,40 m de profundidade.</i> |
| Filtração                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | <input type="checkbox"/> Pré-filtração                                                           | Número de filtros: <i>associada a cada unidade de floculação, há uma bateria de sete filtros.</i>                                                               |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | <input checked="" type="checkbox"/> Rápida                                                       |                                                                                                                                                                 |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | <input type="checkbox"/> Ascendente                                                              | Taxa de filtração ( $m d^{-1}$ ): -                                                                                                                             |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | <input checked="" type="checkbox"/> Descendente<br><input type="checkbox"/> Dupla filtração      | Material do leito: -                                                                                                                                            |
| Cloração                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                  | Desinfetante: <i>cloro gasoso</i>                                                                                                                               |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                  | Dose média aplicada ( $mg L^{-1}$ ): -                                                                                                                          |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                  | Tempo de contato (min): -                                                                                                                                       |
| Correção de pH                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                  | Composto: <i>cal virgem</i>                                                                                                                                     |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                  | Dose média aplicada ( $mg L^{-1}$ ): -                                                                                                                          |
| Fluoretação                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                  | Composto: <i>ácido fluossilícico</i>                                                                                                                            |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                  | Dose média aplicada ( $mg L^{-1}$ ): -                                                                                                                          |
| <b>3. Características do manancial</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                  |                                                                                                                                                                 |
| Tipo de captação:                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                  | <input checked="" type="checkbox"/> Reservatório de acumulação<br><input type="checkbox"/> Curso d'água                                                         |
| <b>4. Descrição das reformas</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                  |                                                                                                                                                                 |
| <b>Reforma 1</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                  |                                                                                                                                                                 |
| Data de início (mm/aaaa): 1996                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                  | Data de conclusão (mm/aaaa): 1996                                                                                                                               |
| Motivo (justificativa para a reforma): -                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                  |                                                                                                                                                                 |
| Tipo de modificação:<br><i>A capacidade de tratamento foi ampliada de <math>4.000 L s^{-1}</math> para <math>6.000 L s^{-1}</math>. Porém o limite real situa-se em <math>5.500 L s^{-1}</math>.</i>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                  |                                                                                                                                                                 |
| <b>5. Destino final de resíduos</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                  |                                                                                                                                                                 |
| Descrição de operações e processos unitários de tratamento do efluente da lavagem de filtros (quando o processo ocorrer na estação) e descrição física das unidades.<br><i>A água de lavagem dos filtros é encaminhada para um tanque de acumulação, a partir do qual segue para adensadores, com aplicação de polímero aniônico. Dos adensadores, o concentrado segue para um tanque de equalização e, por fim, para os decantadores. O sobrenadante dos adensadores e decantadores retorna à unidade de mistura rápida à razão inferior a 5 % da vazão de água bruta. Após desidratação em duas centrífugas, o lodo dos decantadores é encaminhado para uma cascalheira desativada.</i> |                                                                                                  |                                                                                                                                                                 |
| Descrição de operações e processos unitários de tratamento do lodo (quando o processo ocorrer na estação) e descrição física das unidades.<br>-                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                  |                                                                                                                                                                 |

**Tabela 5.17.** Informações de contexto da ETA F

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                           |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>ETA F</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                           |
| <b>2. Descrição da ETA</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                           |
| Ano de início de operação: 2000                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                                                    | Vazão de projeto ( $L\ s^{-1}$ ): 640                                                                                                                                                     |
| Tempo diário médio de operação (horas): -                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                                                    | Número de funcionários: -                                                                                                                                                                 |
| Tecnologia de tratamento: <i>dupla filtração</i>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                           |
| Mistura rápida                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | <input checked="" type="checkbox"/> Hidráulica (injetor)<br><input type="checkbox"/> Mecanizada                                    | Coagulante: <i>sulfato de alumínio</i>                                                                                                                                                    |
| Floculação                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | <input type="checkbox"/> Hidráulica<br><input checked="" type="checkbox"/> Mecanizada                                              | <i>Duas unidades de floculação mecanizada de eixo vertical, cada uma dotada de quatro câmaras de seção quadrada de 8,35 m de lado e 4,40 m de profundidade.</i>                           |
| Filtração                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | <input type="checkbox"/> Pré-filtração<br><input checked="" type="checkbox"/> Rápida                                               | Número de filtros: <i>seis módulos de dupla filtração de seção circular. As unidades de escoamento ascendente apresentam diâmetro de 5,50 m e as de escoamento descendente de 4,50 m.</i> |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | <input type="checkbox"/> Ascendente<br><input type="checkbox"/> Descendente<br><input checked="" type="checkbox"/> Dupla filtração | Taxa de filtração ( $m\ d^{-1}$ ): 194 (ascendente) e 290 (descendente)                                                                                                                   |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                                                    | Material do leito: -                                                                                                                                                                      |
| Cloração                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                                    | Desinfetante: <i>cloro gasoso</i>                                                                                                                                                         |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                                                    | Dose média aplicada ( $mg\ L^{-1}$ ): -                                                                                                                                                   |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                                                    | Tempo de contato (min): -                                                                                                                                                                 |
| Correção de pH                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                                                    | Composto: <i>cal hidratada</i>                                                                                                                                                            |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                                                    | Dose média aplicada ( $mg\ L^{-1}$ ): -                                                                                                                                                   |
| Fluoretação                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                    | Composto: <i>ácido fluossilícico</i>                                                                                                                                                      |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                                                    | Dose média aplicada ( $mg\ L^{-1}$ ): -                                                                                                                                                   |
| <b>3. Características do manancial</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                           |
| Tipo de captação:                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | <input type="checkbox"/> Reservatório de acumulação<br><input checked="" type="checkbox"/> Curso d'água                            |                                                                                                                                                                                           |
| <b>4. Descrição das reformas</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                           |
| Tipo de modificação:<br>Não disponível.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                           |
| <b>5. Destino final de resíduos</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                           |
| <p>Descrição de operações e processos unitários de tratamento do efluente da lavagem de filtros (quando o processo ocorrer na estação) e descrição física das unidades.</p> <p><i>O dispêndio de água de lavagem dos filtros descendentes e o efluente das descargas de fundo intermediárias dos filtros de escoamento ascendente são desprezíveis em relação à vazão afluente. Esses efluentes são encaminhados para um tanque de equalização e posteriormente para adensadores onde a clarificação dá-se com a aplicação auxiliar de polímero. O sobrenadante dos adensadores e efluente da desidratação são retornados para um ponto à montante da unidade de mistura rápida. Após desidratação em centrífugas, também com o uso de polímeros, a torta é destinada para recuperação da área degradada em uma cascalheira desativada.</i></p> |                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                           |
| <p>Descrição de operações e processos unitários de tratamento do lodo (quando o processo ocorrer na estação) e descrição física das unidades.</p> <p>-</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                           |

### 5.3.3 Análise estática

No presente item foi avaliado o atendimento dos ID às respectivas metas de atendimento considerando a avaliação individual das ETA. O período analisado se estende de janeiro de 2002 a dezembro de 2011. Na Figura 5.5 são apresentados os percentuais de atendimento às metas de desempenho. Os valores devem ser analisados com cautela, principalmente para os

ID cujas metas de desempenho situam-se em 100 %, uma vez que os ID que permaneceram apenas um ponto percentual abaixo da meta ainda foram tratados como não atendimento. Por outro lado, o valor indicado permite expressar de maneira direta o percentual de meses em que a meta proposta foi atingida. Nos itens 5.3.3.1 a 5.3.3.6 são discutidos os resultados da avaliação de desempenho de cada ETA, acompanhados das estatísticas descritivas dos ID.

**Figura 5.5.** Percentual de atendimento às metas de desempenho segundo ETA e indicador de desempenho

| ID       | Meta              | ETA |                  |     |     |     |     |
|----------|-------------------|-----|------------------|-----|-----|-----|-----|
|          |                   | A   | B                | C   | D   | E   | F   |
| ASP-01   | 100               | 65  | - <sup>(a)</sup> | 60  | 16  | -   | -   |
| ASP-02   | 100               | 61  | 77               | 60  | 72  | 88  | 67  |
| ASP-03   | 100               | 94  | 97               | 88  | 95  | 97  | 100 |
| ASP-04   | 100               | 94  | 97               | 81  | 87  | 97  | 98  |
| ASP-05   | 100               | 70  | 78               | 75  | 71  | 72  | -   |
| ASP-06   | 100               | 65  | 51               | 61  | 56  | 83  | 74  |
| ASP-07   | 100               | 94  | -                | 99  | 85  | -   | -   |
| ASP-08-a | 95                | 100 | 100              | 100 | 100 | 100 | 100 |
| ASP-08-b | 100               | 100 | 100              | 100 | 100 | 100 | 100 |
| ASP-09   | 25                | 12  | 70               | 97  | 28  | 79  | 100 |
| ASP-10   | 100               | 17  | 46               | 94  | 31  | 48  | 93  |
| ASP-11   | 100               | 76  | 100              | 100 | 95  | 91  | 100 |
| ASP-12   | 100               | 100 | 100              | 100 | 100 | 100 | -   |
| ASP-13-a | 75                | 41  | 32               | 15  | 6   | 31  | 55  |
| ASP-13-b | 100               | 97  | 100              | 100 | 100 | 100 | 100 |
| ASP-14   | 100               | 19  | -                | 97  | 41  | -   | -   |
| ASP-15   | 95                | 1   | -                | 6   | 1   | -   | -   |
| ASI-01   | Na <sup>(b)</sup> | Na  | Na               | Na  | Na  | Na  | Na  |
| ASE-01   | Na                | Na  | Na               | Na  | Na  | Na  | Na  |

Legenda: <sup>a</sup> Os ID sem resultados não foram calculados por indisponibilidade de dados. <sup>b</sup> Não aplicável.

### 5.3.3.1 ETA A

As estatísticas descritivas dos ID da ETA A são apresentadas na Tabela 5.18 e os box-plot na Figura 5.6. Para o critério *controle do monitoramento*, os valores médios dos ID situaram-se próximos das metas de desempenho (100 %), com percentuais acima de 93 %. Destaque para o ID ASP-01: *Atendimento ao número requerido de análises de coliformes*, com média de 177 %, indicando a realização de análises para este parâmetro em número maior que o estabelecido. Observa-se que em mais da metade dos meses analisados o ID ultrapassou os 113 %. Por sua vez, analisando-se os coeficientes de variação do ID ASP-03 (9 %), o menor para este critério, pode-se inferir que se trata do parâmetro cujas análises são realizadas com maior regularidade, consequência da pequena variação exibida no número de análises mensais.

**Tabela 5.18.** Estatísticas descritivas dos indicadores de desempenho da ETA A

| ID       | Nº de dados | Média | Mediana | Mínimo | Máximo | CV (%) <sup>a</sup> |
|----------|-------------|-------|---------|--------|--------|---------------------|
| ASP-01   | 107         | 117   | 113     | 19     | 194    | 34                  |
| ASP-02   | 102         | 93    | 100     | 3      | 100    | 23                  |
| ASP-03   | 108         | 99    | 100     | 13     | 100    | 9                   |
| ASP-04   | 108         | 98    | 100     | 13     | 100    | 10                  |
| ASP-05   | 108         | 96    | 100     | 7      | 100    | 13                  |
| ASP-06   | 108         | 94    | 100     | 10     | 100    | 19                  |
| ASP-07   | 107         | 100   | 100     | 95     | 100    | 1                   |
| ASP-08-a | 102         | 100   | 100     | 100    | 100    | 0                   |
| ASP-08-b | 102         | 100   | 100     | 100    | 100    | 0                   |
| ASP-09   | 108         | 10    | 0       | 0      | 100    | 221                 |
| ASP-10   | 108         | 63    | 80      | 0      | 100    | 60                  |
| ASP-11   | 108         | 94    | 100     | 33     | 100    | 15                  |
| ASP-12   | 108         | 100   | 100     | 100    | 100    | 0                   |
| ASP-13-a | 108         | 71    | 70      | 0      | 97     | 24                  |
| ASP-13-b | 108         | 100   | 100     | 97     | 100    | 1                   |
| ASP-14   | 107         | 61    | 75      | 0      | 100    | 62                  |
| ASP-15   | 99          | 43    | 50      | 0      | 100    | 71                  |
| ASI-01   | 108         | 57    | 57      | 39     | 74     | 14                  |
| ASE-01   | 108         | 0,092 | 0,088   | 0,062  | 0,166  | 19                  |

Legenda: <sup>a</sup> coeficiente de variação

Quanto ao critério *qualidade da água*, o desempenho foi aquém daquele verificado no critério anterior. Os ID referentes aos parâmetros coliformes totais (*ASP-07*), cloro livre (*ASP-08-a* e *ASP-08-b*), pH (*ASP-12*) e fluoreto (*ASP-13-b*) atingiram média de 100 % de cumprimento dos valores de referência. Todavia, houve grande variação entre os ID desse critério, com valores médios na casa de 60 % para *ASP-10* e *ASP-14*, 43 % para *ASP-15*, e 10 % para *ASP-09*.

Para o ID *ASP-09*, a situação é crítica tendo em vista que, no período analisado, em mais da metade dos meses o valor do ID manteve-se nulo, chegando, inclusive, a violar o limite de 1,0 uT, conforme o ID *ASP-10*. É evidente que, baseado em seu histórico, a ETA enfrentará dificuldades para atendimento dos novos valores de referência de turbidez estabelecidos pela Portaria 2.914 (BRASIL, 2011a). Além de dificuldade de atendimento ao limite de 0,5 uT, o ID foi o que apresentou maior coeficiente de variação dentre todos os apresentados (221 %).

Com a análise estática pouco pode ser discutido com relação à influência da mudança de tecnologia de tratamento, ocorrida em 2006, sobre o desempenho da ETA. Por meio do ID *ASE-01*, verificou-se que o custo de tratamento de água foi de nove centavos por metro cúbico, não permitindo maior detalhamento. Para o ID *ASI-01*, o valor máximo de 74 % aponta para a não ocorrência de sobrecarga de vazão na ETA. Além disso, o valor do

coeficiente de variação relativamente baixo, de 17 %, indica que a vazão não tem sofrido grandes variações.

### 5.3.3.2 ETA B

As estatísticas descritivas dos ID da ETA B são apresentadas na Tabela 5.19 e os box-plot na Figura 5.7. Para o critério *controle do monitoramento*, os valores médios dos ID situaram-se próximos das metas de desempenho (100 %), com percentuais de 94 %. Destaque para os ID *ASP-03* e *ASP-04: Atendimento ao número requerido de análises de coliformes*, com média de 99 %. Analisando-se os coeficientes de variação do ID *ASP-03* (9 %), não foram verificadas grandes discrepâncias, variando entre 12 % e 18 %. Os elevados percentuais indicam rigor na execução do programa de monitoramento, com amostragem regulares em e número condizente com aqueles estabelecidos na Portaria 2.914 (BRASIL, 2011a).

**Tabela 5.19.** Estatísticas descritivas dos indicadores de desempenho da ETA B

| ID       | Nº de dados | Média            | Mediana | Mínimo | Máximo | CV (%) <sup>a</sup> |
|----------|-------------|------------------|---------|--------|--------|---------------------|
| ASP-01   | 0           | - <sup>(b)</sup> | -       | -      | -      | -                   |
| ASP-02   | 70          | 95               | 100     | 3      | 100    | 18                  |
| ASP-03   | 70          | 99               | 100     | 3      | 100    | 12                  |
| ASP-04   | 70          | 99               | 100     | 3      | 100    | 12                  |
| ASP-05   | 69          | 96               | 100     | 3      | 100    | 17                  |
| ASP-06   | 69          | 94               | 100     | 3      | 100    | 16                  |
| ASP-07   | 0           | -                | -       | -      | -      | -                   |
| ASP-08-a | 70          | 100              | 100     | 100    | 100    | 0                   |
| ASP-08-b | 70          | 100              | 100     | 100    | 100    | 0                   |
| ASP-09   | 70          | 49               | 46      | 0      | 100    | 67                  |
| ASP-10   | 70          | 93               | 97      | 0      | 100    | 14                  |
| ASP-11   | 70          | 100              | 100     | 100    | 100    | 0                   |
| ASP-12   | 69          | 100              | 100     | 100    | 100    | 0                   |
| ASP-13-a | 69          | 56               | 59      | 0      | 100    | 51                  |
| ASP-13-b | 69          | 100              | 100     | 100    | 100    | 0                   |
| ASP-14   | 0           | -                | -       | -      | -      | -                   |
| ASP-15   | 0           | -                | -       | -      | -      | -                   |
| ASI-01   | 70          | 61               | 61      | 39     | 84     | 9                   |
| ASE-01   | 70          | 0,569            | 0,574   | 0,305  | 1,151  | 23                  |

Legenda: <sup>a</sup> coeficiente de variação; <sup>b</sup> os ID sem resultados não foram calculados por indisponibilidade de dados.

Quanto ao critério *qualidade da água*, o desempenho foi ligeiramente menor daquele verificado no critério anterior. Os ID referentes aos parâmetros cloro livre (*ASP-08-a* e *ASP-08-b*), cor aparente (*ASP-11*), pH (*ASP-12*) e fluoreto (*ASP-13-b*) atingiram média de 100 % de cumprimento dos valores de referência. Os menores valores de ID foram *ASP-09* (turbidez de 0,5 uT) e *ASP-13-a* (fluoreto entre 0,6 mg L<sup>-1</sup> e 0,8 mg L<sup>-1</sup>). Novamente, é preocupante a

presença de valores nulos para o ID *ASP-10* e a elevada variação para o ID *ASP-09*, apesar do cumprimento a meta de 25 % indicar bom desempenho para este ID.

A partir do ID *ASI-01: Capacidade hidráulica de tratamento*, pode-se afirmar que a estação opera, atualmente, com 61 % da capacidade hidráulica instalada, não apresentando eventos de sobrecarga. O valor do coeficiente de variação relativamente baixo, de 9 %, indica que a vazão não tem sofrido grandes variações. Por meio do ID *ASE-01*, verificou-se que o custo de tratamento de água foi de 56 centavos por metro cúbico, não permitindo maior detalhamento.

Figura 5.6. Box-plot dos ID calculados para a ETA A

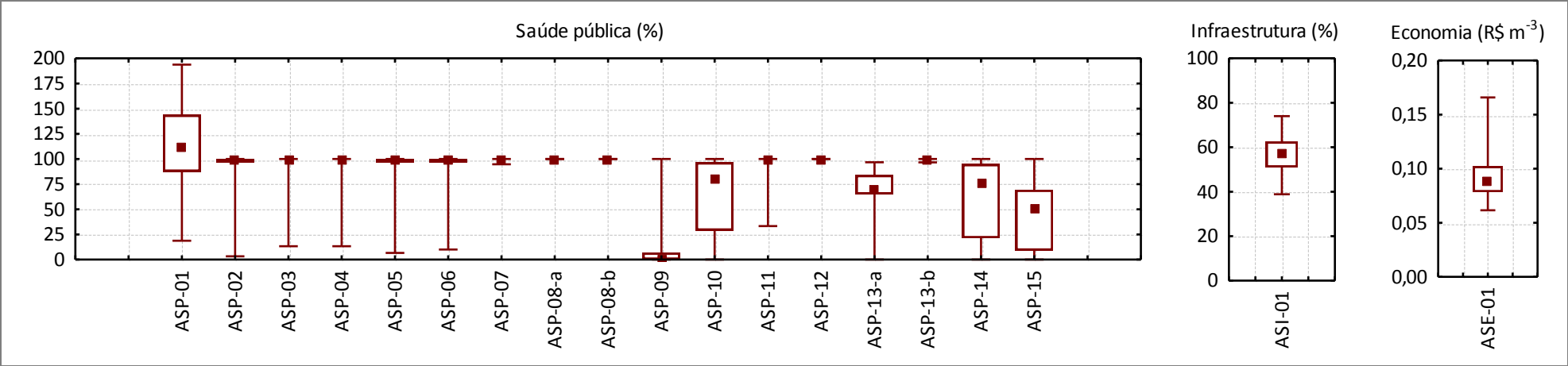
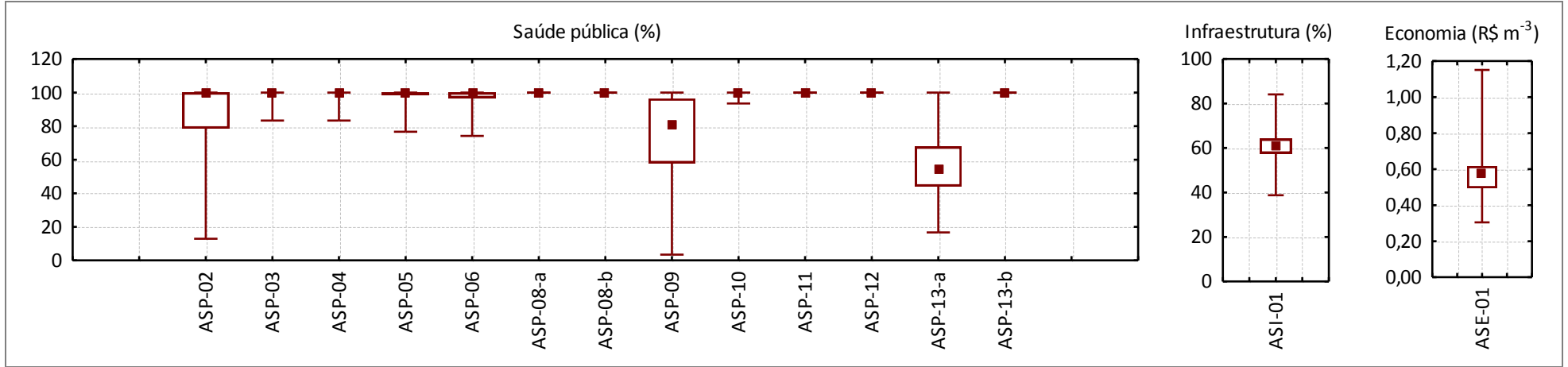


Figura 5.7. Box-plot dos ID calculados para a ETA B



### 5.3.3.3 ETA C

As estatísticas descritivas dos ID da ETA C são apresentadas na Tabela 5.20 e os box-plot na Figura 5.8. Para o critério *controle do monitoramento*, os valores médios dos ID situaram-se próximos das metas de desempenho, com percentuais acima de 97 %, exceto pelo ID ASP-02, com média de 84 %. Os ID ASP-03, -04, -05 e -06, com maior frequência de monitoramento, exibem, simultaneamente valores próximos do pleno atendimento e coeficientes de variação baixos, apontando para regularidade na realização das análises. Comportamento este que, inesperadamente, não foi acompanhado pelo ID ASP-02, referente ao parâmetro cloro livre, com variação relativamente grande.

**Tabela 5.20.** Estatísticas descritivas dos indicadores de desempenho da ETA C

| ID       | Nº de dados | Média | Mediana | Mínimo | Máximo | CV (%) <sup>a</sup> |
|----------|-------------|-------|---------|--------|--------|---------------------|
| ASP-01   | 67          | 98    | 100     | 31     | 131    | 20                  |
| ASP-02   | 72          | 84    | 100     | 13     | 100    | 34                  |
| ASP-03   | 72          | 99    | 100     | 83     | 100    | 2                   |
| ASP-04   | 72          | 99    | 100     | 83     | 100    | 3                   |
| ASP-05   | 72          | 98    | 100     | 77     | 100    | 4                   |
| ASP-06   | 72          | 97    | 100     | 74     | 100    | 5                   |
| ASP-07   | 67          | 100   | 100     | 77     | 100    | 3                   |
| ASP-08-a | 72          | 100   | 100     | 100    | 100    | 0                   |
| ASP-08-b | 72          | 100   | 100     | 100    | 100    | 0                   |
| ASP-09   | 72          | 73    | 81      | 3      | 100    | 34                  |
| ASP-10   | 72          | 100   | 100     | 94     | 100    | 1                   |
| ASP-11   | 72          | 100   | 100     | 100    | 100    | 0                   |
| ASP-12   | 72          | 100   | 100     | 100    | 100    | 0                   |
| ASP-13-a | 72          | 57    | 55      | 17     | 100    | 31                  |
| ASP-13-b | 72          | 100   | 100     | 100    | 100    | 0                   |
| ASP-14   | 67          | 100   | 100     | 77     | 100    | 3                   |
| ASP-15   | 66          | 54    | 54      | 0      | 100    | 45                  |
| ASI-01   | 120         | 61    | 64      | 0      | 89     | 39                  |
| ASE-01   | 113         | 0,794 | 0,701   | 0,187  | 2,455  | 45                  |

Legenda: <sup>a</sup> coeficiente de variação.

Quanto ao critério *qualidade da água*, os ID referentes aos parâmetros coliformes totais (ASP-07), cloro livre (ASP-08-a e ASP-08-b), turbidez de 1,0 uT (ASP-10), cor aparente (ASP-11), pH (ASP-12), fluoreto (ASP-13-b) e a combinação coliformes totais × turbidez atingiram média de 100 % de cumprimento dos valores de referência. Mesmo para o ID ASP-09, o valor médio do ID foi relativamente elevado, de 73 %, com mais da metade dos meses com valores acima de 81 %, bem à frente da meta progressiva de turbidez de 0,5 uT estabelecida pela Portaria 2.914 (BRASIL, 2011a), de 75 % a partir de dezembro de 2014.

O ID ASP-15 foi o que apresentou menor média, possivelmente devido ao parâmetro fluoreto, expresso também pelo ID ASP-13-a. Segundo representantes do prestador de serviço, os limites máximo e mínimo de concentração de fluoreto recomendados e adotados em todas as ETA é de 0,6 mg L<sup>-1</sup> a 1,0 mg L<sup>-1</sup>, diferente da faixa adotada na avaliação de desempenho, de 0,6 mg L<sup>-1</sup> e 0,8 mg L<sup>-1</sup>. Tal fato, associado à menor pressão sobre os operadores para controle da operação de fluoretação, contribui para que as concentrações observadas se estendam, normalmente, além do limite de 0,8 mg L<sup>-1</sup>.

Para o ID ASI-01, o valor máximo de 89 % aponta para aumentos consideráveis na vazão afluente à ETA, cuja média no período foi de 61 %. Apesar do coeficiente de variação elevado para esse parâmetro (39%), não foram observados eventos de sobrecarga. Por meio do ID ASE-01, verificou-se que o custo de tratamento de água foi de 79 centavos por metro cúbico, não permitindo maior detalhamento. A variação nos custos, porém, foi relativamente grande, conforme se observa pelo coeficiente de variação de 45 %, atingindo o máximo de R\$ 2,46 por metro cúbico.

#### 5.3.3.4 ETA D

As estatísticas descritivas dos ID da ETA D são apresentadas na Tabela 5.15 e os box-plot na Figura 5.9. Para o critério *controle do monitoramento*, os valores médios dos ID ASP-02, -03, -04, -05 e -06 mantiveram-se acima de 96 %, com coeficiente de variação baixo. Observa-se que em mais da metade dos meses analisados esses ID atingiram o valor de 100 %. Por sua vez, para o ID ASP-01: *Atendimento ao número requerido de análises de coliformes totais*, a ETA apresentou pior desempenho, com média de 73 %.

Quanto ao critério *qualidade da água*, os ID referentes aos parâmetros coliformes totais (ASP-07), cloro livre (ASP-08-a e ASP-08-b), cor aparente (ASP-11), pH (ASP-12) e fluoreto (ASP-13-b) atingiram médias próximas de 100 %. Já os ID ASP-09 (turbidez de 0,5 uT), ASP-13-a (fluoreto entre 0,6 e 0,8 mg L<sup>-1</sup>) e ASP-15 mostraram-se muito baixos em relação aos demais, com destaque para o primeiro, cujos valores não superaram 6 % em mais da metade dos meses avaliados, coeficiente de variação foi elevado e média abaixo da meta de 25 %.

A partir do ID ASI-01: *Capacidade hidráulica de tratamento* pode-se afirmar que a estação operou com 86 % da capacidade hidráulica instalada, apresentando eventos de sobrecarga conforme evidenciado pelos valores máximos atingidos. A ocorrência de *sobrecarga é condição que favorece o aumento da turbidez da água filtrada e a redução do ID ASP-09:*

*Atendimento ao valor de referência de turbidez de 0,5 uT. O custo unitário de tratamento médio foi de R\$ 1,40 por metro cúbico.*

**Tabela 5.21.** Estatísticas descritivas dos indicadores de desempenho da ETA D

| ID       | Nº de dados | Média | Mediana | Mínimo | Máximo | CV (%) <sup>a</sup> |
|----------|-------------|-------|---------|--------|--------|---------------------|
| ASP-01   | 110         | 73    | 69      | 19     | 156    | 32                  |
| ASP-02   | 109         | 96    | 100     | 34     | 100    | 11                  |
| ASP-03   | 110         | 99    | 100     | 53     | 100    | 5                   |
| ASP-04   | 109         | 99    | 100     | 81     | 100    | 4                   |
| ASP-05   | 109         | 97    | 100     | 13     | 100    | 10                  |
| ASP-06   | 109         | 96    | 100     | 10     | 100    | 10                  |
| ASP-07   | 110         | 98    | 100     | 82     | 100    | 4                   |
| ASP-08-a | 109         | 100   | 100     | 100    | 100    | 0                   |
| ASP-08-b | 109         | 100   | 100     | 100    | 100    | 0                   |
| ASP-09   | 110         | 21    | 6       | 0      | 100    | 142                 |
| ASP-10   | 110         | 82    | 93      | 0      | 100    | 28                  |
| ASP-11   | 109         | 100   | 100     | 90     | 100    | 2                   |
| ASP-12   | 109         | 100   | 100     | 100    | 100    | 0                   |
| ASP-13-a | 109         | 44    | 43      | 7      | 100    | 45                  |
| ASP-13-b | 109         | 100   | 100     | 100    | 100    | 0                   |
| ASP-14   | 108         | 82    | 91      | 0      | 100    | 28                  |
| ASP-15   | 107         | 36    | 33      | 0      | 100    | 63                  |
| ASI-01   | 115         | 86    | 86      | 60     | 100    | 8                   |
| ASE-01   | 115         | 1,405 | 1,359   | 0,000  | 3,142  | 27                  |

Legenda: <sup>a</sup> coeficiente de variação.

Figura 5.8. Box-plot dos ID calculados para a ETA C

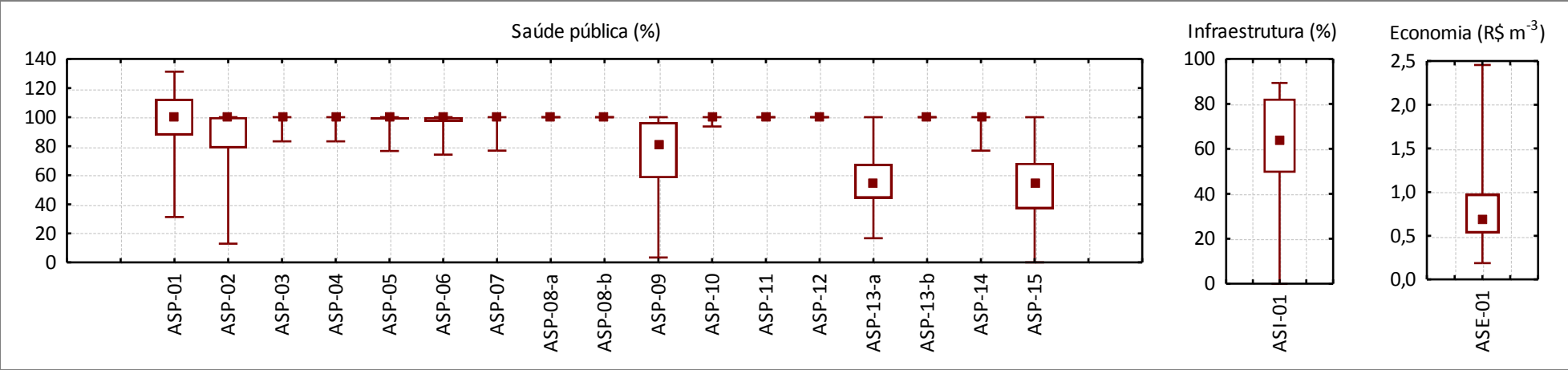
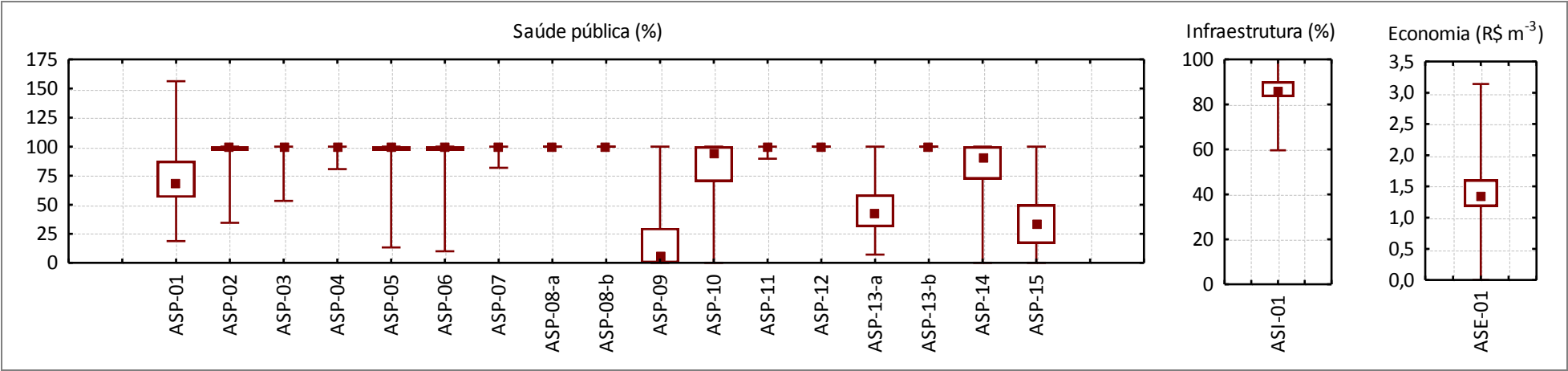


Figura 5.9. Box-plot dos ID calculados para a ETA D



### 5.3.3.5 ETA E

As estatísticas descritivas dos ID da ETA E são apresentadas na Tabela 5.22 e os box-plot na Figura 5.10. Para o critério *controle do monitoramento*, os valores médios dos ID permaneceram acima de 98 % e baixa variação, indicando rotina de monitoramento satisfatória. No critério *qualidade da água*, os ID ASP-08-a e ASP-08-b (cloro livre), ASP-09 (turbidez de 0,5 uT), ASP-11 (cor aparente), ASP-12 (pH) e ASP-13-b (fluoreto entre 0,6 mg L<sup>-1</sup> e 0,8 mg L<sup>-1</sup>) alcançaram bons resultados, com valores muito próximos às metas. Observou-se desempenho discreto para o ID ASP-10 (turbidez de 1,0 uT) e baixo para o ID ASP-13-a.

**Tabela 5.22.** Estatísticas descritivas dos indicadores de desempenho da ETA E

| ID       | Nº de dados | Média            | Mediana | Mínimo | Máximo | CV (%) <sup>a</sup> |
|----------|-------------|------------------|---------|--------|--------|---------------------|
| ASP-01   | 0           | - <sup>(b)</sup> | -       | -      | -      | -                   |
| ASP-02   | 58          | 98               | 100     | 53     | 100    | 7                   |
| ASP-03   | 58          | 99               | 100     | 53     | 100    | 6                   |
| ASP-04   | 58          | 99               | 100     | 53     | 100    | 6                   |
| ASP-05   | 58          | 98               | 100     | 53     | 100    | 7                   |
| ASP-06   | 58          | 98               | 100     | 53     | 100    | 7                   |
| ASP-07   | 0           | -                | -       | -      | -      | -                   |
| ASP-08-a | 58          | 100              | 100     | 100    | 100    | 0                   |
| ASP-08-b | 58          | 100              | 100     | 100    | 100    | 0                   |
| ASP-09   | 58          | 54               | 56      | 0      | 100    | 57                  |
| ASP-10   | 58          | 87               | 97      | 13     | 100    | 26                  |
| ASP-11   | 58          | 99               | 100     | 77     | 100    | 4                   |
| ASP-12   | 58          | 100              | 100     | 100    | 100    | 0                   |
| ASP-13-a | 58          | 60               | 60      | 7      | 100    | 39                  |
| ASP-13-b | 58          | 100              | 100     | 100    | 100    | 0                   |
| ASP-14   | 0           | -                | -       | -      | -      | -                   |
| ASP-15   | 0           | -                | -       | -      | -      | -                   |
| ASI-01   | 115         | 73               | 74      | 62     | 83     | 8                   |
| ASE-01   | 115         | 0,047            | 0,046   | 0,000  | 0,071  | 19                  |

Legenda: <sup>a</sup> coeficiente de variação; <sup>b</sup> os ID sem resultados não foram calculados por indisponibilidade de dados.

O ID ASI-01: *Capacidade hidráulica de tratamento* pode-se afirmar que a estação operou com 73 % da vazão de projeto embora não tenham sido observados eventos sobrecarga, com máximo de 83 % e pequena variação. Já ID ASE-01: *Custo unitário de tratamento* resultou em média de 4,7 centavos por metro cúbico.

### 5.3.3.6 ETA F

As estatísticas descritivas dos ID da ETA F são apresentadas na Tabela 5.23 e os box-plot na Figura 5.11. Para o critério *controle do monitoramento*, os valores médios dos ID situaram-se muito próximos das metas de desempenho (100 %) e com baixa variação mensal. Dentre os ID referentes ao critério *qualidade da água*, apenas ASP-13-a (fluoreto entre 0,6 mg L<sup>-1</sup> e 0,8 mg L<sup>-1</sup>) permaneceu com valor médio distante da meta de 75 %. Os demais indicaram bom desempenho e estabilidade da ETA. Para o tema *saúde pública*, devido à indisponibilidade de dados, apenas nove dos 17 ID puderam ser determinados, tornando o resultado mais frágil do que o obtido com o conjunto completo de ID.

**Tabela 5.23.** Estatísticas descritivas dos indicadores de desempenho da ETA F

| ID       | Nº de dados | Média            | Mediana | Mínimo | Máximo | CV (%) <sup>a</sup> |
|----------|-------------|------------------|---------|--------|--------|---------------------|
| ASP-01   | 0           | - <sup>(b)</sup> | -       | -      | -      | -                   |
| ASP-02   | 58          | 98               | 100     | 90     | 100    | 3                   |
| ASP-03   | 58          | 100              | 100     | 100    | 100    | 0                   |
| ASP-04   | 58          | 100              | 100     | 90     | 100    | 1                   |
| ASP-05   | 0           | -                | -       | -      | -      | -                   |
| ASP-06   | 58          | 99               | 100     | 93     | 100    | 2                   |
| ASP-07   | 0           | -                | -       | -      | -      | -                   |
| ASP-08-a | 58          | 100              | 100     | 100    | 100    | 0                   |
| ASP-08-b | 58          | 100              | 100     | 100    | 100    | 0                   |
| ASP-09   | 58          | 98               | 100     | 87     | 100    | 4                   |
| ASP-10   | 58          | 100              | 100     | 90     | 100    | 1                   |
| ASP-11   | 58          | 100              | 100     | 100    | 100    | 0                   |
| ASP-12   | 0           | -                | -       | -      | -      | -                   |
| ASP-13-a | 58          | 76               | 77      | 40     | 100    | 18                  |
| ASP-13-b | 58          | 100              | 100     | 100    | 100    | 0                   |
| ASP-14   | 0           | -                | -       | -      | -      | -                   |
| ASP-15   | 0           | -                | -       | -      | -      | -                   |
| ASI-01   | 115         | 40               | 42      | 21     | 58     | 25                  |
| ASE-01   | 115         | 0,316            | 0,287   | 0,000  | 0,551  | 29                  |

Legenda: <sup>a</sup> coeficiente de variação; <sup>b</sup> os ID sem resultados não foram calculados por indisponibilidade de dados.

A partir do ID ASI-01 – *Capacidade hidráulica de tratamento*, pode-se afirmar que a ETA operou com 40 % da vazão de projeto, não sendo observados eventos de sobrecarga (máximo de 58 %). O valor do coeficiente de variação relativamente baixo, de 8 %, indica que a vazão não tem sofrido grandes variações. O ID ASE-01: *Custo unitário de tratamento* apresentou média de 31 centavos por metro cúbico e atingiu a maior variação dentre todos os ID.

Figura 5.10. Box-plot dos ID calculados para a ETA E

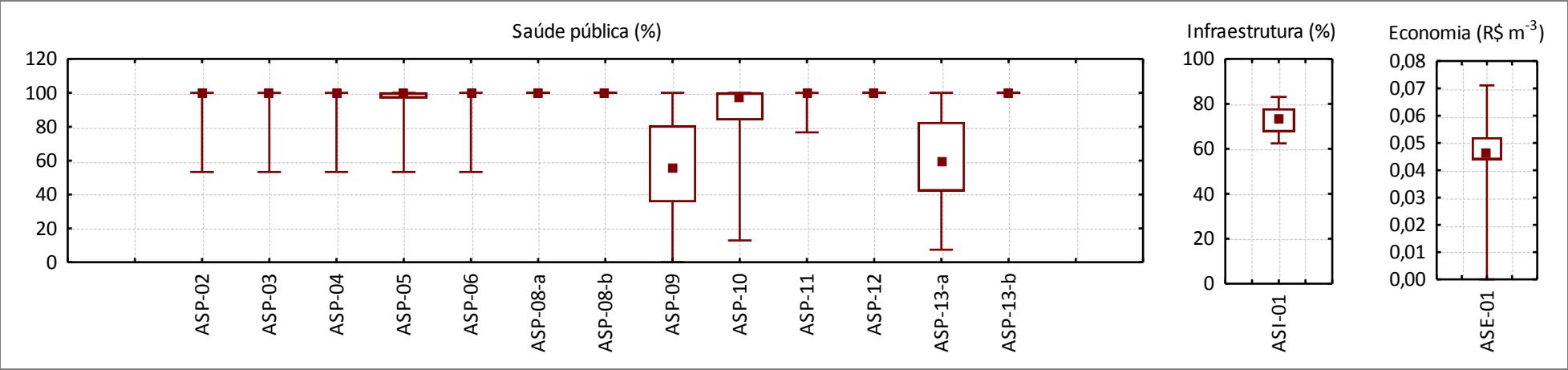
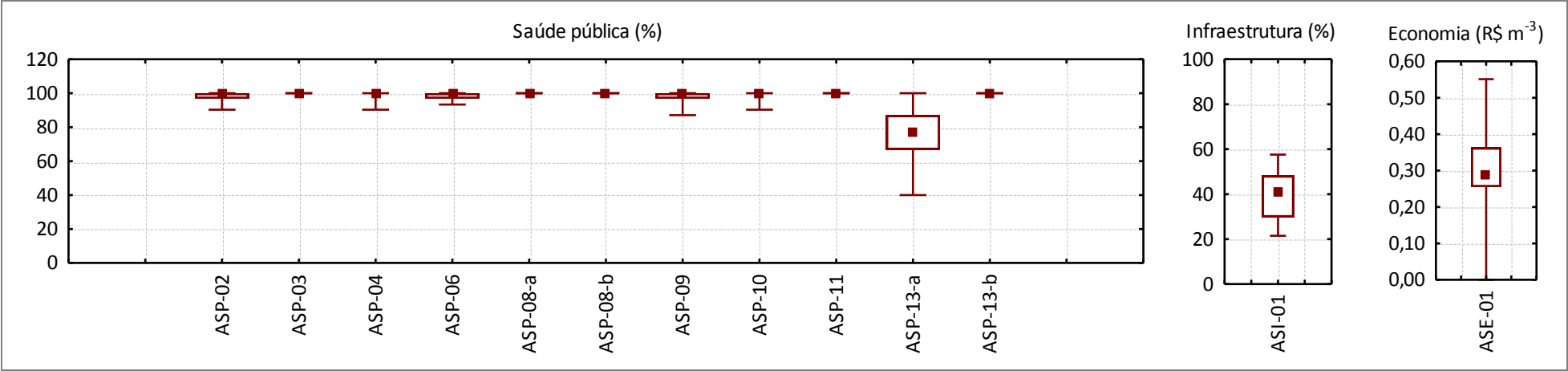


Figura 5.11. Box-plot dos ID calculados para a ETA F



### 5.3.4 Análise dinâmica

Uma vez calculados os ID para cada ETA, procedeu-se ao teste de aderência à distribuição normal, cujos resultados se encontram na Tabela 5.24. Dos 77 testes realizados, foi verificada distribuição normal para apenas seis variáveis: ID *ASP-13-a*, para as ETA C, D, E e F, *ASP-15* e *ASE-01*, para a ETA A. Logo, adotou-se testes não-paramétricos para todas as análises estatísticas subsequentes. Cabe destacar novamente que os seguintes ID não foram calculados:

- ETA B: ID *ASP-01*, *ASP-07*, *ASP-14* e *ASP-15* (sem dados de coliformes totais);
- ETA E: ID *ASP-01*, *ASP-07*, *ASP-14* e *ASP-15* (sem dados de coliformes totais);
- ETA F: ID *ASP-01*, *ASP-07*, *ASP-14*, *ASP-15* (sem dados de coliformes totais), *ASP-05* e *ASP-12* (sem dados de pH).

**Tabela 5.24.** Resultados (valor p) do teste Shapiro-Wilk de aderência à distribuição normal

| ID       | ETA      |                  |                     |          |          |          |
|----------|----------|------------------|---------------------|----------|----------|----------|
|          | A        | B                | C                   | D        | E        | F        |
| ASP-01   | p < 0,01 | - <sup>(b)</sup> | p < 0,01            | 0,03     | -        | -        |
| ASP-02   | p < 0,01 | p < 0,01         | p < 0,01            | p < 0,01 | p < 0,01 | p < 0,01 |
| ASP-03   | p < 0,01 | p < 0,01         | p < 0,01            | p < 0,01 | p < 0,01 | -        |
| ASP-04   | p < 0,01 | p < 0,01         | p < 0,01            | p < 0,01 | p < 0,01 | p < 0,01 |
| ASP-05   | p < 0,01 | p < 0,01         | p < 0,01            | p < 0,01 | p < 0,01 | -        |
| ASP-06   | p < 0,01 | p < 0,01         | p < 0,01            | p < 0,01 | p < 0,01 | p < 0,01 |
| ASP-07   | p < 0,01 | -                | p < 0,01            | p < 0,01 | -        | -        |
| ASP-08-a | -        | -                | p < 0,01            | -        | -        | -        |
| ASP-08-b | -        | -                | p < 0,01            | -        | -        | -        |
| ASP-09   | p < 0,01 | p < 0,01         | p < 0,01            | p < 0,01 | 0,01     | p < 0,01 |
| ASP-10   | p < 0,01 | p < 0,01         | p < 0,01            | p < 0,01 | p < 0,01 | -        |
| ASP-11   | p < 0,01 | -                | -                   | p < 0,01 | p < 0,01 | -        |
| ASP-12   | -        | -                | -                   | p < 0,01 | -        | -        |
| ASP-13-a | p < 0,01 | p < 0,01         | 0,09 <sup>(a)</sup> | 0,13     | 0,08     | 0,09     |
| ASP-13-b | p < 0,01 | -                | -                   | -        | -        | -        |
| ASP-14   | p < 0,01 | -                | p < 0,01            | p < 0,01 | -        | -        |
| ASP-15   | p < 0,01 | -                | 0,25                | 0,03     | -        | -        |
| ASE-01   | 0,31     | p < 0,01         | p < 0,01            | p < 0,01 | p < 0,01 | p < 0,01 |
| ASI-01   | p < 0,01 | p < 0,01         | p < 0,01            | p < 0,01 | p < 0,01 | p < 0,01 |

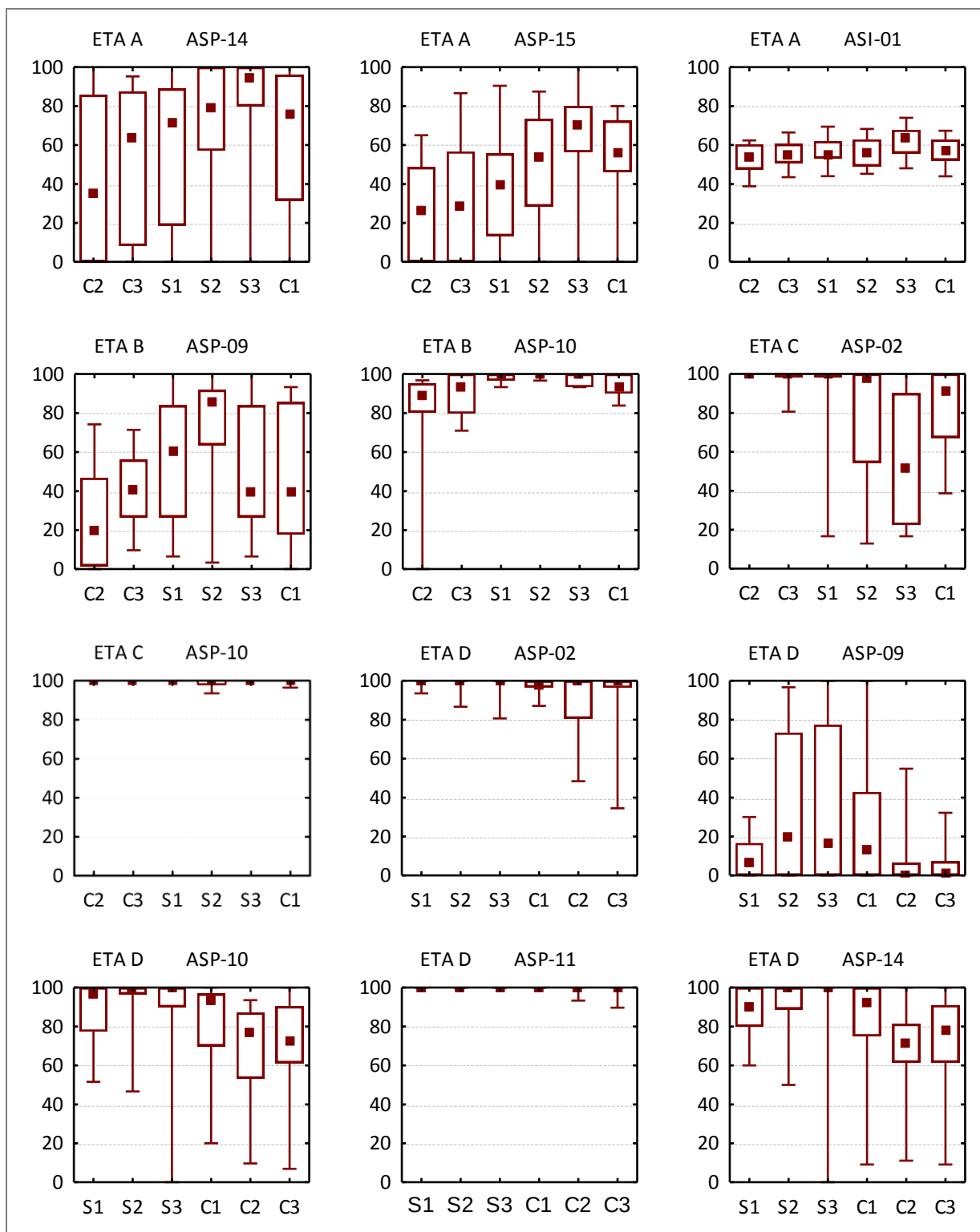
Legenda: <sup>a</sup> os valores p destacados indicam aderência à distribuição normal; <sup>b</sup> os ID sem resultados não foram calculados por indisponibilidade de dados. Utilizou-se o nível de significância de 5 %.

Os resultados significativos para análise de sazonalidade são apresentados na Figura 5.12 e na Figura 5.13. Dos 100 testes realizados, foi verificada variação significativa entre os valores bimestrais em 17 casos:

- ETA A: *ASP-14*, *ASP-15* e *ASI-01*;
- ETA B: *ASP-09* e *ASP-10*;
- ETA C: *ASP-02* e *ASP-10*;

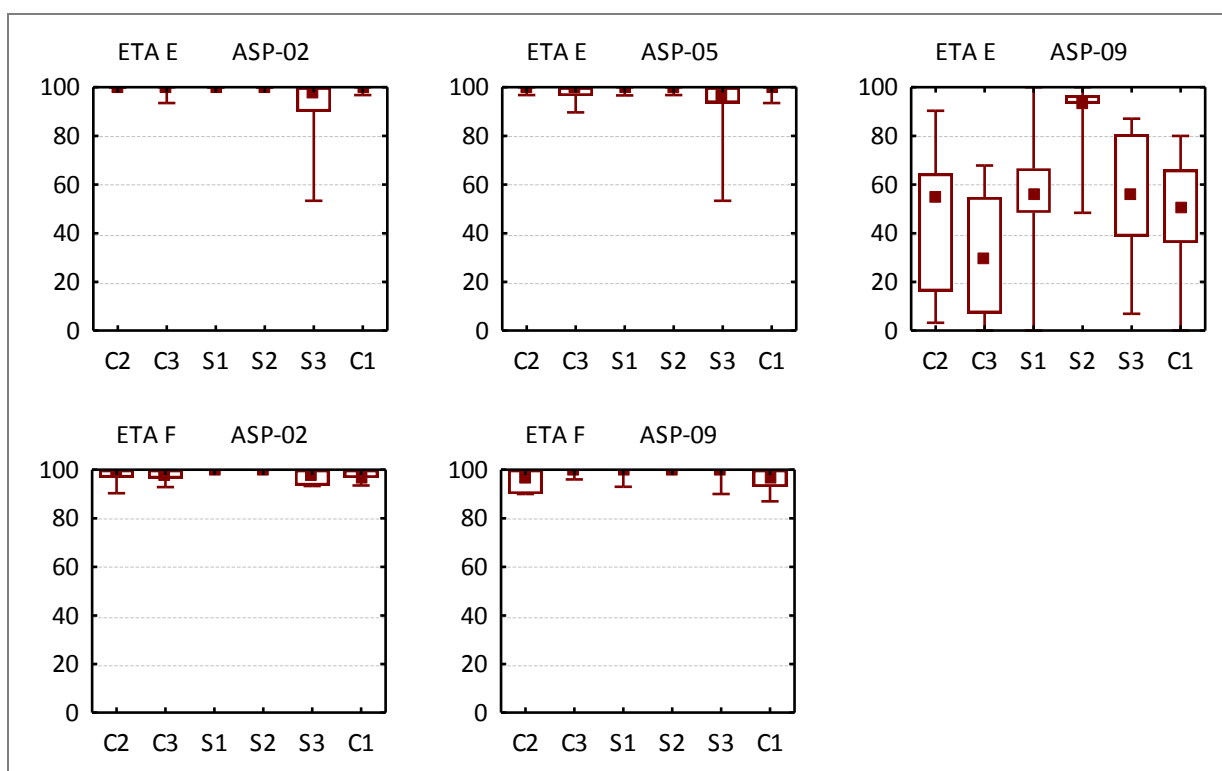
- ETA D: ASP-02, ASP-09, ASP-10, ASP-11 e ASP-14
- ETA E: ASP-02 e ASP-05;
- ETA F: ASP-02 e ASP-09.

**Figura 5.12.** Box-plot dos ID com variação sazonal significativa (valor p do teste Kruskal-Wallis  $< 0,05$ ) para as ETA A, B, C e D



Nota: bimestres do período chuvoso: C1, C2 e C3; bimestres do período seco: S1, S2 e S3. Unidades em %.

**Figura 5.13.** Box-plot dos ID com variação sazonal significativa (valor p do teste Kruskal-Wallis < 0,05) para as ETA E e F



Nota: bimestres do período chuvoso: C1, C2 e C3; bimestres do período seco: S1, S2 e S3. Unidades em %.

A nível de ETA, as estações A e E possuem captações em barragem, o que reduz as variações na qualidade da água oriundas de eventos pluviométricos e arraste de partículas do solo durante o escoamento superficial no período chuvoso (C1, C2 e C3). Entretanto, aparentemente, tal condição não se fez preponderante sobre a variação sazonal, já que todas as ETA apresentaram tal comportamento para um ou outro ID.

A nível de tema de avaliação, os ID do tema *economia* e *infraestrutura* não apresentaram variação sazonal, com exceção apenas do ID *ASI-01* (ETA A), com variação discreta. Já os ID do tema *saúde pública* mostraram-se os mais impactados com a variação sazonal, apresentando valores maiores nos bimestres do período seco (S1, S2 e S3) e menores nos do período chuvoso (C1, C2 e C3), principalmente para o critério *qualidade da água*.

Quanto aos indicadores, o que mais apresentou variação sazonal foi, curiosamente, o ID *ASP-02: Atendimento ao número de análises de cloro livre*, em quatro das seis ETA. Pode-se especular que o aumento no número de análises realizadas no período chuvoso pode ser resultado da piora da qualidade das águas bruta e tratada, aumentando a demanda de cloro

livre na etapa de desinfecção e levando a maior frequência de monitoramento do parâmetro, incitando maior cuidado também sobre as doses aplicadas.

Por fim, os ID *ASP-09: Atendimento ao valor de referência de turbidez (0,5 uT)* e *ASP-10: Atendimento ao valor de referência de turbidez (1,0 uT)* apresentaram variação sazonal significativa em três das quatro ETA que não dispõem de captação em barragem. Nesses casos foi clara a redução dos valores dos ID no período chuvoso e a inferência quando à relação com o aumento de sólidos suspensos na água bruta mostrou-se mais evidente. Tal raciocínio pode ser estendido aos ID *ASP-14: Atendimento simultâneo aos valores de referência de turbidez e de coliformes totais* e *ASP-15 Atendimento geral às metas de qualidade de água*. Ambos são bastante influenciados pelos parâmetros com menor atendimento aos valores de referência, notadamente, a turbidez.

Para os 83 ID sem variação sazonal, a existência de tendência foi avaliada pelo teste Mann-Kendal e, para os demais (17), pelo teste Mann-Kendal Sazonal. Na Tabela 5.25 são apresentados os resultados dos testes de sazonalidade e de tendência. Foram verificadas tendências significativas para 29 ID, 10 destes referentes à ETA A contra 2 da ETA E. As séries temporais desses ID são apresentadas no APÊNDICE E.

Para o tema *saúde pública*, os ID com mais resultados significativos foram *ASP-09: Atendimento ao valor de referência de turbidez (0,5 uT)* e *ASP-13-a: Atendimento ao valor de referência de fluoreto (entre 0,6 e 0,8 mg L<sup>-1</sup>)*, cada um com três. Porém, assim como para os demais ID, não foi verificada convergência quando ao sentido, se crescente ou decrescente. No item *infraestrutura*, o ID *ASI-01: Capacidade hidráulica de tratamento* apresentou tendência *significativa* de crescimento em cinco das seis ETA, em virtude do aumento da vazão demandada. Redução nesse ID foi observada apenas para a ETA D.

O ID *ASE-01: Custo unitário de tratamento de água* apresentou decréscimo significativo em três ETA e aumento em uma. A redução do ID pode ser associado ao aumento de vazão, denominador na equação de cálculo desse ID. Com o aumento desta, a tendência geral é de redução, mesmo discreta, nos custos de tratamento. Acredita-se que, tão importante quanto o acompanhamento do valor absoluto do custo, seja a verificação da existência de grandes variações nos valores mensais, indicativos de possíveis anormalidades que demandam análise um pouco mais detalhada.

**Tabela 5.25.** Resultados (valores p) dos testes de sazonalidade (KW) e de tendência (MK e MKS) e sentido de variação

(continua)

| ID       | ETA | KW <sup>1</sup> | MK <sup>2</sup>  | MKS <sup>3</sup> | Sentido | ETA | KW               | MK     | MKS    | Sentido |
|----------|-----|-----------------|------------------|------------------|---------|-----|------------------|--------|--------|---------|
| ASP-01   | A   | 0,77            | < 0,01           | na               | ↓       | B   | - <sup>(a)</sup> | -      | -      |         |
| ASP-02   |     | 0,56            | < 0,01           | na               | ?       |     | 0,33             | < 0,01 | na     | ?       |
| ASP-03   |     | 0,25            | 0,11             | na               |         |     | 0,08             | 0,70   | na     |         |
| ASP-04   |     | 0,50            | 0,39             | na               |         |     | 0,08             | 0,70   | na     |         |
| ASP-05   |     | 0,68            | < 0,01           | na               | ?       |     | 0,72             | 0,02   | na     | ?       |
| ASP-06   |     | 0,75            | 0,01             | na               | ?       |     | 0,42             | < 0,01 | na     |         |
| ASP-07   |     | 0,11            | 0,01             | na               | ?       |     | -                | -      | -      |         |
| ASP-08-a |     | ≈ 1             | * <sup>(b)</sup> | na               |         |     | ≈ 1              | *      | na     |         |
| ASP-08-b |     | ≈ 1             | *                | na               |         |     | ≈ 1              | *      | na     |         |
| ASP-09   |     | 0,16            | 0,36             | na               |         |     | 0,02             | na     | < 0,01 | ↓ (MK)  |
| ASP-10   |     | 0,06            | 0,11             | na               |         |     | < 0,01           | na     | 0,90   |         |
| ASP-11   |     | 0,76            | 0,02             | na               | ?       |     | ≈ 1              | *      | na     |         |
| ASP-12   |     | ≈ 1             | *                | na               |         |     | ≈ 1              | *      | na     |         |
| ASP-13-a |     | 0,30            | < 0,01           | na               | ↑       |     | 0,16             | 0,02   | na     | ↓       |
| ASP-13-b |     | 0,69            | 0,10             | na               |         |     | ≈ 1              | *      | na     |         |
| ASP-14   | C   | 0,05            | na               | < 0,01           | ↓ (MK)  | D   | -                | -      | -      |         |
| ASP-15   |     | < 0,01          | na               | 0,43             |         |     | -                | -      | -      |         |
| ASI-01   |     | < 0,01          | na               | < 0,01           | ↑ (MK)  |     | 0,56             | 0,01   | na     | ↑       |
| ASE-01   |     | 0,16            | < 0,01           | na               | ↓       |     | 0,70             | < 0,01 | na     | ↑       |
| ASP-01   |     | 0,30            | 0,53             | na               |         |     | 0,66             | 0,17   | na     |         |
| ASP-02   |     | < 0,01          | na               | *                |         |     | 0,03             | na     | *      |         |
| ASP-03   |     | 0,34            | 0,05             | na               | ?       |     | 0,82             | 0,83   | na     |         |
| ASP-04   | D   | 0,84            | 0,02             | na               | ?       |     | 0,57             | 0,63   | na     |         |
| ASP-05   |     | 0,60            | 0,20             | na               |         |     | 0,43             | 0,08   | na     |         |
| ASP-06   |     | 0,06            | 0,54             | na               |         |     | 0,46             | 0,06   | na     |         |
| ASP-07   |     | 0,47            | ≈ 1              | na               |         |     | 0,44             | 0,16   | na     |         |
| ASP-08-a |     | ≈ 1             | *                | na               |         |     | ≈ 1              | *      | na     |         |
| ASP-08-b |     | ≈ 1             | *                | na               |         |     | ≈ 1              | *      | na     |         |
| ASP-09   |     | 0,27            | < 0,01           | na               | ↑       |     | 0,02             | na     | < 0,01 |         |
| ASP-10   |     | 0,04            | na               | *                |         |     | < 0,01           | na     | 0,12   |         |
| ASP-11   |     | ≈ 1             | *                | na               |         |     | 0,04             | na     | *      |         |
| ASP-12   |     | ≈ 1             | *                | na               |         |     | ≈ 1              | *      | na     |         |
| ASP-13-a |     | 0,46            | 0,54             | na               |         |     | 0,37             | 0,03   | na     | ↓       |
| ASP-13-b |     | ≈ 1             | *                | na               |         |     | ≈ 1              | *      | na     |         |
| ASP-14   |     | 0,60            | 0,32             | na               |         |     | < 0,01           | na     | 0,31   |         |
| ASP-15   |     | 0,42            | 0,65             | na               |         |     | 0,42             | < 0,01 | na     | ↓       |
| ASI-01   |     | 0,88            | < 0,01           | na               | ↑       |     | 0,19             | < 0,01 | na     | ↓       |
| ASE-01   |     | 0,15            | 0,56             | na               |         |     | 0,76             | 0,21   | na     |         |

**Tabela 5.25.** Resultados (valores p) dos testes de sazonalidade (KW) e de tendência (MK e MKS) e sentido de variação

| (conclusão) |     |        |        |      |         |     |        |        |     |         |
|-------------|-----|--------|--------|------|---------|-----|--------|--------|-----|---------|
| ID          | ETA | KW     | MK     | MKS  | Sentido | ETA | KW     | MK     | MKS | Sentido |
| ASP-01      |     | -      | -      | -    |         |     | -      | -      | -   |         |
| ASP-02      |     | < 0,01 | Na     | *    |         |     | 0,02   | Na     | *   |         |
| ASP-03      |     | 0,08   | 0,16   | Na   |         |     | ≈ 1    | *      | Na  |         |
| ASP-04      |     | 0,08   | 0,16   | Na   |         |     | 0,28   | 0,21   | Na  |         |
| ASP-05      |     | 0,01   | Na     | *    |         |     | -      | -      | -   |         |
| ASP-06      |     | 0,60   | 0,65   | Na   |         |     | 0,48   | < 0,01 | Na  | ?       |
| ASP-07      |     | -      | -      | -    |         |     | -      | -      | -   |         |
| ASP-08-a    |     | ≈ 1    | *      | Na   |         |     | ≈ 1    | *      | Na  |         |
| ASP-08-b    |     | ≈ 1    | *      | Na   |         |     | ≈ 1    | *      | Na  |         |
| ASP-09      | E   | < 0,01 | Na     | 0,48 |         | F   | < 0,01 | Na     | *   |         |
| ASP-10      |     | 0,08   | 0,54   | Na   |         |     | 0,86   | 0,60   | Na  |         |
| ASP-11      |     | 0,10   | 0,06   | Na   |         |     | ≈ 1    | *      | Na  |         |
| ASP-12      |     | ≈ 1    | *      | Na   |         |     | -      | -      | -   |         |
| ASP-13-a    |     | 0,92   | 0,27   | Na   |         |     | 0,16   | ≈ 1    | Na  |         |
| ASP-13-b    |     | ≈ 1    | *      | Na   |         |     | ≈ 1    | *      | Na  |         |
| ASP-14      |     | -      | -      | -    |         |     | -      | -      | -   |         |
| ASP-15      |     | -      | -      | -    |         |     | -      | -      | -   |         |
| ASI-01      |     | 0,83   | < 0,01 | Na   | ↑       |     | 0,27   | < 0,01 | Na  | ↑       |
| ASE-01      |     | 0,37   | 0,03   | Na   | ↓       |     | 0,29   | < 0,01 | Na  | ↓       |

Legenda: <sup>1</sup> KW: as variações sazonais significativas são indicadas pelo valor  $p < 0,05$  do teste Kruskal-Wallis.

<sup>2</sup> MK: as tendências significativas são indicadas pelo valor  $p < 0,05$  do teste Mann-Kendal.

<sup>3</sup> MKS: as tendências significativas são indicadas pelo valor  $p < 0,05$  do teste Mann-Kendal Sazonal.

<sup>a</sup> Os ID sem resultados não foram calculados por indisponibilidade de dados.

<sup>b</sup> O teste não pode ser computado pelo fato dos valores apresentarem algumas sequências constantes.

### 5.3.5 Análise comparativa

A comparação das ETA para cada ID considerou o maior número de dados disponíveis, compreendendo o período de janeiro de 2002 a dezembro de 2011. Os resultados do teste Kruskal-Wallis e de comparações múltiplas são apresentados na Tabela 5.26. Dos 19 ID testados, verificaram-se diferenças significativas entre ETA para 14. Na Figura 5.14 são apresentados os box-plot de comparação das ETA, segundo ID, para o tema *saúde pública*, critério *controle do monitoramento*.

**Tabela 5.26.** Resultados do teste Kruskal-Wallis (valores p) e classificação das ETA baseada no teste de comparações múltiplas

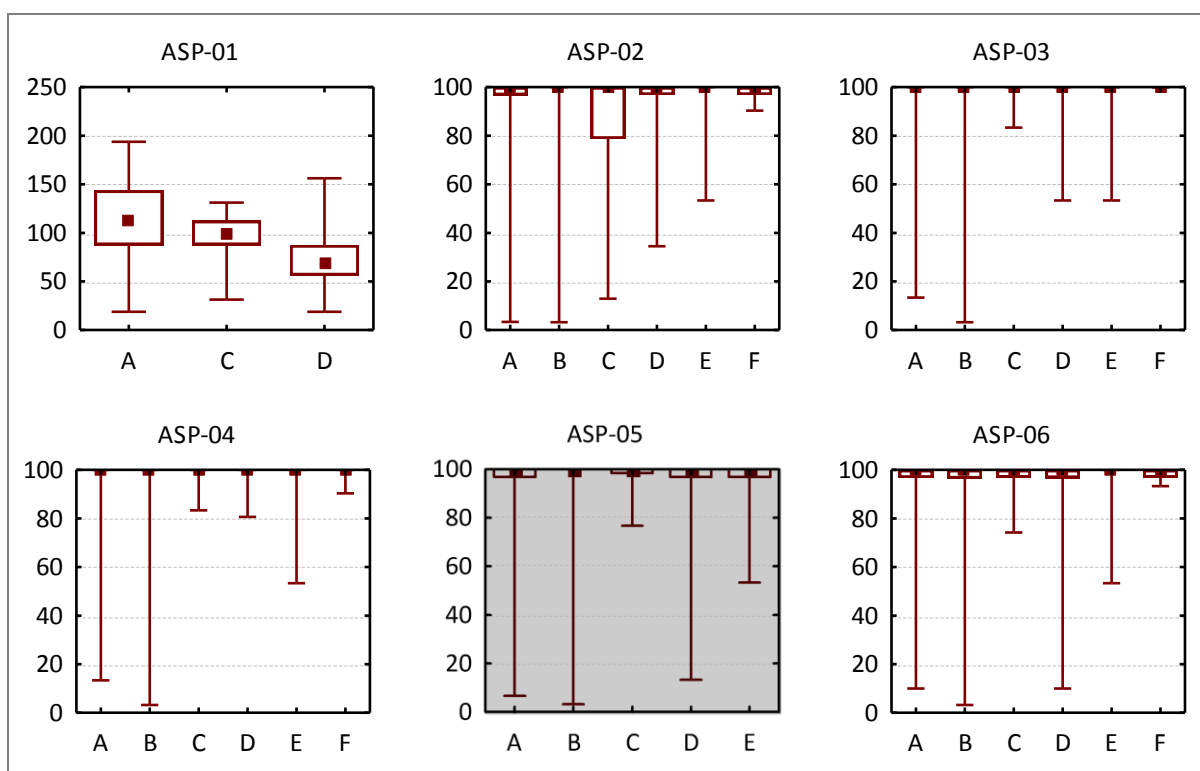
| ID       | Valor p  | ETA               |                  |     |     |     |     |
|----------|----------|-------------------|------------------|-----|-----|-----|-----|
|          |          | A                 | B                | C   | D   | E   | F   |
| ASP-01   | p < 0,01 | a <sup>(1)</sup>  | - <sup>(3)</sup> | a   | b   | -   | -   |
| ASP-02   | p < 0,01 | a b               | a b              | b   | a d | a   | a b |
| ASP-03   | 0,04     | a                 | a                | a   | a   | a   | a   |
| ASP-04   | p < 0,01 | a                 | a                | a   | a   | a   | a   |
| ASP-05   | 0,79     | Ns <sup>(2)</sup> | Ns               | Ns  | Ns  | Ns  | -   |
| ASP-06   | p < 0,01 | a b               | b                | a b | a b | a   | a b |
| ASP-07   | p < 0,01 | a                 | -                | a   | a   | -   | -   |
| ASP-08-a | p ≈ 1    | Ns                | Ns               | Ns  | Ns  | Ns  | Ns  |
| ASP-08-b | p ≈ 1    | Ns                | Ns               | Ns  | Ns  | Ns  | Ns  |
| ASP-09   | p < 0,01 | d                 | c                | b   | d   | b c | a   |
| ASP-10   | p < 0,01 | c                 | b                | a   | b   | b   | a   |
| ASP-11   | p < 0,01 | a                 | a                | a   | a   | a   | a   |
| ASP-12   | p ≈ 1    | Ns                | Ns               | Ns  | Ns  | Ns  | -   |
| ASP-13-a | p < 0,01 | a                 | b                | b   | c   | b   | a   |
| ASP-13-b | 0,07     | Ns                | Ns               | Ns  | Ns  | Ns  | Ns  |
| ASP-14   | p < 0,01 | c                 | -                | a   | b   | -   | -   |
| ASP-15   | p < 0,01 | a b               | -                | a   | b   | -   | -   |
| ASI-01   | p < 0,01 | d                 | c d              | c   | a   | b   | e   |
| ASE-01   | p < 0,01 | d                 | b                | b   | a   | e   | c   |

Legenda: <sup>1</sup> para cada ID, ETA seguidas pela mesma letra não apresentam diferenças significativas. Quando houver diferenças significativas, o valor do ID diminui no sentido de “a” para “b” e da cor da célula varia de verde para vermelha.

<sup>2</sup> Não foram realizados testes de comparação múltipla quando o valor p resultante do teste de Kruskal-Wallis foi maior que 0,05, ou seja, não significativo (Ns).

<sup>3</sup> Indicadores não calculados por indisponibilidade de dados para cálculo; nesses casos, a ETA não foi incluída na comparação para o referido ID (-).

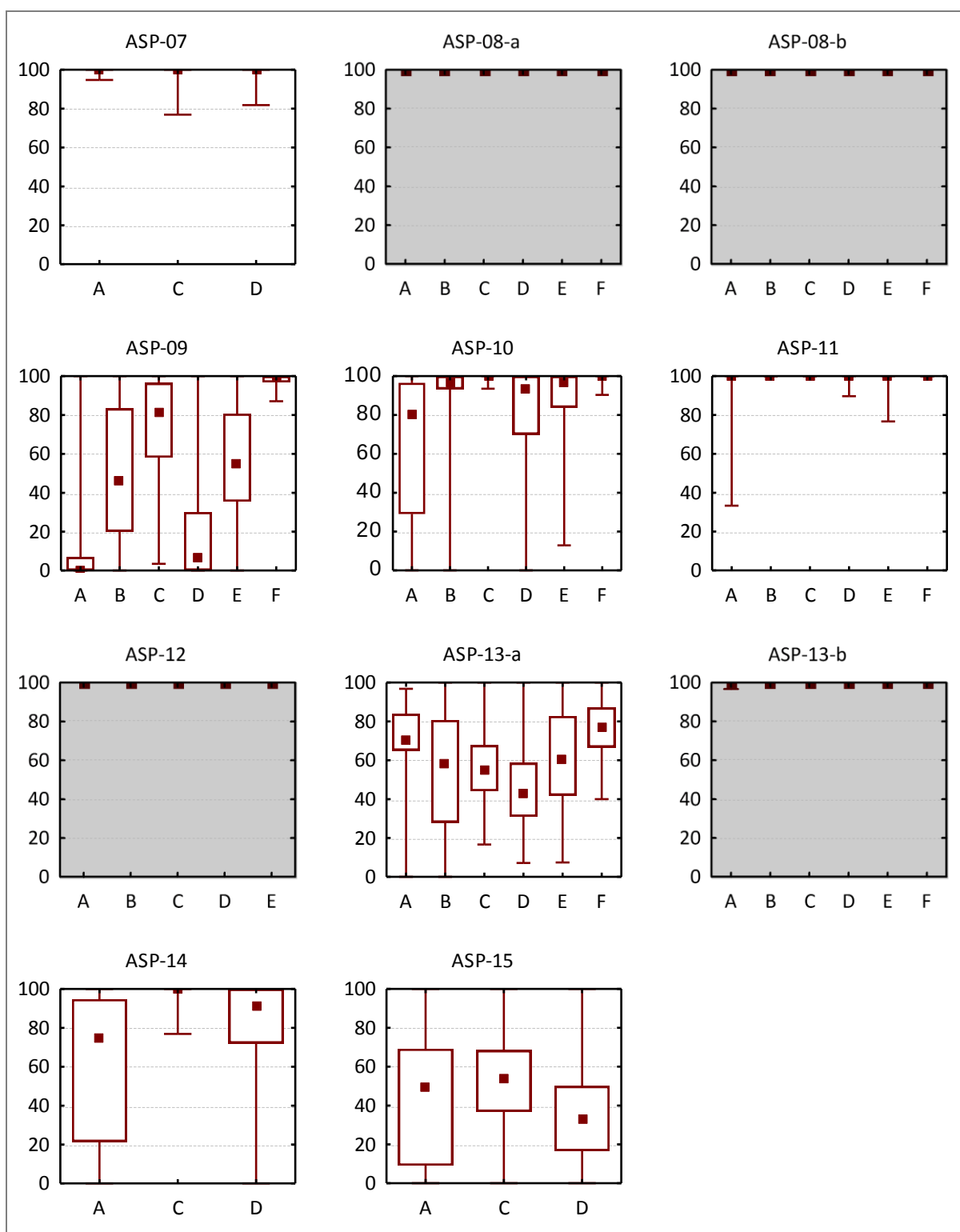
**Figura 5.14.** Box-plot de comparação das ETA segundo indicador de desempenho para o tema saúde pública, critério *controle do monitoramento*



Nota: os ID dos gráficos destacados em negrito não apresentaram diferenças significativas entre ETA. Unidades em %.

Já no critério *qualidade da água*, os ID cujas diferenças mais se destacaram foram **ASP-09**, **ASP-10** e **ASP-15**, todos associados ao parâmetro turbidez, e ainda o **ID ASP-13-a**. As ETA com pior desempenho foram A e D, distanciando-se das demais. Aparentemente, o parâmetro turbidez é o que mais afeta o desempenho entre as ETA. Observa-se na Figura 5.15 que os outros ID, além de apresentarem pouca variação, possuem valores médios e medianas próximos, ainda que significativas as diferenças entre as ETA.

**Figura 5.15.** Box-plot de comparação das ETA segundo indicador de desempenho para o tema *saúde pública*, critério *qualidade da água*

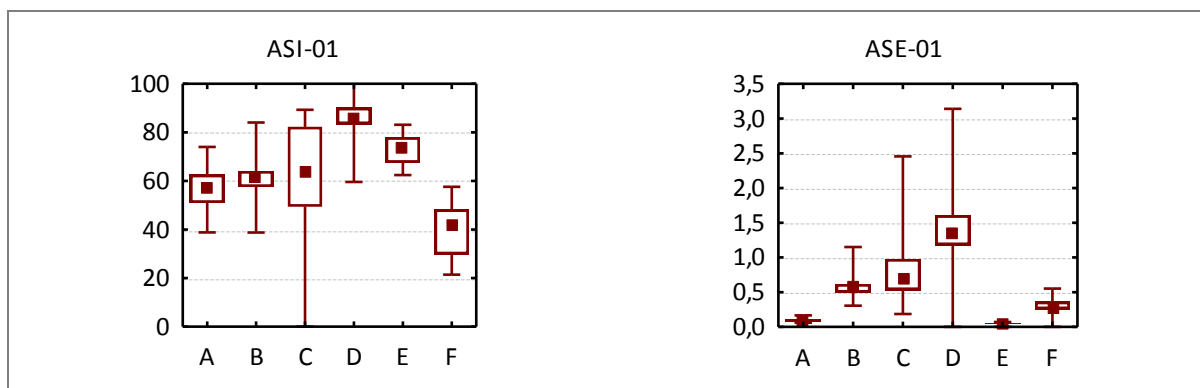


Nota: os ID dos gráficos destacados em **negrito** não apresentaram diferenças significativas entre ETA. Unidades em %.

No tema *infraestrutura*, a ETA D é a que apresenta maior comprometimento de sua capacidade hidráulica de tratamento. O impacto no SAA do município é amenizado por se

tratar da ETA de menor vazão ( $36 \text{ L s}^{-1}$ , média de 2011). A ETA F, com vazão de projeto de  $640 \text{ L s}^{-1}$ , é a que opera com maior folga. A comparação entre ETA encontra-se na Figura 5.16.

**Figura 5.16.** Box-plot de comparação das ETA segundo indicador de desempenho para o tema *infraestrutura*, critério *controle do monitoramento*, e tema *economia*, critério *custo*



Nota: unidades em % para ASI-01 e R\$ m<sup>-3</sup> para ASE-01.

Por fim, a análise do ID ASE-01: *Custo unitário de tratamento de água* (Figura 5.16), tema *economia*, constatou clara influência do porte da estação sobre esse ID: as ETA com maiores vazões apresentaram custo unitário de tratamento consideravelmente menor que as demais, possivelmente porque o aumento do número de funcionários, e consequentemente do custo de pessoal, não segue o aumento de vazão das ETA de forma proporcional.

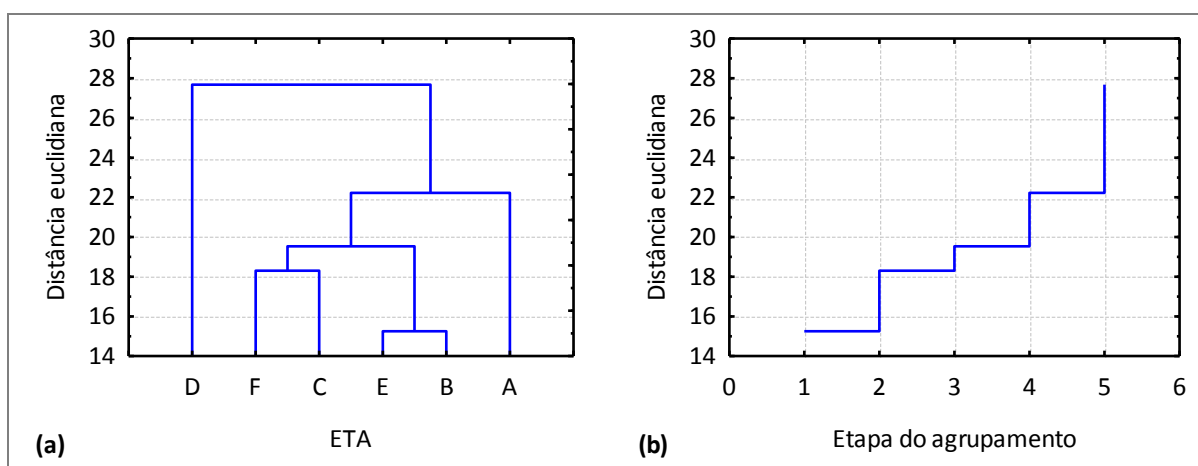
Em pesquisa realizada com 44 empresas prestadoras de serviços de abastecimento de água, Corton (2003) verificou que os custos com pessoal, especificamente salários, representaram mais de 40% dos custos operacionais em 31 delas. A autora ainda alerta que funcionários em excesso podem contribuir para baixa produtividade das empresas, fato que ocorre principalmente em empresas de pequeno porte (menor que 1.000 ligações).

As ETA A ( $1.790 \text{ L s}^{-1}$ ) e E ( $4.443 \text{ L s}^{-1}$ ) tiveram os menores custos médios, de 9,2 centavos e 4,7 centavos por metro cúbico, ao passo que a ETA D apresentou custo médio de R\$ 1,40 por metro cúbico. LIN (2005) recomenda que caso a classificação ou as notas de desempenho forem utilizadas no processo regulatório, deve-se ter atenção para que as empresas prestadoras com elevados custos, mas que fornecem serviço de alta qualidade, não sejam penalizadas indevidamente. No entanto, tal justificativa não se adequa à ETA D que, segundo os resultados anteriores, foi a que apresentou pior desempenho.

Deve-se considerar também que as ETA de pequeno porte tendem a ser implantadas em áreas relativamente pequenas e distantes das grandes áreas de abastecimento de água, seja por dificuldade na adução de água potável a partir da rede principal ou por economia, principalmente quando há mananciais adequados nas proximidades. Tais ETA desempenham papel importante permitindo o abastecimento de áreas isoladas, justificando por vezes o custo unitário de tratamento relativamente maior.

O dendograma resultante da análise de agrupamento é apresentado na Figura 5.17. Inicialmente foram estudadas três linhas de corte para formação dos grupos, escolhidas de acordo com o tamanho do salto (degrau) entre as etapas de agrupamento. A primeira situou-se entre as distâncias euclidianas de 22,2 (etapa quatro) e 27,7 (etapa cinco), mas foi descartada devido à formação de apenas dois grupos (F-C-E-B-A e D), um deles unitário, o que empobreceria a análise. Por sua vez, a segunda alternativa, entre as distâncias 15,2 (etapa um) e 18,3 (etapa 2), resultaria na formação de cinco grupos (D, F, C, E-B e A), quatro deles unitários, o que também não traria ganhos além dos aspectos já discutidos até aqui. Por isso, a análise de agrupamento foi centrada na linha de corte traçada entre as distâncias 19,5 (etapa 3) e 22,2 (etapa 4), a qual permite a formação de três grupos: D, F-C-E-B e A.

**Figura 5.17.** Dendograma para as seis ETA (a) e distâncias euclidianas ao longo das etapas de agrupamento (b)



A partir da distância euclidiana de corte de 27,7 verifica-se a formação de dois grupos, um constituído pela ETA D, isolada, e outro formado pelas ETA F-C-E-B-A. A ETA D, num contexto geral, caracteriza-se por apresentar os menores valores para os ID dentre todos os temas, por isso sua separação das demais ETA. Reduzindo a distância de corte para 22,2, um novo grupo unitário é formado pela ETA A, também caracterizada por desempenho inferior às

demais ETA. Entretanto, como não foi agrupada com a ETA D, pode-se inferir que, mesmo com desempenho ruim, ainda guarda muitas diferenças com a ETA D e é melhor que esta. Outra interpretação, mais razoável, considera que as duas ETA, A e D, possuem mau desempenho, contudo, para ID distintos.

Na análise dos três grupos formados a partir da distância euclidiana de 22,2 (D, F-C-E-B e A) o primeiro grupo apresentou, de forma clara, valores mais baixos para os ID *ASP-01*, *ASP-09*, *ASP-13-a*, *ASP-15* e *ASE-01* (sentido de preferência decrescente). Já o terceiro, composto pela ETA A, obteve os menores valores para *ASP-09*, *ASP-10* e *ASP-14*. Para o segundo grupo (ETA F-C-E-B) não foram observadas características que o destacasse dos demais, sendo marcado por grandes variações entre os valores dos ID. Cabe mencionar que todos esses ID apresentaram diferenças significativas entre as ETA. Não se observou relação das distâncias euclidianas, obtidas na formação dos grupos, com as variáveis tecnologia de tratamento ou vazão média.

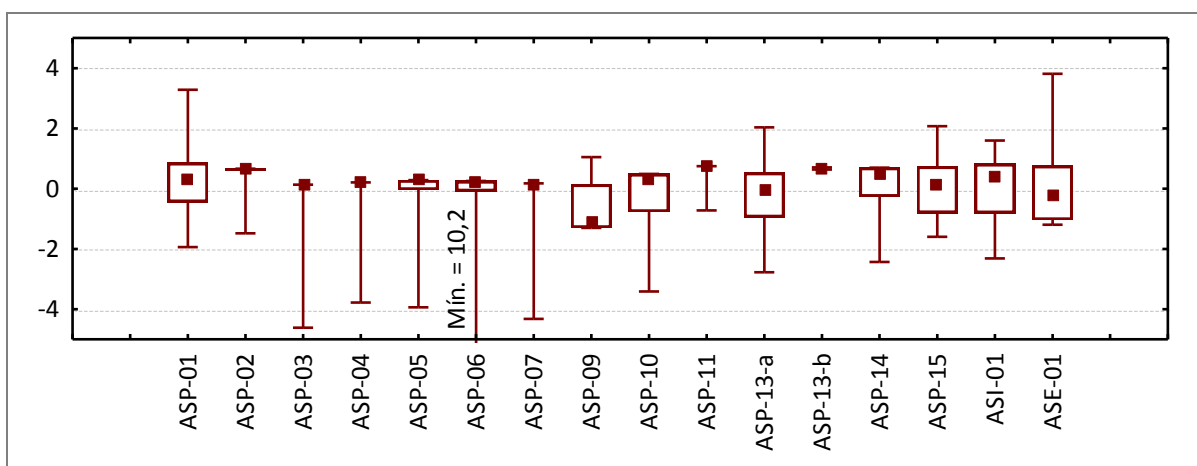
Neste item investigou-se a existência de diferenças significativas entre as ETA para cada ID. Cabe destacar que as diferenças encontradas, apesar de sustentadas pelos testes utilizados, podem fazer-se menos relevantes de acordo com o tipo de parâmetro (pH, por exemplo), a inexistência de valores de referência consolidados disponíveis na literatura (custo do tratamento de água) e amplitude de valores de referência estabelecidos e recomendados pela legislação pertinente (cloro livre, fluoreto).

Outra consideração refere-se ao contexto em que cada ETA se insere. Diferenças na qualidade da água bruta, nos processos e operações unitárias, no estado de conservação da infraestrutura e no porte de cada ETA são fatores que afetam os resultados aqui apresentados e que podem e devem ser utilizados para a discussão dos resultados. Apesar de este item propor a análise conjunta das ETA, entende-se que mais importante que a avaliação comparativa das estações é a verificação do atendimento ao padrão de potabilidade, a identificação de parâmetros cujos valores apresentem grandes discrepâncias ao longo da série histórica e a definição dos aspectos mais frágeis de cada estação, sobre os quais esforços devem ser envidados a fim de melhorar o desempenho.

## 5.4 Avaliação do sistema de indicadores de desempenho

Inicialmente, todos os indicadores foram padronizados. A distribuição dos valores dos ID é sintetizada na Figura 5.18. Em seguida, foram determinadas as correlações entre variáveis por meio do teste não paramétrico de Spearman, cujos resultados são apresentados na Tabela 5.27. Os ID *ASP-08-a*, *ASP-08-b* e *ASP-12* foram excluídos da análise por apresentarem baixa variação nos dados e muitos valores repetidos. Logo, o número total de variáveis da análise foi reduzido de 19 para 16 ID.

**Figura 5.18.** Box-plot dos indicadores de desempenho após padronização



Das 120 correlações avaliadas, foi observada correlação significativa em exatos 50 % dos pares. Os ID com maior número de correlações significativas com os demais foram *ASP-02*, *ASE-01*, *ASP-06* e *ASP-09*, ao passo que o ID *ASP-13-b: Atendimento ao valor de referência de fluoreto* ( $0,6 \text{ mg L}^{-1}$  a  $0,8 \text{ mg L}^{-1}$ ) apresentou correlação somente com o ID *ASE-01: Custo unitário de tratamento*. Em uma visão geral, pode-se dizer que de acordo com os as correlações apresentadas o conjunto de indicadores apresenta características que permitem a aplicação de técnicas de análise fatorial.

O coeficiente de adequabilidade à análise fatorial KMO acusou valor de 0,69, considerado nível de adequação razoável. O valor indica que as correlações parciais entre as variáveis são grandes o suficientes para que tornem o conjunto adequado à análise fatorial. Por fim, corroborando os resultados anteriores, o teste de Bartlett apontou para o valor  $p < 0,01$ , com a existência de dependência entre variáveis.

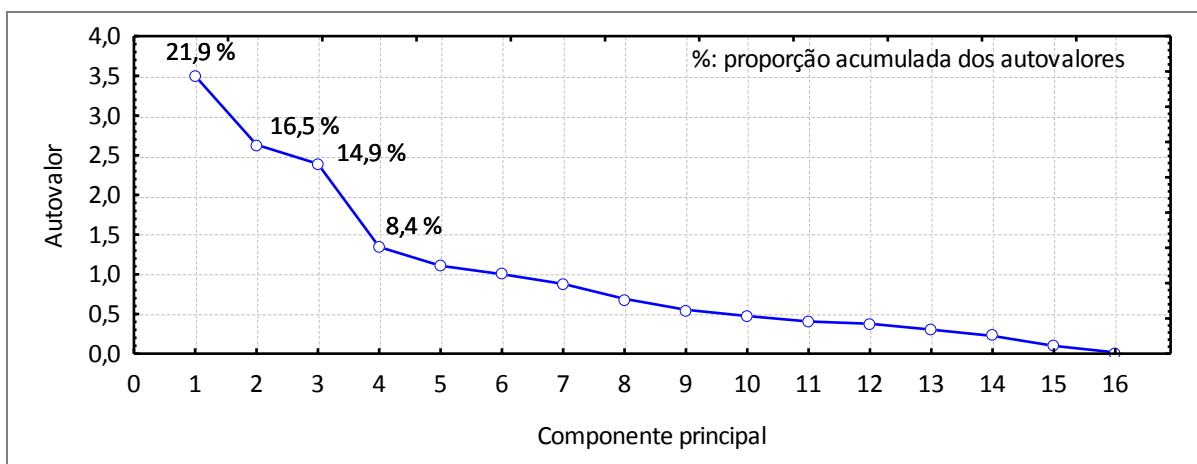
**Tabela 5.27.** Coeficientes de correlação de Spearman entre indicadores de desempenho

| ID       | ASP-01 | ASP-02 | ASP-03 | ASP-04 | ASP-05 | ASP-06 | ASP-07 | ASP-09 | ASP-10 | ASP-11 | ASP-13-a | ASP-13-b | ASP-14 | ASP-15 | ASI-01 | ASE-01 |
|----------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|----------|----------|--------|--------|--------|--------|
| ASP-01   | 1,00   | -0,02  | 0,14   | 0,22   | 0,13   | 0,14   | 0,00   | 0,05   | 0,09   | -0,05  | 0,32     | -0,03    | 0,03   | 0,23   | -0,45  | -0,42  |
| ASP-02   |        | 1,00   | 0,37   | 0,26   | 0,17   | 0,30   | -0,02  | 0,14   | 0,21   | 0,19   | 0,02     | -0,01    | 0,20   | 0,13   | 0,10   | -0,10  |
| ASP-03   |        |        | 1,00   | 0,61   | 0,41   | 0,36   | -0,03  | 0,12   | 0,09   | 0,04   | 0,07     | -0,02    | 0,01   | 0,02   | 0,07   | -0,09  |
| ASP-04   |        |        |        | 1,00   | 0,28   | 0,19   | -0,03  | 0,06   | 0,05   | 0,00   | 0,05     | 0,08     | -0,07  | 0,01   | -0,10  | -0,16  |
| ASP-05   |        |        |        |        | 1,00   | 0,17   | -0,03  | 0,07   | 0,13   | 0,02   | -0,01    | 0,09     | 0,13   | -0,01  | 0,01   | -0,02  |
| ASP-06   |        |        |        |        |        | 1,00   | 0,05   | 0,16   | 0,13   | -0,08  | 0,25     | -0,02    | 0,08   | 0,16   | 0,04   | -0,15  |
| ASP-07   |        |        |        |        |        |        | 1,00   | 0,16   | 0,09   | -0,03  | 0,09     | -0,03    | 0,18   | 0,07   | -0,06  | -0,18  |
| ASP-09   |        |        |        |        |        |        |        | 1,00   | 0,76   | 0,22   | 0,17     | 0,03     | 0,70   | 0,36   | -0,16  | -0,03  |
| ASP-10   |        |        |        |        |        |        |        |        | 1,00   | 0,38   | 0,05     | 0,00     | 0,94   | 0,48   | -0,05  | 0,09   |
| ASP-11   |        |        |        |        |        |        |        |        |        | 1,00   | -0,13    | -0,02    | 0,42   | 0,37   | 0,01   | 0,22   |
| ASP-13-a |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        | 1,00     | -0,05    | -0,10  | 0,55   | -0,36  | -0,36  |
| ASP-13-b |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |          | 1,00     | -0,02  | -0,11  | 0,02   | 0,10   |
| ASP-14   |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |          |          | 1,00   | 0,50   | 0,21   | 0,21   |
| ASP-15   |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |          |          |        | 1,00   | -0,07  | -0,11  |
| ASI-01   |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |          |          |        |        | 1,00   | 0,21   |
| ASE-01   |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |          |          |        |        |        | 1,00   |

Nota: os valores destacados são significativos ao nível de 5 %.

Na extração das componentes principais (CP) foram criadas 16 componentes, conforme a Figura 5.19. O critério pré-estabelecido para seleção das componentes, autovalores maiores que 1,0, foi alterado para 2,0, uma vez que os autovalores das componentes quatro, cinco e seis encontram-se muito próximos aos das componentes sete a 19. Como consequência dessa mudança, das seis componentes apresentadas na Tabela 5.28, foram estudadas apenas três.

**Figura 5.19.** Valor absoluto e proporção acumulada dos autovalores das componentes principais



Definidos os fatores, foram selecionados, em cada componente principal, os ID com correlação maior que 0,70:

- CP-1: ASP-10: *Atendimento ao valor de referência de turbidez (1,0 uT)*, ASP-11: *Atendimento ao valor de referência cor aparente* e ASP-14: *Atendimento simultâneo aos valores de referência de turbidez e de coliformes totais*;
- CP-2: nenhum ID foi selecionado;
- CP-3: ASP-03: *Atendimento ao número requerido de análises de turbidez* e ASP-04: *Atendimento ao número requerido de análises de cor aparente*.

Após o emprego da rotação *varimax* normalizada, a segunda componente recebeu os ID ASE-01: *Custo unitário de tratamento de água*, ASE-01: *Custo unitário de tratamento de água* e ASI-01: *Capacidade hidráulica de tratamento*. A terceira componente incluiu o ID ASP-05: *Atendimento ao número requerido de análises de pH* e a primeira não sofreu alteração no conjunto de ID associados a ela.

**Tabela 5.28.** Correlações entre indicadores e componente principais antes e após a rotação varimax (*factor loadings*)

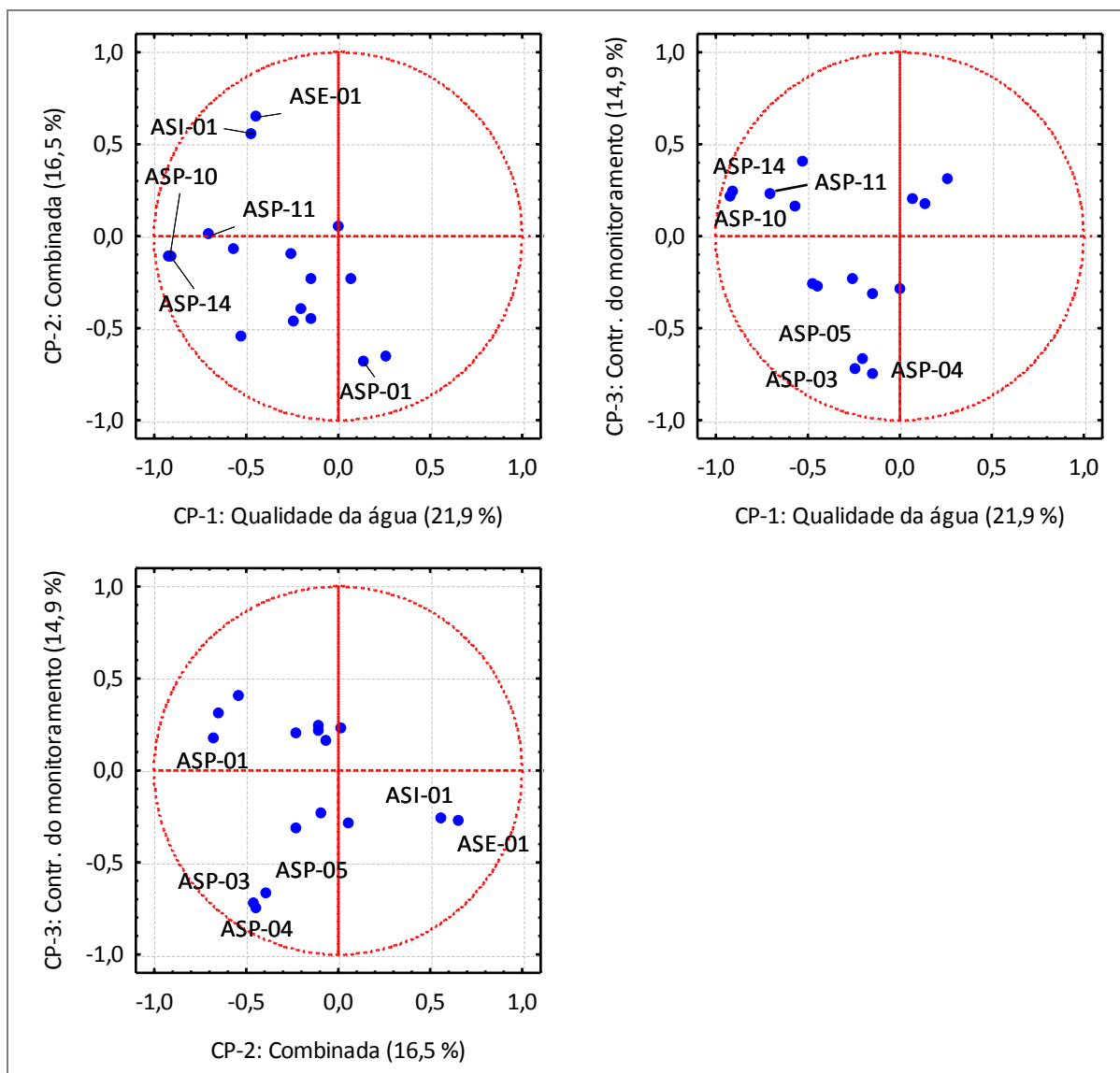
| ID                                                                   | Sem rotação |       |       |       |       |       | Com rotação varimax |       |       |       |       |       |
|----------------------------------------------------------------------|-------------|-------|-------|-------|-------|-------|---------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
|                                                                      | CP-1        | CP-2  | CP-3  | CP-4  | CP-5  | CP-6  | CP-1                | CP-2  | CP-3  | CP-4  | CP-5  | CP-6  |
| ASP-01                                                               | 0,14        | -0,68 | 0,18  | 0,32  | 0,05  | 0,21  | 0,12                | -0,78 | 0,16  | 0,01  | -0,09 | 0,07  |
| ASP-02                                                               | -0,25       | -0,09 | -0,22 | 0,11  | -0,65 | -0,20 | 0,14                | 0,06  | 0,29  | -0,12 | 0,69  | 0,06  |
| ASP-03                                                               | -0,25       | -0,46 | -0,71 | -0,06 | -0,13 | -0,10 | 0,04                | 0,02  | 0,86  | 0,18  | 0,19  | -0,01 |
| ASP-04                                                               | -0,15       | -0,44 | -0,74 | 0,13  | 0,05  | -0,01 | -0,02               | -0,07 | 0,88  | 0,02  | -0,03 | 0,03  |
| ASP-05                                                               | -0,20       | -0,39 | -0,66 | 0,16  | 0,15  | -0,01 | 0,06                | -0,04 | 0,81  | -0,01 | -0,13 | 0,00  |
| ASP-06                                                               | -0,15       | -0,23 | -0,31 | -0,74 | -0,02 | 0,07  | -0,06               | 0,24  | 0,28  | 0,76  | 0,06  | 0,01  |
| ASP-07                                                               | 0,06        | -0,23 | 0,21  | -0,01 | 0,25  | -0,83 | 0,00                | -0,15 | -0,02 | -0,03 | 0,04  | -0,91 |
| ASP-09                                                               | -0,57       | -0,07 | 0,16  | -0,19 | 0,41  | -0,20 | 0,55                | 0,20  | 0,02  | 0,23  | -0,26 | -0,36 |
| ASP-10                                                               | -0,92       | -0,11 | 0,22  | 0,16  | -0,01 | 0,01  | 0,95                | 0,11  | 0,08  | -0,03 | 0,08  | -0,02 |
| ASP-11                                                               | -0,70       | 0,01  | 0,23  | 0,25  | -0,09 | 0,15  | 0,76                | 0,06  | -0,03 | -0,15 | 0,08  | 0,17  |
| ASP-13-a                                                             | 0,26        | -0,65 | 0,32  | -0,44 | 0,04  | 0,20  | -0,08               | -0,59 | -0,11 | 0,68  | -0,04 | -0,02 |
| ASP-13-b                                                             | 0,01        | 0,06  | -0,29 | 0,22  | 0,63  | 0,24  | -0,02               | 0,05  | 0,26  | -0,18 | -0,70 | 0,09  |
| ASP-14                                                               | -0,91       | -0,11 | 0,24  | 0,15  | 0,02  | -0,03 | 0,95                | 0,10  | 0,06  | -0,02 | 0,07  | -0,07 |
| ASP-15                                                               | -0,53       | -0,55 | 0,41  | -0,29 | -0,04 | 0,15  | 0,66                | -0,30 | -0,05 | 0,56  | 0,09  | -0,02 |
| ASI-01                                                               | -0,47       | 0,56  | -0,26 | -0,37 | 0,05  | -0,04 | 0,18                | 0,83  | 0,02  | 0,13  | -0,03 | 0,04  |
| ASE-01                                                               | -0,45       | 0,65  | -0,28 | -0,12 | 0,03  | 0,14  | 0,20                | 0,78  | 0,02  | -0,11 | -0,09 | 0,26  |
| Autovalor                                                            | 3,50        | 2,63  | 2,39  | 1,34  | 1,11  | 1,00  | 3,26                | 2,51  | 2,46  | 1,54  | 1,12  | 1,09  |
| Proporção da variação dos ID explicada pela componente (%)           | 21,9        | 16,5  | 14,9  | 8,4   | 6,9   | 6,3   | 20,4                | 15,7  | 15,4  | 9,6   | 7,0   | 6,8   |
| Autovalor acumulado                                                  | 3,50        | 6,13  | 8,53  | 9,87  | 10,98 | 11,98 | 3,26                | 5,78  | 8,24  | 9,77  | 10,89 | 11,98 |
| Proporção acumulada da variação dos ID explicada pela componente (%) | 21,9        | 38,3  | 53,3  | 61,7  | 68,6  | 74,9  | 20,4                | 36,1  | 51,5  | 61,1  | 68,1  | 74,9  |

Nota: valores maiores que 70 % estão destacados.

As componentes principais um, dois e três foram denominadas, respectivamente, de *qualidade da água* (CP-1), *combinada* (CP-2) e *controle do monitoramento* (CP-3), abrangendo todos os temas e critérios de avaliação do sistema de ID proposto. Em relação à CP-2, observou-se forte relação com ID *ASP-01*, de natureza distinta, com os ID *ASI-01* e *ASE-02*, aspecto este que deve ser estudado de forma mais aprofundada em pesquisas futuras. Os planos fatoriais são apresentados na Figura 5.20. Resumidamente, os parâmetros mais representativos das diferenças observadas no desempenho das ETA foram:

- CP-1: qualidade da água: *ASP-10*, *ASP-11* e *ASP-14*;
- CP-2: combinada: *ASI-01*, *ASE-01* e *ASP-01*;
- CP-3: controle do monitoramento: *ASP-03*, *ASP-04* e *ASP-05*.

**Figura 5.20.** Planos fatoriais das componentes CP-1×CP-2, CP-1×CP-3 e CP-2×CP-3



## 6 CONCLUSÕES

A interface regulador-regulado é um tema propício para muitas discussões acerca da qualidade da prestação de serviços públicos, principalmente a partir do momento em que a reguladora tende a atuar não somente sobre os resultados, mas também nos processos, determinando como os resultados devem ser obtidos. Como produto principal desta pesquisa é apresentado um sistema de ID para avaliação de ETA sob a perspectiva de uma entidade reguladora.

Acredita-se que os métodos empregados para seleção dos elementos do sistema, processamento de dados e interpretação de resultados, bem como discussões acerca dos limites e perfil de atuação, aspectos do tratamento de água e métodos de medição de desempenho, possam contribuir para o desenvolvimento e aperfeiçoamento da fiscalização indireta e da regulação. A seguir são apresentados os principais achados da pesquisa.

### **6.1 Levantamento de sistemas de indicadores de desempenho**

Dentre os dez órgãos/entidades pesquisadas, a *International Water Association* (IWA) e o Comitê Nacional da Qualidade Abes (CNQA) foram as que apresentaram maior número de indicadores específicos para avaliação de ETA, alcançando 75 e 34, respectivamente. A partir dos 423 ID levantados, a proporção de ID de ETA é relativamente pequena (9 %), possivelmente em decorrência dos sistemas levantados serem voltados para a análise global de sistemas de abastecimento de água. Entretanto, ao se comparar o número de ID específicos para cada unidade do sistema, a ETA assume a segunda posição como unidade com maior proporção de ID.

Em sistemas de abastecimento de água, os temas de avaliação de maior importância foram *infraestrutura* (36 % indicadores) e *economia* (25 %), ao passo que para ETA foi o tema *saúde pública* (57 %). O predomínio de ID de ETA para o tema *saúde pública* pode ser atribuído ao critério *qualidade da água*, para o qual se verificou a maior proporção de ID (65 %) dentre todos os critérios de avaliação de ETA.

Alternativamente, a adaptação de ID empregados na avaliação de outras dimensões de sistemas de abastecimento tem potencial para equilibrar esse quadro, proporcionando distribuição mais homogênea dos ID e permitindo uma análise, de fato, global. A adaptação de outros ID, porém, não é suficiente para permitir avaliação adequada dos temas

planejamento e gestão e relacionamento com o usuário, sendo o tema *meio ambiente* o que mais carece de desenvolvimento.

## **6.2 Sistema de indicadores de desempenho proposto**

O sistema de indicadores de desempenho proposto é composto por três temas, quatro critérios de avaliação e 19 indicadores. As informações de contexto encontram-se agrupadas em seis itens:

- i) localização;
- ii) descrição da ETA;
- iii) características do manancial;
- iv) descrição das reformas;
- v) destino final de resíduos;
- vi) equipamentos de monitoramento de qualidade da água.

Para o tema *infraestrutura*, foi definido o critério *adequação com a capacidade hidráulica* e o ID *ASI-01: Capacidade hidráulica de tratamento*. Já para o tema *economia*, foi definido o critério *custos* e o ID *ASE-01: Custo unitário de tratamento de água*. Os ID do tema *saúde pública* são os seguintes:

- Critério *controle do monitoramento*:
  - ASP-01: Atendimento ao número requerido de análises de coliformes totais;
  - ASP-02: Atendimento ao número requerido de análises de cloro residual livre;
  - ASP-03: Atendimento ao número requerido de análises de turbidez;
  - ASP-04: Atendimento ao número requerido de análises de cor aparente;
  - ASP-05: Atendimento ao número requerido de análises de pH;
  - ASP-06: Atendimento ao número requerido de análises de fluoreto;
- Critério *qualidade da água*:
  - ASP-07: Atendimento ao padrão de coliformes totais;
  - ASP-08-a: Atendimento ao valor de referência de cloro residual livre;
  - ASP-08-b: Atendimento ao valor de referência de cloro residual livre;
  - ASP-09: Atendimento ao valor de referência de turbidez da água filtrada (0,5 uT);
  - ASP-10: Atendimento ao valor de referência de turbidez da água filtrada (1,0 uT);
  - ASP-11: Atendimento ao valor de referência de cor aparente;
  - ASP-12: Atendimento ao valor de referência de pH;

- ASP-13-a: Atendimento ao valor de referência de fluoreto ( $0,6 \text{ mg L}^{-1}$  a  $0,8 \text{ mg L}^{-1}$ );
- ASP-13-b: Atendimento ao valor de referência de fluoreto ( $0,6 \text{ mg L}^{-1}$  a  $1,5 \text{ mg L}^{-1}$ );
- ASP-14: Atendimento simultâneo aos valores de referência de turbidez e coliformes totais;
- ASP-15: Atendimento geral às metas de qualidade.

### **6.3 Avaliação de desempenho das estações de tratamento de água**

#### **6.3.1 Análise estática**

A análise individual das ETA revelou coerência dos valores dos ID do critérios *controle do monitoramento* para com as respectivas metas. Quanto ao critério *qualidade da água*, as ETA A, B e D inspiram cuidados, principalmente no atendimento aos padrões de turbidez. Na ETA A observou-se valores médios de 63 % para ASP-10 e de 10 % para ASP-09, ao passo que na ETA B é preocupante a presença de valores nulos para o ID ASP-10. Na ETA D os valores do ID ASP-09 foram muito baixos em relação aos demais, não superando 6 % em mais da metade dos meses avaliados, com média de 21 %. Além disso, esta ETA apresentou eventos de sobrecarga que podem ter contribuído para seu mau desempenho. Acredita-se que tais ETA enfrentarão dificuldades para atendimento dos novos percentuais de atendimento à turbidez estabelecidos pela Portaria 2.914 (BRASIL, 2011a).

#### **6.3.2 Análise dinâmica**

Dos 100 testes realizados, foi verificada variação sazonal significativa em 17 casos. Os ID dos temas *economia* e *infraestrutura* não apresentaram variação sazonal, com exceção apenas do ID ASI-01 (ETA A), com variação discreta. Os ID do tema *saúde pública* mostraram-se os mais impactados com a variação sazonal, apresentando valores maiores nos bimestres do período seco (S1, S2 e S3) e menores nos do período chuvoso (C1, C2 e C3), principalmente para o critério *qualidade da água*.

Aparentemente, a captação em barragem não se fez preponderante sobre a variação sazonal, já que todas as ETA apresentaram tal comportamento para um ou outro ID. Porém, somente nas ETA que não dispõem dessa condição houve variação sazonal de ID diretamente relacionados à turbidez, notadamente ASP-09 e ASP-10. Nesses casos foi clara a redução dos valores dos ID no período chuvoso e a relação com o aumento da concentração de sólidos suspensos na água bruta mostrou-se mais evidente.

Foram verificadas tendências significativas para 29 ID. Para os ID do tema *saúde pública* com existência de tendência significativa não foi verificada convergência quanto ao sentido, se crescente ou decrescente. No item infraestrutura, o ID *ASI-01: Capacidade hidráulica de tratamento* apresentou tendência significativa de crescimento em cinco das seis ETA, em virtude do aumento da vazão demandada. Redução nesse ID foi observada apenas para a ETA D. O ID *ASE-01: Custo unitário de tratamento de água* apresentou decréscimo significativo em três ETA (A, E e F) e aumento em uma (B). A redução deste ID pode ser associada ao aumento de vazão, denominador na equação de cálculo do ID.

### 6.3.3 Análise comparativa

Dos 19 ID testados, verificaram-se diferenças significativas entre ETA para 13 ID. No critério *qualidade da água*, os ID cujas diferenças mais se destacaram foram *ASP-09*, *ASP-10* e *ASP-15*, todos associados ao parâmetro turbidez, e ainda o ID *ASP-13-a*. As ETA com pior desempenho foram A e D, distanciando-se das demais. Aparentemente, o parâmetro turbidez é o que mais afeta o desempenho entre as ETA. Os outros ID, além de apresentarem pouca variação, possuem valores médios e medianas próximos, ainda que significativas as diferenças entre as ETA. Para os ID *ASP-04*, *-06*, *-07* e *-11* as diferenças significativas, não levaram ao distanciamento considerável entre as ETA.

No tema *infraestrutura*, a ETA D é a que apresenta maior comprometimento de sua capacidade hidráulica de tratamento. Em relação ao tema *economia*, constatou-se clara influência do porte da estação sobre o ID *ASE-01: Custo unitário de tratamento de água*: as ETA com maiores vazões apresentaram custo unitário de tratamento significativamente menor, contribuindo para tarifas menores para o consumidor.

Na análise de agrupamento, estudou-se três grupos de ETA: (i) D, (ii) F-C-E-B e (iii) A. O primeiro grupo apresentou, de forma clara, valores mais baixos para os ID *ASP-01*, *ASP-09*, *ASP-13-a*, *ASP-15* e *ASE-01* (sentido de preferência decrescente). Já o terceiro, composto pela ETA A, obteve os menores valores para *ASP-09*, *ASP-10* e *ASP-14*. Para o segundo grupo (ETA F-C-E-B) não foram observadas características que o destacasse dos demais, sendo marcado por grandes variações entre os valores dos ID.

## **6.4 Avaliação do sistema de indicadores de desempenho**

Foram identificadas três componentes principais, denominadas qualidade da água (CP-1), combinada (CP-2) e *saúde pública* (CP-3), abrangendo todos os temas e critérios de avaliação do sistema de ID proposto. Em relação à CP-2, observou-se forte relação com ID *ASP-01*, de natureza distinta, com os ID *ASI-01* e *ASE-02*, aspecto este que deve ser estudado de forma mais aprofundada. Resumidamente, os parâmetros mais representativos das diferenças observadas no desempenho das ETA foram:

- CP-1: qualidade da água: *ASP-10*, *ASP-11* e *ASP-14*;
- CP-2: combinada: *ASI-01*, *ASE-01* e *ASP-01*;
- CP-3: qualidade da água: *ASP-03*, *ASP-04* e *ASP-05*.

## **6.5 Recomendações**

Na presente pesquisa as ETA foram tomadas como objeto de estudo para o desenvolvimento do sistema de indicadores de desempenho. Todavia, por constituírem-se em unidades intermediárias de sistemas de abastecimento de água, alto desempenho e atendimento integral das metas do sistema de avaliação e das estabelecidas por lei não é garantia de que os consumidores terão acesso a um serviço de qualidade e que atenda às suas expectativas. Logo, recomenda-se o desenvolvimento de um sistema de indicadores para sistemas de abastecimento de água, a fim de que o atendimento aos consumidores possa ser avaliado em plenitude, incluindo, por exemplo, unidades de reservação e de distribuição.

Quanto à seleção dos indicadores-base para desenvolvimento de futuros sistemas de avaliação, recomenda-se que na etapa de levantamento sejam inclusos e discutidos indicadores que porventura já sejam empregados pelo prestador de serviço regulado. A abrangência desses indicadores pode favorecer a integração entre os procedimentos de coleta e análise de dados de monitoramento, o uso de métricas de mensuração de desempenho semelhantes e a coerência entre os resultados das avaliações de desempenho externas (executada pela agência reguladora) e interna (executada pelo próprio prestador do serviço).

Os dados de monitoramento de qualidade da água das ETA para o cálculo dos indicadores de desempenho foram disponibilizados na forma de médias diárias. O uso desta estatística como variável de entrada limita a interpretação dos resultados, conduzindo a subestimativas ou superestimativas dos indicadores, a menor variação dos valores calculados (desvio-padrão,

variância, coeficiente de variação), a menor número de *outliers* e a menor poder dos testes estatísticos, devido à redução do tamanho amostral. Por isso recomenda-se o uso dos resultados individuais das análises de qualidade da água bem como dos dados brutos de quaisquer outros aspectos mensuráveis, sem o uso de médias ou outra medida de posição em substituição aos dados originais.

A agência reguladora tomada como estudo de regula apenas uma empresa prestador de serviço de abastecimento de água. Tal fato associada ao número de ETA (nove) permite que a frequência de repasse de dados do prestador para o regulador ocorra com frequência mensal. Porém, a frequência deve ser revista no caso de agências que regulem muitos prestadores ou ETA, podendo ser reduzida para semestral ou até mesmo anual. Como trata-se de atividade que não envolve somente a agência reguladora, a frequência deve ser discutida previamente com o prestador do serviço de abastecimento de água.

Por fim, o conjunto de indicadores de desempenho proposto contemplou somente três temas de avaliação (*saúde pública, infraestrutura e economia*) em relação aos cinco objetivos inicialmente apresentados como de interesse da agência reguladora. A remoção dos temas associados à sustentabilidade ambiental e ao relacionamento com o usuário, bem como de critérios adicionalmente propostos (*absenteísmo, distribuição funcional e segurança*), deu-se por meio da desconsideração dos respectivos indicadores. Portanto, recomenda-se que maiores esforços sejam envidados na definição de objetivos do sistema de avaliação com o propósito de assegurar maior concordância no encadeamento de temas, critérios e indicadores.

## REFERÊNCIAS

- ABAR – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE AGÊNCIAS DE REGULAÇÃO. *Saneamento Básico: Regulação 2013*. Fortaleza: Expressão Gráfica e Editora, 2013a. 92 p.
- \_\_\_\_\_. Histórico. Design: Conectando Pessoas. 2013b. Disponível em: <http://www.abar.org.br/historico.html>>. Acesso em 08 out. 2013.
- ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 12216: Projeto de estação de tratamento de água para abastecimento público*. Rio de Janeiro: ABNT, 1992. 18 p.
- \_\_\_\_\_. *NBR ISO 14031: Gestão ambiental – Avaliação de desempenho ambiental – Diretrizes*. Rio de Janeiro: ABNT, 2004. 38 p.
- \_\_\_\_\_. *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: ABNT, 2012.
- ALEGRE, H.; BAPTISTA, J. M.; CABRERA JUNIOR, E.; CUBILLO, F.; DUARTE, P.; HIRNER, W.; MERKEL, W.; PARENA, R. *Performance indicators for water supply services*. 2. ed. IWA, 2006. 312 p.
- ALEXANDRA, J.; HIGGINS, J.; WHITE, T. *Environmental indicators for national state of the environment reporting - Local and Community Uses*, Australia: State of the Environment (Environmental Indicator Reports). Canberra: Department of the Environment, 1998.
- APHA – AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION; AWWA – AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION; WEF – WATER ENVIRONMENT FEDERATION. *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. 20. ed. Washington, D.C.: American Public Health Association, 1998. 1.220 p.
- AWWA – AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION. 2012 *Utility benchmarking survey: performance indicators for water and wastewater utilities*. Disponível em: <http://www.awwa.org/resources-tools/water-utility-management/benchmarking.aspx>>. Acesso em 21 out. 2013.
- BASTOS, R. K. X. Controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano – evolução da legislação brasileira. In: CONGRESSO REGIONAL DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL DA 4ª REGIÃO DA AIDIS, 4, São Paulo, 2003. *Anais...* CD-ROM, Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, Rio de Janeiro, 2003.
- BRAADBAART, O. Collaborative benchmarking, transparency and performance: Evidence from The Netherlands water supply industry. *Benchmarking: An International Journal*, v. 14, n. 6, p. 677-692, 2007.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria nº 635, de 26 de dezembro de 1975. Aprova normas e padrões sobre a fluoretação da água de sistemas públicos de abastecimento. *Diário Oficial da República Federativa do Brasil*: Brasília-DF, 1975.
- \_\_\_\_\_. Ministério da Saúde. Portaria nº 1469, de 29 de dezembro de 2000. Estabelece os procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade, e dá outras providências. *Diário Oficial da República Federativa do Brasil*: Brasília-DF, 2000.

- \_\_\_\_\_. Ministério da Saúde. Portaria nº 518, de 25 de março de 2004. Estabelece os procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade, e dá outras providências. *Diário Oficial da República Federativa do Brasil*: Brasília-DF, 2004.
- \_\_\_\_\_. Lei nº 11.445, de 05 de janeiro de 2007. Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico. *Diário Oficial da República Federativa do Brasil*. Brasília-DF, 2007.
- \_\_\_\_\_. Ministério da Saúde. Portaria nº 2.914 de 12 de dezembro de 2011. Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. *Diário Oficial da República Federativa do Brasil*: Brasília-DF, 2011a.
- \_\_\_\_\_. Lei nº 12.305, de 02 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. *Diário Oficial da República Federativa do Brasil*: Brasília-DF, 2010.
- \_\_\_\_\_. Conselho Nacional de Meio Ambiente. Resolução CONAMA nº 430, de 13 de maio de 2011. Dispõe sobre condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005. *Diário Oficial da República Federativa do Brasil*. Brasília-DF, 2011b.
- BROWN, R. M.; MCCLELLAND, N. I.; DEININGER, R. A.; TOZER, R.G. Water quality index - do we dare? *Water Sewage Works*, v. 117, n. 10, p. 339-343, 1970.
- CHANG, E.-E.; CHIANG, P.-C.; HUANG, S.-M.; LIN, Y.-L. Development and implementation of performance evaluation system for a water treatment plant: case study of Taipei Water Treatment Plant. *Practice Periodical of Hazardous, Toxic, and Radioactive Waste Management*, v. 11, n. 1, p. 36-47, 2007.
- CNQA – COMITÊ NACIONAL DA QUALIDADE ABES. Prêmio Nacional de Qualidade em Saneamento (PNQS). *Guia: regulamento e critérios de avaliação*. Belo Horizonte: Comitê Nacional da Qualidade ABES, 2013. Disponível em: <<http://www.pnqs.com.br/guias.php>>. Acesso em: 19 ago. 2013.
- COELLI, T.; ESTACHE, A.; PERELMAN, S.; TRUJILLO, L. *A Primer on Efficiency Measurement for Utilities and Transport Regulators*. Washington D.C.: The World Bank, 2003.
- CONFORTO, G. Descentralização e regulação da gestão de serviços públicos. *Revista de Administração Pública*, v. 32, n. 1, p. 27-40, 1998.
- CORTON, M. L. Benchmarking in the Latin American water sector: the case of Peru. *Utilities Policy*, v. 11, n. 3, p. 133-142, 2003.
- CORTON, M. L.; BERG, S. V. Benchmarking Central American water utilities. *Utilities Policy*, v. 17, n. 3-4, p. 267-275, 2009.
- COULIBALY, H. D.; RODRIGUEZ, M. J. Development of performance indicators for small Quebec drinking water utilities. *Journal of Environmental Management*, v. 73, n. 3, p. 243-255, 2004.
- EHRHARDT, D.; GROOM, E.; HALPERN, J.; O'CONNOR, S. Economic Regulation of WSS services: Some Practical Lessons. Water Sector Board Discussion Paper #9, April 2007, Washington, DC: World Bank.
- ERSAR – ENTIDADE REGULADORA DOS SERVIÇOS DE ÁGUA E RESÍDUOS; LNEC – LABORATÓRIO NACIONAL DE ENGENHARIA CIVIL. *Guia de avaliação da*

*qualidade dos serviços de água e resíduos prestados aos utilizadores*. Versão 2. Lisboa: Serviços Gráficos, 2013.

FGV – FUNDAÇÃO GETÚLIO VARGAS. Índice geral de preço: Mercado. 2012.

Disponível em:

<http://portalibre.fgv.br/main.jsp?lumPageId=402880811D8E34B9011D984D6E3C34A9&lumII=4028809721B25DFC0121B28826DB400C>>. Acesso em: 01 mai. 2012.

GALVÃO JÚNIOR, A. C. Regulação da qualidade e controle social. In: GALVÃO JÚNIOR, A. C.; SILVA, A. C. *Regulação: indicadores para a prestação de serviços de água e esgoto*. 2. ed. Fortaleza: Expressão Gráfica e Editora Ltda., 2006. 204 p.

GALVÃO JÚNIOR, A. C.; SILVA, A. C.; QUEIROZ, E. A.; BASÍLIO SOBRINHO, G. *Regulação: procedimentos de fiscalização em sistemas de abastecimento de água*. Fortaleza: Expressão Gráfica Ltda., ARCE, 2006.

GALVÃO JÚNIOR, A. C.; XIMENES, M. M. A. F. *Regulação: normatização da prestação de serviços de água e esgoto*. Fortaleza: ARCE, 2008. 512 p.

GERLACH, E.; FRANCEYS, R. Regulating Water Services for All in Developing Economies. *World Development*, v. 38, n. 9, p. 1.229-1.240, 2010.

GRTB – GRUPO REGIONAL DE TRABAJO DE BENCHMARKING. *Informe anual*. Buenos Aires: ADERASA, 2012.

GUÉRIN-SCHNEIDER, L.; NAKHLA, M. Emergence of an innovative regulation mode in water utilities in France: between commission regulation and franchise bidding. *European Journal of Law and Economics*, v. 33, n. 1, p. 23-45, 2012.

HAMMOND, A.; ADRIAANSE, A.; RODENBURG, E.; BRYANT, D.; WOODWARD, R. Environmental indicators: a systematic approach to measuring and reporting on environmental policy performance in the context of sustainable development. Washington: World Resources Institute, 1995. 43 p.

HOLLING, C. S. *Adaptive environmental assessment and management*. Chichester-UK: John Wiley & Sons, 1978. Disponível em: <[http://www.iiasa.ac.at/publication/more\\_XB-78-103.php](http://www.iiasa.ac.at/publication/more_XB-78-103.php)>. Acesso em: 09 mai. 2013.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Índices de Preços ao Consumidor: IPCA e INPC. 2012. Disponível em: <[http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/precos/inpc\\_ipca/ipca-inpc\\_201211\\_1.shtm](http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/precos/inpc_ipca/ipca-inpc_201211_1.shtm)>. Acesso em: 01 mai. 2012.

\_\_\_\_\_. Estados. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/estadosat/index.php>>. Acesso em: 05 dez. 2013.

INMET – Instituto Nacional de Meteorologia. Gráficos climatológicos. Brasília. Disponível em: <<http://www.tempoagora.com.br/previsaodotempo.html/brasil/climatologia/Brasilia-DF/http://www.inmet.gov.br/portal/>>. Acesso em: 07 fev. 2013. (Site)

ISO – INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. *ISO 24510 – Activities relating to drinking water and wastewater services - Guidelines for the assessment and for the improvement of the service to users*. 1. ed. Geneva: ISO, 2007. 62 p.

KAISER, H.F. A second generation Little Jiffy. *Psychometrika*, v. 35, n. 4, p. 401-415, 1970.

KAUFMAN, R. Preparing Useful Performance Indicators. *Training and Development Journal*, v. 42, n. 9, p. 80-83, 1988.

- LANCKER, E.; NIJKAMP, P. A policy scenario analysis of sustainable agricultural development options: a case study for Nepal. *Impact Assessment and Project Appraisal*, v. 18, n. 2, p. 111-124, 2000.
- LIN, C. Service quality and prospects for benchmarking: Evidence from the Peru water sector. *Utilities Policy*, v. 13, n. 3, p. 230-239, 2005.
- LOPES, V. C. Proposição de um índice para avaliação do desempenho de estações convencionais de tratamento de água. Dissertação (Mestrado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos) – Escola de Engenharia, UFMG, Belo Horizonte, 2005.
- MALHEIROS, T. F.; PHILIPPI JR, A.; COUTINHO, S. M. V. Interfaces dos serviços de água e esgoto. In: GALVÃO JÚNIOR, A. C.; SILVA, A. C. *Regulação: indicadores para a prestação de serviços de água e esgoto*. 2. ed. Fortaleza: Expressão Gráfica e Editora Ltda., 2006. 204 p.
- MARQUES, R. C.; SIMÕES, P. Does the sunshine regulatory approach work? Governance and regulation model of the urban waste services in Portugal. *Resources, Conservation and Recycling*, v. 52, n. 8-9, p. 1.040-1.049, 2008.
- MEADOWS, D. *Indicators and information systems for sustainable development*. Hartland, VT: The Sustainability Institute, 1998.
- MICROSOFT Professional Plus 2010, versão 14. [S.I.]: Microsoft Corporation, 2010. Conjunto de programas.
- MOLINARI, A. Panorama mundial. In: GALVÃO JÚNIOR, A. C.; SILVA, A. C. *Regulação: indicadores para a prestação de serviços de água e esgoto*. 2. ed. Fortaleza: Expressão Gráfica e Editora Ltda., 2006. 204 p.
- OECD – ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT. *Core set of indicators for environmental performance reviews*. A synthesis report by the group on the state of the environment. Paris: OECD, 1993.
- OECD – ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT - OECD. *Environmental indicators: development, measurement and use*. Paris: OECD, 2003.
- OECD – ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT - OECD. *Key environmental indicators*. Paris: OECD, 2008.
- OFWAT – OFFICE OF WATER SERVICE. International Comparison of Water and Sewerage Service: 2005 Report. Birmingham: OFWAT, 2005. 75 p.
- OFWAT – WATER SERVICES REGULATION AUTHORITY. Appendix 1: A consultation on measuring and reporting our performance. In: \_\_\_\_\_. Annual report and accounts 2012-13. London: The Stationery Office Limited, 2013.
- PASW STATISTICS (Statistical Package for the Social Sciences – SPSS), versão 18. [S.I.]: IBM Software, Inc., 2009. Programa para análise de dados.
- PEROTTO, E.; CANZIANI, R.; MARCHESI, R.; BUTELLI, P. Environmental performance, indicators and measurement uncertainty in EMS context: a case study. *Journal of Clean Production*, v. 16, n. 4, p. 517-530, 2008.
- PETERSON, P. J.; WILLIAMS, W. P.; YANG, L.; WANG, W.; HOU, S.; LI, R.; TAN, J. Development of Indicators Within Different Policy Contexts for Endemic Arsenic Impacts in the People's Republic of China. *Environmental Geochemistry and Health*, v. 23, n. 2, p. 159-172, 2001.

- PIZA, F. J. T.; PAGANINI, W. S. Uma proposta de indicadores. In: GALVÃO JUNIOR, A. C.; SILVA, A. C. *Regulação, indicadores para a prestação dos serviços de água e esgoto*. Fortaleza: Expressão Gráfica; ARCE, 2006.
- SADIQ, R.; RODRIGUEZ, M. J. Interpreting drinking water quality in the distribution system using Dempster-Shafer theory of evidence. *Chemosphere*, v. 59, n. 2, p. 177-188, 2005.
- SILVA, A. C.; BASÍLIO SOBRINHO, G. Regulação dos serviços de água e esgoto. In: GALVÃO JÚNIOR, A. C.; SILVA, A. C. *Regulação: indicadores para a prestação de serviços de água e esgoto*. 2. ed. Fortaleza: Expressão Gráfica e Editora Ltda., 2006. 204 p.
- SINGH, R. K.; MURTY, H. R.; GUPTA, S.K.; DIKSHIT, A. K. An overview of sustainability assessment methodologies. *Ecological Indicators*, v. 15, n. 1, p. 281-299, 2012.
- SNSA – SECRETARIA NACIONAL DE SANEAMENTO AMBIENTAL. *Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento: diagnóstico de serviços de água e esgotos* - 2010. Brasília: Ministério das Cidades; SNSA, 2012. Disponível em: <<http://www.snis.gov.br/PaginaCarrega.php?EWRErterterTERTer=95>>. Acesso em: 07 jan. 2013.
- STATISTICA, versão 8.0. Tulsa, USA: Statsoft, Inc., 2007. Programa para análise de dados.
- TUPPER, H. C; RESENDE, M. Efficiency and regulatory issues in the Brazilian water and sewage sector: an empirical study. *Utilities Policy*, v. 12, n. 1, p. 29-40, 2004.
- UNEP – UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME; RIVM – NATIONAL INSTITUTE FOR PUBLIC HEALTH AND THE ENVIRONMENT. *An overview of environmental indicators: state of the art and perspectives*. UNEP/EATR.94-01; RIVM/402001001. In: ENVIRONMENTAL ASSESSMENT SUB-PROGRAMME. Nairobi: UNEP; 1994. 72 p.
- USEPA – UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. National Primary Drinking Water Regulations (EPA 816-F-09-0004). Washington, D.C.: USEPA, 2009. Disponível em: <<http://water.epa.gov/drink/contaminants/index.cfm>>. Acesso em: 08 fev. 2013.
- VIEIRA, P.; ROSA, M. J.; ALEGRE, H.; RAMALHO, P.; SILVA, C.; LUCAS, H. Avaliação de desempenho de estações de tratamento de água. *Águas & Resíduos*, v. 3, n. 9, p. 4-17, jan./abr. 2009.
- VON SPERLING, T. L. *Estudo da utilização de indicadores de desempenho para avaliação da qualidade dos serviços de esgotamento sanitário*. 2010. 134 f. Dissertação (Mestrado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2010.
- WALZ, R.; OSTERTAG, K.; BLOCK, N. *Synopsis of selected indicator systems for sustainable development*: Report for the research project “Further development of indicator systems for reporting on the environment” of the Federal Ministry of the Environment. Karlsruhe: Fraunhofer Institute for Systems and Innovation Research, 1995. 69 p.
- WALZ, R. Development of environmental indicators system: experience from Germany. *Environmental Management*, v. 25, n. 6, p. 613-623, 2000.

- WHO – WORLD HEALTH ORGANIZATION. *Guidelines for Drinking-water Quality*. WHO, 2011. Disponível em:  
<[http://www.who.int/water\\_sanitation\\_health/publications/2011/dwq\\_guidelines/en/index.html](http://www.who.int/water_sanitation_health/publications/2011/dwq_guidelines/en/index.html)>. Acesso em: 08 fev. 2013.
- WORLD BANK. The International Benchmarking Network for Water and Sanitation Utilities (IBNET). *The IBNET Water Supply and Sanitation Performance Blue Book - The International Benchmarking Network for Water and Sanitation Utilities Databook*. Washington DC: The World Bank, 2011. 152 p.
- WSAA – WATER SERVICES ASSOCIATION OF AUSTRALIA. Publications; Reports; 2011-12 National Performance Report Part B. National Water Commission, 2012. Disponível em:  
<<https://www.wsaa.asn.au/WSAAPublications/Pages/Corporate.aspx#.UmqdbPmkpEJ>>. Acesso em: 18 abr. 2013.
- XIMENES, M. M. A. F. A ABAR e a construção de instrumentos para a regulação. In: GALVÃO JÚNIOR, A. C.; SILVA, A. C. *Regulação: indicadores para a prestação de serviços de água e esgoto*. 2. ed. Fortaleza: Expressão Gráfica e Editora Ltda., 2006. 204 p.
- XLSTAT, versão 2014.1.01. [S.I.]: Addinsoft, 2014. Aplicações estatísticas e análise de dados para MICROSOFT EXCEL®.
- ZIMERMANN, D. M. H. *O uso de Indicadores de Desempenho para Planejamento e Regulação dos Serviços de Abastecimento de Água: SAA Capinzal/Ouro*. 2010. 188 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2010.

## APÊNDICES

### **APÊNDICE A – Variáveis quantitativas de projeto e de operação de estações de tratamento de água recomendadas pela NBR 12216 (ABNT, 1992)**

(continua)

| <b>Mistura rápida</b>                                                                                        |                                                                          |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|
| 1) Gradiente de velocidade                                                                                   | 6) Diâmetro dos orifícios de saída dos jatos                             |
| 2) Número de Froude                                                                                          | 7) Velocidade da água onde os jatos são distribuídos                     |
| 3) Tempo de mistura                                                                                          | 8) Potência de agitadores mecânicos                                      |
| 4) Distância entre jatos de aplicação de coagulante                                                          | 9) Concentração da solução de coagulante                                 |
| 5) Área da seção transversal e dimensão correspondente a cada jato                                           | 10) Dose de coagulante                                                   |
| <b>Floculação</b>                                                                                            |                                                                          |
| 1) Tempo de percurso da água da unidade de mistura rápida ao floculador                                      | 6) Espaçamento mínimo entre chicanas                                     |
| 2) Tempo de detenção hidráulica                                                                              | 7) Velocidade da água ao longo de passagens e canais                     |
| 3) Gradiente de velocidade                                                                                   | 8) Perda de carga                                                        |
| 4) Potência de agitadores mecânicos                                                                          | 9) Declividade de fundo                                                  |
| 5) Número de compartimentos do floculador                                                                    | 10) Diâmetro da tubulação de descarga                                    |
| <b>Decantação</b>                                                                                            |                                                                          |
| 1) Tempo de funcionamento da estação                                                                         | 15) Distância da cortina distribuidora da entrada do decantador          |
| 2) Capacidade máxima da estação                                                                              | 16) Espessura da parede da cortina                                       |
| 3) Taxa de aplicação superficial (velocidade de sedimentação)                                                | 17) Diâmetro dos orifícios da cortina distribuidora                      |
| 4) Fator de área                                                                                             | 18) Razão entre área total de orifícios e área transversal do decantador |
| 5) Ângulo de inclinação dos elementos tubulares (decantadores de elementos tubulares – DET)                  | 19) Nível d'água na canaleta de coleta de água decantada                 |
| 6) Comprimento de elementos tubulares ou de placas (DET)                                                     | 20) Vazão linear de coleta de água decantada                             |
| 7) Diâmetro interno dos elementos tubulares ou distância entre unidades sucessivas de placas paralelas (DET) | 21) Profundidade do decantador                                           |
| 8) Fator de eficiência (DET)                                                                                 | 22) Distância entre canaletas ou tubos de coleta de água decantada       |
| 9) Velocidade longitudinal máxima                                                                            | 23) Tempo de esvaziamento do decantador                                  |
| 10) Número de Reynolds                                                                                       | 24) Declividade de fundo do decantador                                   |
| 11) Gradiente de velocidade na entrada do decantador                                                         | 25) Altura da zona de acúmulo de lodo                                    |
| 12) Velocidade de escoamento no canal de entrada                                                             | 26) Carga hidráulica de descarga                                         |
| 13) Distância entre orifícios de distribuição de água                                                        | 27) Perda de carga                                                       |
| 14) Gradiente de velocidade nos orifícios da cortina                                                         | 28) Comprimento da tubulação de descarga de lodo                         |
|                                                                                                              | 29) Diâmetro da tubulação de descarga de lodo                            |
|                                                                                                              | 30) Velocidade do raspador de lodo                                       |
| <b>Filtração rápida</b>                                                                                      |                                                                          |
| 1) Espessura do leito filtrante                                                                              | 7) Nível d'água sobre o leito filtrante                                  |
| 2) Tamanho efetivo do material do leito filtrante                                                            | 8) Nível d'água efluente do filtro                                       |
| 3) Coeficiente de uniformidade do material do leito filtrante                                                | 9) Percentual de expansão do leito filtrante durante a lavagem           |
| 4) Espessura da camada suporte do filtro                                                                     | 10) Capacidade máxima da estação                                         |
| 5) Espessura dos extratos da camada suporte                                                                  | 11) Capacidade do reservatório de água de lavagem de filtro              |
| 6) Taxa de aplicação superficial                                                                             |                                                                          |

**APÊNDICE A – Variáveis quantitativas de projeto e de operação de estações de tratamento de água recomendadas pela NBR 12216 (ABNT, 1992)**

(continuação)

| <b>Filtração rápida</b>                                                                                                                                              |                                                                                                                          |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 12) Tempo de lavagem de filtro                                                                                                                                       | 21) Espaçamento entre tubos horizontais de aplicação de água de lavagem superficial de filtro                            |
| 13) Velocidade ascensão da água de lavagem de filtro                                                                                                                 |                                                                                                                          |
| 14) Tempo de enchimento do reservatório de água de lavagem de filtro                                                                                                 | 22) Espaçamento entre orifícios de tubos horizontais de aplicação de água de lavagem superficial de filtro               |
| 15) Pressão de aplicação de água de lavagem superficial de filtro por meio de torniquetes                                                                            | 23) Inclinação dos jatos d'água dos elementos de lavagem superficial de filtros                                          |
| 16) Taxa de aplicação de água de lavagem superficial de filtro por meio de torniquetes                                                                               | 24) Vazão de ar para lavagem de filtro                                                                                   |
| 17) Velocidade de aplicação de água de lavagem superficial de filtro por meio de bocais                                                                              | 25) Espaçamento entre bordas das calhas de coleta de água filtrada                                                       |
| 18) Taxa de aplicação de água de lavagem superficial de filtro por meio de bocais                                                                                    | 26) Distância entre a borda do canal de coleta de água filtrada e o limite superior do leito expandido durante a lavagem |
| 19) Perda de carga                                                                                                                                                   | 27) Turbidez da água efluente                                                                                            |
| 20) Espaçamento entre bocais de aplicação de água de lavagem superficial de filtro                                                                                   | 28) Cor da água efluente                                                                                                 |
| <b>Casa de química</b>                                                                                                                                               |                                                                                                                          |
| 1) Altura do piso do depósito de produtos químicos                                                                                                                   | 4) Altura de armazenamento de produtos ensacados                                                                         |
| 2) Largura da plataforma de recebimento de produtos químicos                                                                                                         | 5) Área do local de manutenção de equipamentos                                                                           |
| 3) Largura da porta do depósito de produtos químicos                                                                                                                 | 6) Área da copa                                                                                                          |
| <b>Produtos químicos</b>                                                                                                                                             |                                                                                                                          |
| <b>Sulfato de alumínio</b>                                                                                                                                           | <b>Cal</b>                                                                                                               |
| 1) Fator de segurança para dimensionamento de dosadores, não sejam realizados ensaios em condições críticas                                                          | 10) Volume do depósito de armazenamento de cal                                                                           |
| 2) Volume do depósito de armazenamento de sulfato de alumínio                                                                                                        | 11) Volume útil do tanque para preparo de suspensão de leite de cal                                                      |
| 3) Número de tanques de dissolução de sulfato de alumínio                                                                                                            | 12) Vazão de entrada de água no tanque para preparo de suspensão de leite de cal                                         |
| 4) Volume útil total dos tanques de dissolução de sulfato de alumínio                                                                                                | 13) Diâmetro da tubulação de saída do tanque de preparo de suspensão de leite de cal                                     |
| 5) Teor da solução de sulfato de alumínio aplicada                                                                                                                   | 14) Nível da tubulação de saída do tanque de preparo de suspensão de leite de cal                                        |
| 6) Vazão de entrada de água no tanque de dissolução de sulfato de alumínio                                                                                           | 15) Altura do piso a partir do qual a cal é tomada para ser colocada nos tanques de preparo                              |
| 7) Diâmetro da tubulação de descarga de fundo do tanque de dissolução de sulfato de alumínio                                                                         | 16) Declividade do fundo do tanque de preparo                                                                            |
| 8) Nível da tubulação de saída do tanque de dissolução de sulfato de alumínio                                                                                        | 17) Diâmetro da tubulação de descarga de fundo do tanque de preparo                                                      |
| 9) Altura do piso a partir do qual o sulfato de alumínio é tomado para ser colocado nos cochos em relação às bordas dos tanques de dissolução de sulfato de alumínio | 18) Distância do rotor do agitador do fundo do tanque de preparo                                                         |
|                                                                                                                                                                      | 19) Potência do agitador do taque de preparo                                                                             |
|                                                                                                                                                                      | 20) Volume útil do tanque de armazenamento da solução de cal para aplicação                                              |
|                                                                                                                                                                      | 21) Número de tanque de armazenamento                                                                                    |
|                                                                                                                                                                      | 22) Teor da solução de cal aplicada                                                                                      |

**APÊNDICE A – Variáveis quantitativas de projeto e de operação de estações de tratamento de água recomendadas pela NBR 12216 (ABNT, 1992)**

(conclusão)

| <b>Produtos químicos</b>                                                  |                                                                                                                                 |
|---------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b><i>Sulfato de alumínio</i></b>                                         | <b><i>Cloro</i></b>                                                                                                             |
| 23) Potência do agitador de eixo vertical do tanque de armazenamento      | 31) Consumo diário                                                                                                              |
| 24) Declividade do fundo do tanque de armazenamento                       | 32) Volume do depósito de armazenamento de cloro                                                                                |
| 25) Diâmetro da tubulação de descarga de fundo do tanque de armazenamento | 33) Tempo de renovação de ar do depósito de armazenamento de cloro por ventilação forçada, produzida por exaustor ou insuflador |
| 26) Nível da tubulação de saída do tanque de armazenamento                | 34) Espaçamento entre cilindros de cloro                                                                                        |
| 27) Diâmetro das canalizações de leite de cal                             | 35) Espaço para circulação entre cilindros de cloro                                                                             |
| 28) Velocidade de escoamento de leite de cal                              | 36) Concentração de cal clorada                                                                                                 |
| 29) Teor de $\text{Ca(OH)}_2$ da solução saturada de cal                  | 37) Número de tanques de dissolução cal clorada                                                                                 |
| 30) Diâmetro da tubulação de descarga do dispositivo de saturação da cal  | 38) Volume útil total dos tanques de dissolução de cal clorada                                                                  |
| <b>Laboratório</b>                                                        |                                                                                                                                 |
| 1) Área                                                                   | 6) Profundidade das bancadas                                                                                                    |
| 2) Pé-direito                                                             | 7) Comprimento das bancadas                                                                                                     |
| 3) Área de aberturas para áreas externas à casa de química                | 8) Espaço livre entre bancadas                                                                                                  |
| 4) Intensidade luminosa                                                   | 9) Área frontal de armários sob as bancadas                                                                                     |
| 5) Largura das bancadas                                                   | 10) Número de pias                                                                                                              |
|                                                                           | 11) Dimensões de pias                                                                                                           |
| <b>Segurança</b>                                                          |                                                                                                                                 |
| 1) Altura do guarda-corpos                                                | 5) Espaçamento entre degraus de escadas                                                                                         |
| 2) Resistência do guarda-corpos                                           | 6) Largura de degraus de escadas                                                                                                |
| 3) Espaçamento entre pontos de fixação de escadas                         | 7) Espaço atrás de escadas                                                                                                      |
| 4) Altura de escadas                                                      |                                                                                                                                 |
| <b>Outras variáveis</b>                                                   |                                                                                                                                 |
| 1) Capacidade nominal                                                     | 7) Empuxo da água em comportas, adufas e válvulas de gaveta                                                                     |
| 2) Capacidade hidráulica                                                  | 8) Largura mínima da via de acesso                                                                                              |
| 3) Consumo global diário de produtos químicos                             | 9) Rampa máxima da via de acesso                                                                                                |
| 4) Área da seção de estruturas de condução de água entre unidades         | 10) Raio mínimo da via de acesso                                                                                                |
| 5) Massa de peças da tubulação                                            | 11) Nível máximo do lençol freático                                                                                             |
| 6) Cota de descarga de efluentes líquidos                                 | 12) Natureza do solo                                                                                                            |

Nota: na listagem foram desconsideradas unidades de tratamento preliminar (grade, peneira e desarenador), de aeração e filtros lentos.

**APÊNDICE B – Pasta de trabalho proposta para processamento de dados do sistema de indicadores de desempenho**

(continua)

Planilha-1.

ENTRADA DE DADOS

Esta aba deve ser utilizada para inserção de dados de monitoramento da ETA.

Par a impressão correta desta planilha, as larguras das colunas não devem ser alteradas.

Os procedimentos estão descritos nas etapas 1 a 3.

ETAPA 1 - INSERÇÃO DE DADOS DE MONITORAMENTO

- Inserir dados apenas nas células em cinza. As demais células não devem ser alteradas.
- Para dados faltantes, não colocar zero; deixar a célula vazia.
- Formato de data: dd/mm/aa. Exemplo: 01/01/2000.
- Formato de hora: hh:mm. Exemplo: 13:30.

ETAPA 2 - VERIFICAÇÃO DE ERROS DE PREENCHIMENTO

- Tipos de erros de preenchimento considerados: células com letras, espaços ou com ponto em lugar de vírgula.
- No ícone da célula "Verificação", selecionar apenas células com "Erro".
- Corrigir todos os erros.
- No ícone da célula "Verificação", usar a opção "limpar filtro".

PASSO 3 - INSERÇÃO DE INFORMAÇÕES DE CONTEXTO

A

2

2.800

Estação de tratamento de água

Tempo diário de funcionamento da ETA (h)

Vazão de projeto (L/s)

DADOS DE MONITORAMENTO

| Data       | ▼1 | Hora  | Vazão<br>(L/s) | Cloro residual<br>livre (mg/L) | Coliformes totais<br>(NMP/100 mL) | Cor aparente<br>(uC) | Fluoreto<br>(mg/L) | pH   | Turbidez<br>(uT) | Custo<br>(R\$) |
|------------|----|-------|----------------|--------------------------------|-----------------------------------|----------------------|--------------------|------|------------------|----------------|
| 01/01/2003 |    | 13:30 | 1.108          | 1,75                           | 0                                 | 1,0                  | 0,72               | 7,37 | 0,3              | 375.632        |
| 02/01/2003 |    | 13:30 |                | 1,81                           | 0                                 | 1,0                  | 0,86               | 7,60 | 0,4              |                |
| 03/01/2003 |    | 13:30 |                | 1,84                           | 0                                 | 1,0                  | 0,73               | 7,53 | 0,4              |                |
| 04/01/2003 |    | 13:30 |                | 1,99                           | 0                                 | 1,0                  | 0,83               | 7,71 | 0,5              |                |

## APÊNDICE B – Pasta de trabalho proposta para processamento de dados do sistema de indicadores de desempenho

(continuação)

Planilha-2.

### CÁLCULO DOS INDICADORES E PARÂMETROS DE DESEMPENHO

Esta aba deve ser utilizada para cálculo de valores mensais e de médias de indicadores e de parâmetros de desempenho. Par a impressão correta desta planilha, as larguras das colunas não devem ser alteradas. Os procedimentos estão descritos nas etapas 1 a 3.

#### ETAPA 1 - DESCRIÇÃO DOS INDICADORES E PARÂMETROS DE DESEMPENHO

- Os nomes dos indicadores e parâmetros de desempenho podem ser modificados na lista abaixo.
- Alterações nos nomes serão feitas automaticamente nas demais tabelas e gráficos da pasta de trabalho.

| Código | Indicador de desempenho                                             | Sentido | Valor de referência |      |
|--------|---------------------------------------------------------------------|---------|---------------------|------|
|        |                                                                     |         | Min.                | Máx. |
| ASP-01 | Atendimento ao número requerido de análises de coliformes totais    | ↑       | 4                   | n/a  |
| ASP-02 | Atendimento ao número requerido de análises de cloro residual livre | ↑       | 2                   | n/a  |
| ASP-03 | Atendimento ao número requerido de análises de turbidez             | ↑       | 2                   | n/a  |

n/a: não se aplica.

\* Decrescente quando houver sobrecarga (ID > 100%) e indefinido quando houver subcarga (ID < 100%)

\*\* Os sufixos "-a" e "-b" correspondem a IDs que possuem duas faixas de valores de referência.

#### ETAPA 2 - VERIFICAÇÃO DO PERÍODO DE ANÁLISE

- Deve-se checar, no final desta planilha, se a data corresponde ao final do período de monitoramento.
- Se o período de monitoramento corresponder à data exibida, nenhuma modificação é necessária.
- Se o período de monitoramento termina antes da data exibida, deve-se excluir as linhas excedentes.
- Se o período de monitoramento termina após a data exibida, deve-se arrastar as células inferiores para baixo até que as datas coincidam.

#### ETAPA 3 - MODIFICAÇÃO DE VALORES DE REFERÊNCIA (OPCIONAL)

- A modificação de valores de referência e de metas de desempenho pode ser feita na tabela acima.

#### VALORES MENSAIS

| Mês/Ano | ASP-01 | ASP-02 | ASP-03 | ASP-04 | ASP-05 | ASP-06 | ASP-07 | ASP-08-a | ASP-08-b | ASP-09 | ASP-10 | ASP-11 | ASP-12 | ASP-13-a | ASP-13-b | ASP-14 |
|---------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|----------|----------|--------|--------|--------|--------|----------|----------|--------|
| Jan-03  | 169    | 77     | 100    | 100    | 97     | 97     | 100    | 100      | 100      | 23     | 71     | 100    | 100    | 73       | 100      | 67     |
| fev-03  | 144    | 93     | 100    | 100    | 100    | 100    | 100    | 100      | 100      | 0      | 82     | 100    | 100    | 68       | 100      | 87     |

(continuação)

RESULTADO MENSAL DA AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO DA ETA A

| Indicador de desempenho                                                         |      | Sentido de preferência | Mês atual | Mês anterior | Mesmo mês do ano anterior | Média dos últimos 12 meses |
|---------------------------------------------------------------------------------|------|------------------------|-----------|--------------|---------------------------|----------------------------|
| ASP-01: Atendimento ao número requerido de análises de coliformes totais (%)    | ↑    | ❌                      | 75        | 100          | ❌ 69                      | 100                        |
| ASP-02: Atendimento ao número requerido de análises de cloro residual livre (%) | ↑    | ✅                      | 100       | 100          | ✅ 100                     | 99                         |
| ASP-03: Atendimento ao número requerido de análises de turbidez (%)             | ↑    | ✅                      | 100       | 100          | ✅ 100                     | 100                        |
| ASP-04: Atendimento ao número requerido de análises de cor aparente (%)         | ↑    | ✅                      | 100       | 100          | ✅ 100                     | 98                         |
| ASP-05: Atendimento ao número requerido de análises de pH (%)                   | ↑    | ⚠️                     | 81        | 87           | ✅ 100                     | 95                         |
| ASP-06: Atendimento ao número requerido de análises de fluoreto (%)             | ↑    | ✅                      | 100       | 93           | ✅ 100                     | 98                         |
| ASP-07: Atendimento à meta de coliformes totais (%)                             | ↑    | ✅                      | 100       | 100          | ✅ 100                     | 100                        |
| ASP-08-a: Atendimento à meta de cloro residual livre (%)                        | ↑**  | ✅                      | 100       | 100          | ✅ 100                     | 100                        |
| ASP-08-b: Atendimento à meta de cloro residual livre (%)                        | ↑    | ✅                      | 100       | 100          | ✅ 100                     | 100                        |
| ASP-09: Atendimento à meta de turbidez da água filtrada (0,5 uT) (%)            | ↑    | ❌                      | 10        | 40           | ❌ 0                       | 19                         |
| ASP-10: Atendimento à meta de turbidez da água filtrada (1,0 uT) (%)            | ↑    | ⚠️                     | 81        | 87           | ❌ 35                      | 76                         |
| ASP-11: Atendimento à meta de cor aparente (%)                                  | ↑    | ✅                      | 100       | 100          | ✅ 100                     | 97                         |
| ASP-12: Atendimento à meta de pH (%)                                            | ↑    | ✅                      | 100       | 100          | ✅ 100                     | 100                        |
| ASP-13-a: Atendimento à meta de fluoreto (%)                                    | ↑*** | ⚠️                     | 65        | 68           | ✅ 81                      | 82                         |
| ASP-13-b: Atendimento à meta de fluoreto (%)                                    | ↑*** | ✅                      | 100       | 100          | ✅ 100                     | 99                         |
| ASP-14: Atendimento simultâneo às metas de turbidez e coliformes totais (%)     | ↑    | ❌                      | 75        | 88           | ❌ 18                      | 73                         |
| ASP-15: Atendimento global à meta de potabilidade (%)                           | ↑    | ❌                      | 40        | 55           | ❌ 9                       | 58                         |
| ASI-01: Capacidade hidráulica de tratamento (%)                                 | ↑*   |                        | 59        | 60           | 60                        | 65                         |
| ASE-01: Custo unitário de tratamento (R\$/m³)                                   | ↓    |                        | 0,086     | 0,098        | 0,117                     | 0,085                      |

Atendimento em 100 % da meta de desem

Atendimento  $\geq 80$  % da meta de desem

Atendimento  $< 80$  % da meta de desem

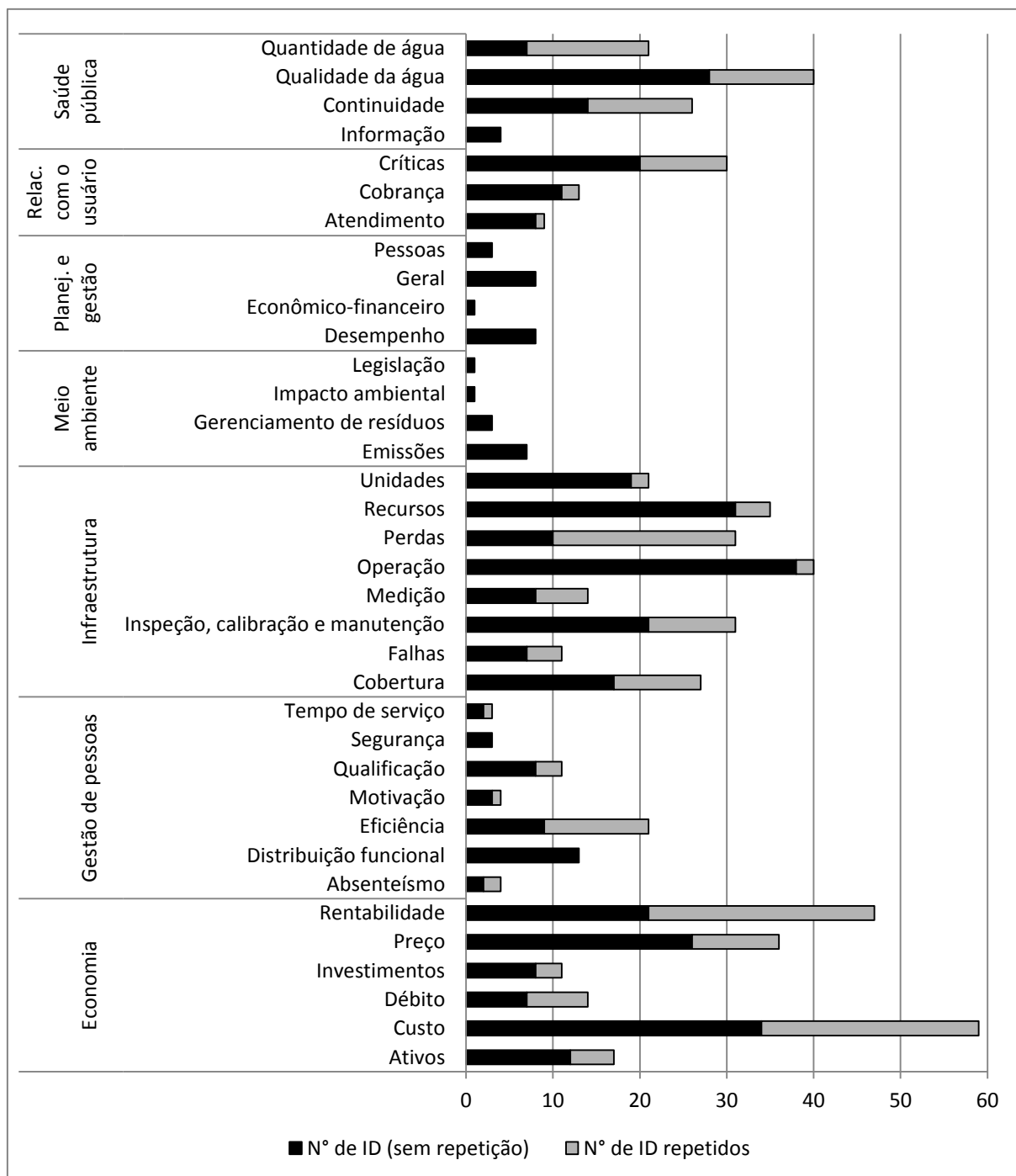
# **APÊNDICE B – Pasta de trabalho proposta para processamento de dados do sistema de indicadores de desempenho**

(conclusão)

Planilha-4.

| <b>SÉRIE HISTÓRICA DE INDICADORES E PARÂMETROS DE DESEMPENHO DA ETA A</b>       |                               |                    |              |                |               |               |
|---------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------|--------------------|--------------|----------------|---------------|---------------|
| <b>ESTATÍSTICAS DESCRITIVAS</b>                                                 |                               |                    |              |                |               |               |
| <b>Indicador de desempenho</b>                                                  | <b>Sentido de preferência</b> | <b>Nº de dados</b> | <b>Média</b> | <b>Mediana</b> | <b>Mínimo</b> | <b>Máximo</b> |
| ASP-01: Atendimento ao número requerido de análises de coliformes totais (%)    | ↑                             | 107                | 117          | 113            | 19            | 194           |
| ASP-02: Atendimento ao número requerido de análises de cloro residual livre (%) | ↑                             | 102                | 93           | 100            | 3             | 100           |
| ASP-03: Atendimento ao número requerido de análises de turbidez (%)             | ↑                             | 108                | 99           | 100            | 13            | 100           |
| ASP-04: Atendimento ao número requerido de análises de cor aparente (%)         | ↑                             | 108                | 98           | 100            | 13            | 100           |
| ASP-05: Atendimento ao número requerido de análises de pH (%)                   | ↑                             | 108                | 96           | 100            | 7             | 100           |
| ASP-06: Atendimento ao número requerido de análises de fluoreto (%)             | ↑                             | 108                | 94           | 100            | 10            | 100           |
| ASP-07: Atendimento à meta de coliformes totais (%)                             | ↑                             | 107                | 100          | 100            | 95            | 100           |
| ASP-08-a: Atendimento à meta de cloro residual livre (%)                        | ↑**                           | 102                | 100          | 100            | 100           | 100           |
| ASP-08-b: Atendimento à meta de cloro residual livre (%)                        | ↑                             | 102                | 100          | 100            | 100           | 100           |
| ASP-09: Atendimento à meta de turbidez da água filtrada (0,5 uT) (%)            | ↑                             | 108                | 10           | 0              | 0             | 100           |
| ASP-10: Atendimento à meta de turbidez da água filtrada (1,0 uT) (%)            | ↑                             | 108                | 63           | 80             | 0             | 100           |
| ASP-11: Atendimento à meta de cor aparente (%)                                  | ↑                             | 108                | 94           | 100            | 33            | 100           |
| ASP-12: Atendimento à meta de pH (%)                                            | ↑                             | 108                | 100          | 100            | 100           | 100           |
| ASP-13-a: Atendimento à meta de fluoreto (%)                                    | ↑**                           | 108                | 71           | 70             | 0             | 97            |
| ASP-13-b: Atendimento à meta de fluoreto (%)                                    | ↑**                           | 108                | 100          | 100            | 97            | 100           |
| ASP-14: Atendimento simultâneo às metas de turbidez e coliformes totais (%)     | ↑                             | 107                | 61           | 75             | 0             | 100           |
| ASP-15: Atendimento global à meta de potabilidade (%)                           | ↑                             | 99                 | 43           | 50             | 0             | 100           |
| ASI-01: Capacidade hidráulica de tratamento (%)                                 | ↑*                            | 108                | 57           | 57             | 39            | 74            |
| ASE-01: Custo unitário de tratamento (R\$/m³)                                   | ↓                             | 108                | 0,092        | 0,088          | 0,062         | 0,166         |
| Período da série histórica:                                                     |                               | Início: jan-03     |              | Fim: dez-11    |               |               |

**APÊNDICE C – Distribuição dos indicadores de desempenho levantados entre temas e critérios de avaliação adotados para sistemas de abastecimento de água**



## APÊNDICE D – Formulário proposto para coleta de informações de contexto

(continua)

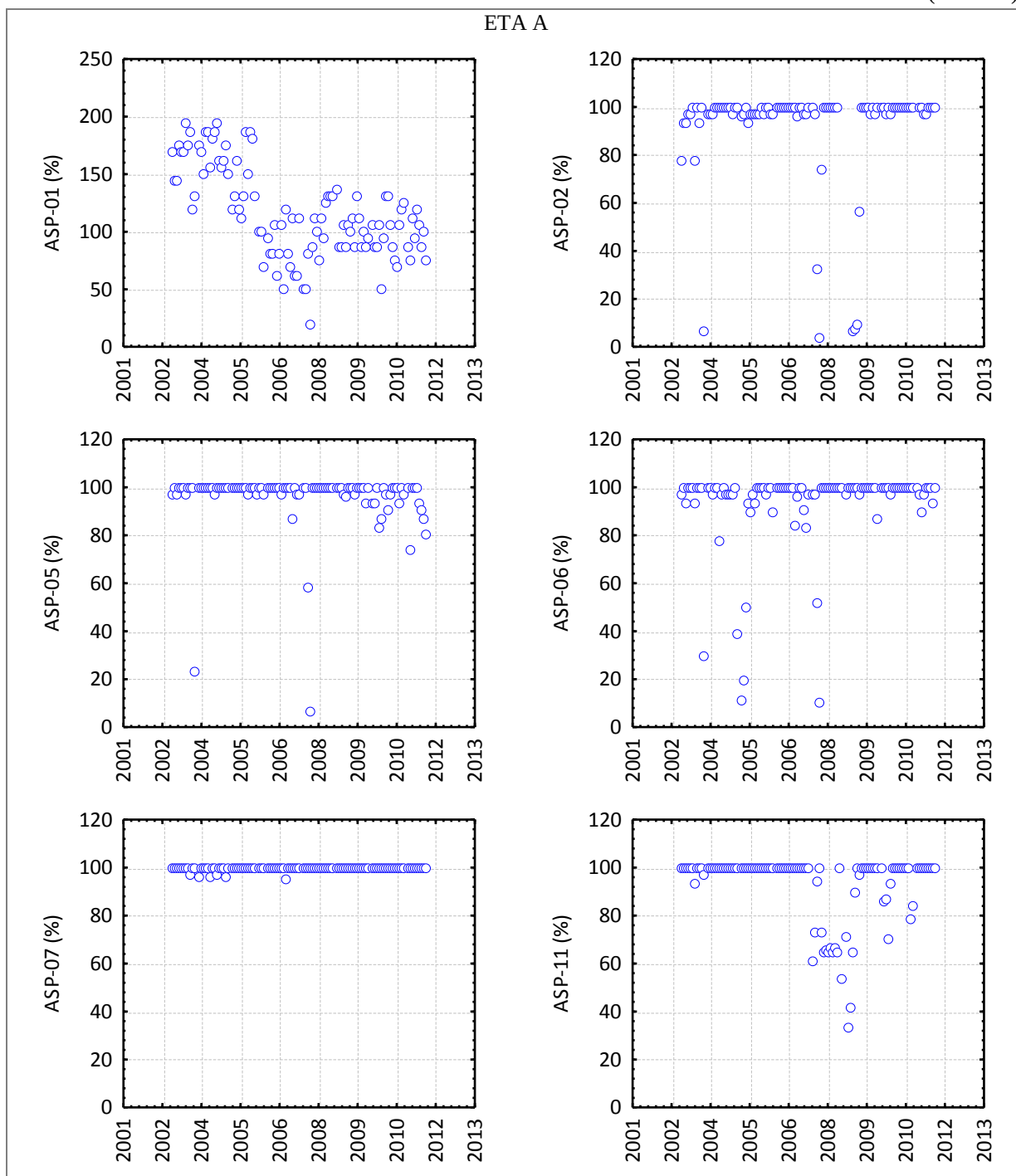
|                                                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                                                                                       |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>ETA</b>                                                                                              |                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                                                                                       |
| <b>1. Localização</b>                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                                                                                       |
| Logradouro:                                                                                             | Nº:                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                       |
| Complemento:                                                                                            | Bairro:                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                                                                                       |
| Cidade:                                                                                                 | CEP:                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                       |
| Telefone1:                                                                                              | Telefone2:                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                                                                                       |
| Fax:                                                                                                    | E-mail:                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                                                                                       |
| Responsável:                                                                                            |                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                                                                                       |
| <b>2. Descrição da ETA</b>                                                                              |                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                                                                                       |
| Ano de início de operação:                                                                              | Vazão de projeto ( $L\ s^{-1}$ ):                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                       |
| Tempo diário médio de operação (horas):                                                                 | Número de funcionários:                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                                                                                       |
| Tecnologia de tratamento:                                                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                                                                                       |
| Fluxograma de operações e processos unitários de tratamento em formato A4.                              |                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                                                                                       |
| Mistura rápida                                                                                          | <input type="checkbox"/> Hidráulica (Parshall)<br><input type="checkbox"/> Mecanizada<br><input type="checkbox"/> Vertedores<br><input type="checkbox"/> Malha difusora                                                                                                  | Gradiente de velocidade ( $s^{-1}$ ):<br>Tempo de mistura (s):<br>Coagulante:<br>Floculante:                                                                          |
| Floculação                                                                                              | <input type="checkbox"/> Hidráulica<br><input type="checkbox"/> Mecanizada<br><input type="checkbox"/> Escoamento vertical<br><input type="checkbox"/> Escoamento helicoidal<br><input type="checkbox"/> Escoamento horizontal<br><input type="checkbox"/> Meio Granular | Número de câmaras:<br>Gradiente de velocidade médio ( $s^{-1}$ ):<br>Tempo de floculação (min):<br>Dimensão das câmaras ( $C \times L \times H$ ) (m):                |
| Decantação                                                                                              | <input type="checkbox"/> Convencional<br><input type="checkbox"/> Alta taxa<br><input type="checkbox"/> Retangular<br><input type="checkbox"/> Circular                                                                                                                  | Número de decantadores:<br>Taxa de aplicação superficial ( $m\ d^{-1}$ ):<br>Tempo de decantação (min):<br>Dimensão ( $C \times L \times H$ ou $Raio \times H$ ) (m): |
| Filtração                                                                                               | <input type="checkbox"/> Pré-filtração<br><input type="checkbox"/> Lenta<br><input type="checkbox"/> Rápida<br><input type="checkbox"/> Ascendente<br><input type="checkbox"/> Descendente<br><input type="checkbox"/> Dupla filtração                                   | Número de filtros:<br>Taxa de filtração ( $m\ d^{-1}$ ):<br>Espessura do leito (cm):<br>Material do leito:                                                            |
| Cloração                                                                                                |                                                                                                                                                                                                                                                                          | Desinfetante:<br>Dose média aplicada ( $mg\ L^{-1}$ ):<br>Tempo de contato (min):                                                                                     |
| Correção de pH                                                                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                          | Composto:<br>Dose média aplicada ( $mg\ L^{-1}$ ):                                                                                                                    |
| Fluoretação                                                                                             |                                                                                                                                                                                                                                                                          | Composto:<br>Dose média aplicada ( $mg\ L^{-1}$ ):                                                                                                                    |
| Outros processos                                                                                        | <input type="checkbox"/> Pré-oxidação<br><input type="checkbox"/> Separação por membranas                                                                                                                                                                                | Descrever, detalhadamente, as características das unidades e os parâmetros de projeto e os de controle da operação.                                                   |
| Layout da estação em formato predefinido por decisão conjunta entre a agência reguladora e o prestador. |                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                                                                                       |
| Unidades existentes à montante da ETA:                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                                                                                       |
| Unidades existentes à jusante da ETA:                                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                                                                                       |
| Justificativa da presença da ETA (somente aquelas de pequeno porte):                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                                                                                       |

(conclusão)

[illegible]

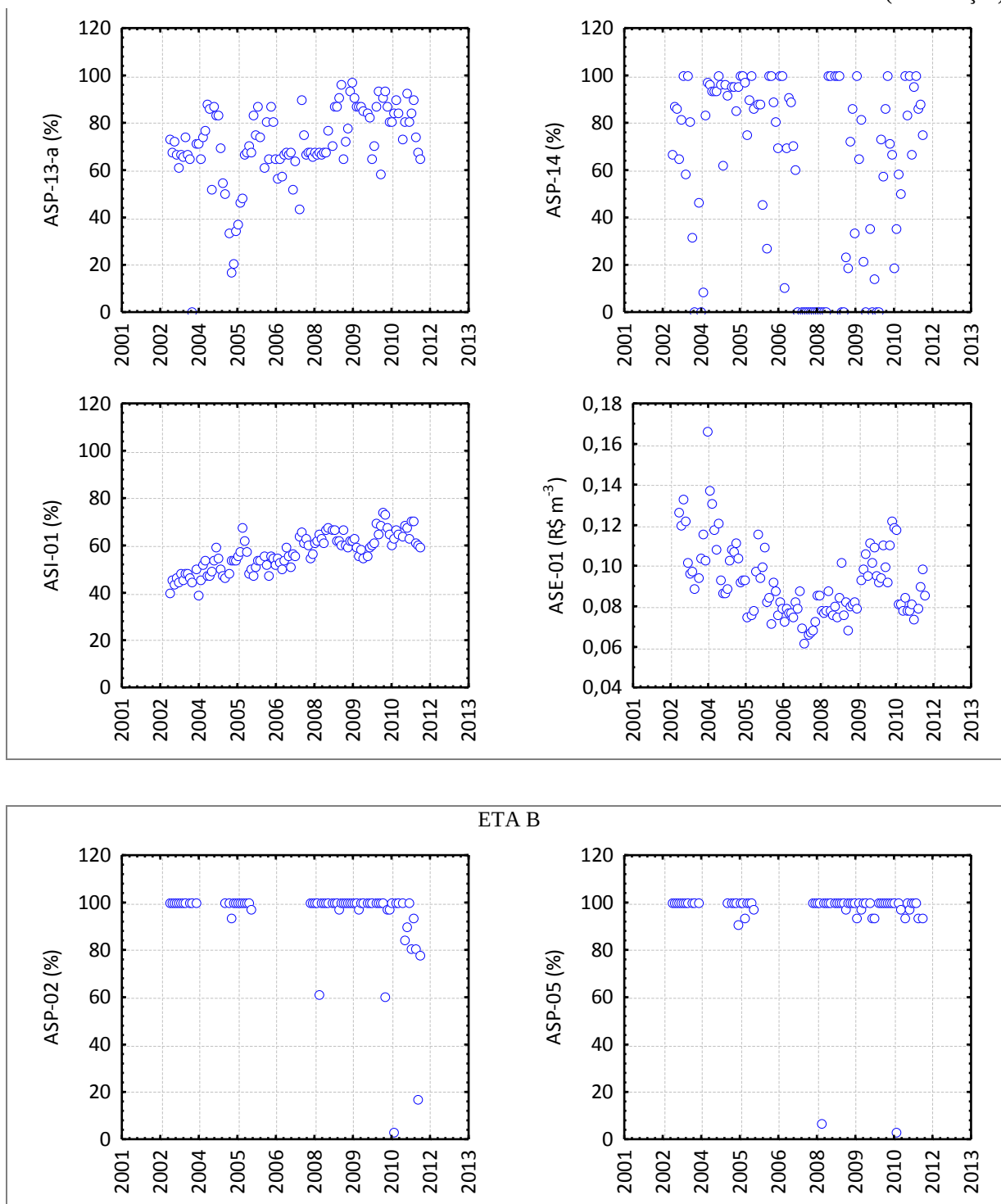
**APÊNDICE E – Séries temporais dos ID com resultado significativo  
no teste de tendência**

(continua)



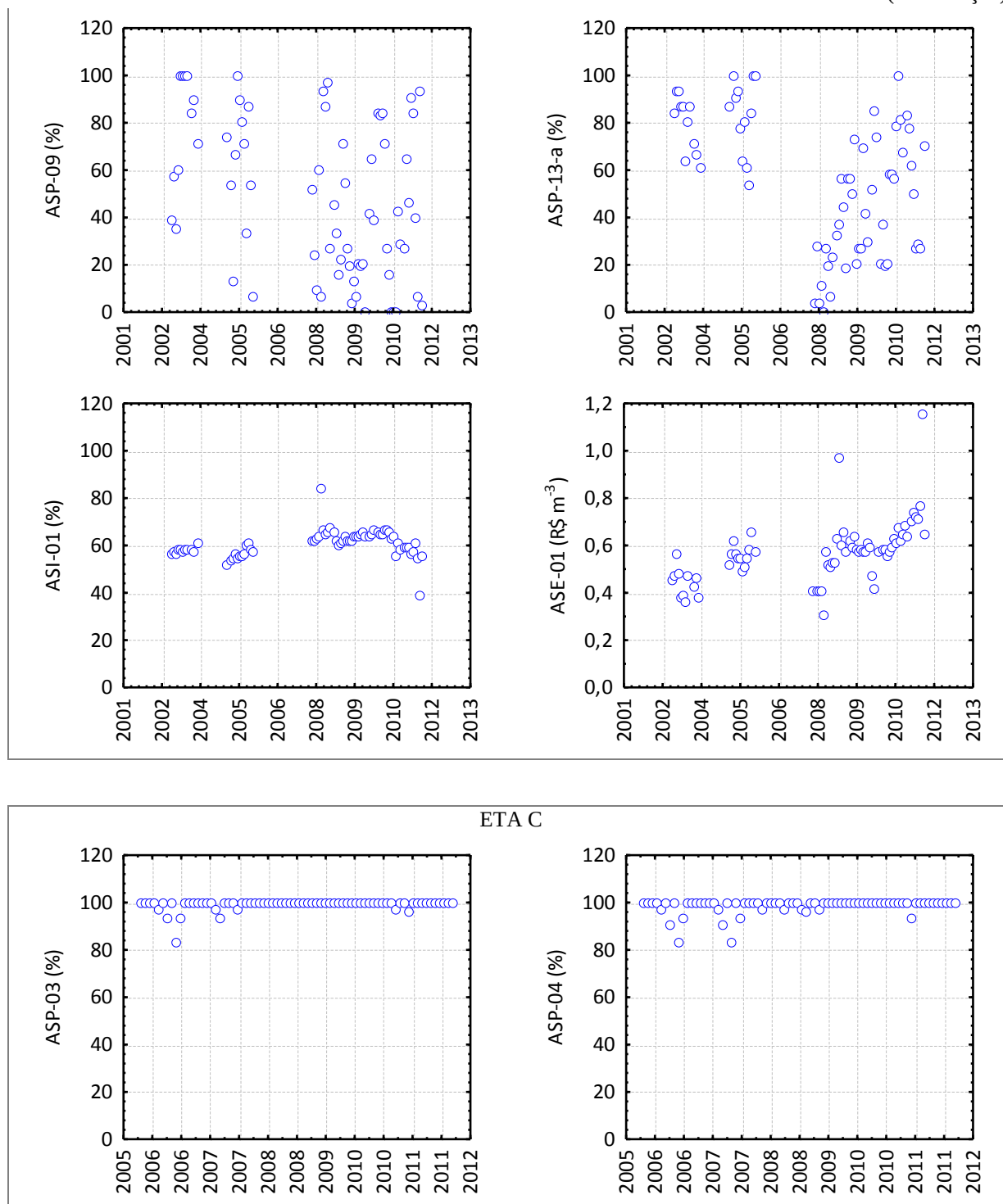
**APÊNDICE E – Séries temporais dos ID com resultado significativo  
no teste de tendência**

(continuação)



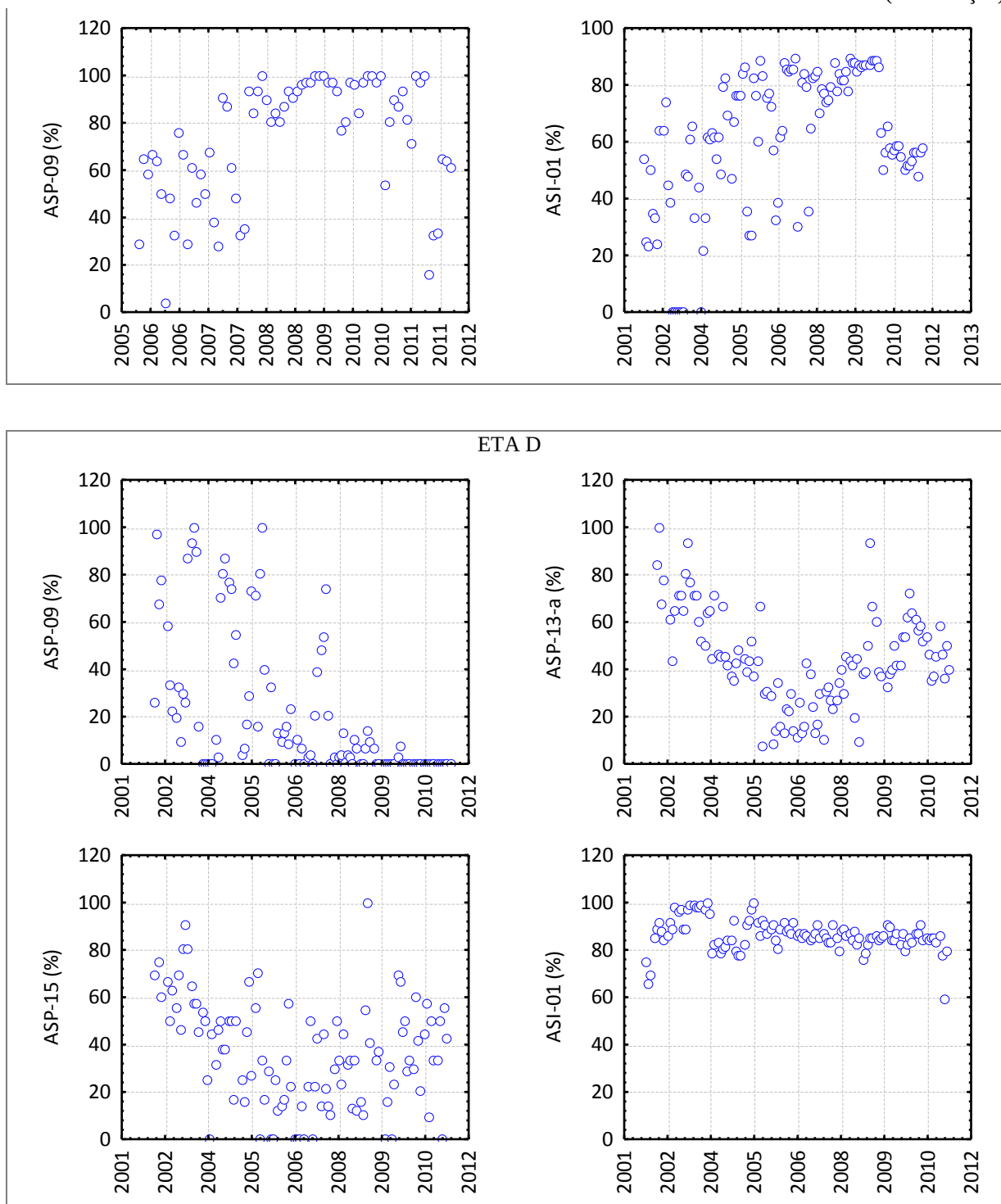
**APÊNDICE E – Séries temporais dos ID com resultado significativo  
no teste de tendência**

(continuação)



**APÊNDICE E – Séries temporais dos ID com resultado significativo  
no teste de tendência**

(continuação)



**APÊNDICE E – Séries temporais dos ID com resultado significativo  
no teste de tendência**

(conclusão)

