

AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO OPERACIONAL DE ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ESGOTOS UTILIZANDO MÉTODOS MULTI OBJETIVO E INDICADORES – PARTE 1: SELEÇÃO E AVALIAÇÃO DE INDICADORES DE DESEMPENHO OPERACIONAL DE ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ESGOTOS

**EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO OPERACIONAL DE LAS PLANTAS DE
TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES UTILIZANDO MÉTODOS
MULTI OBJETIVO E INDICADORES - PARTE 1: SELECCIÓN Y
EVALUACIÓN DE INDICADORES DE DESEMPEÑO OPERATIVO DE LAS
PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES MUNICIPALES**

**OPERATIONAL PERFORMANCE EVALUATION OF SEWAGE TREATMENT
PLANTS EMPLOYING MULTI OBJECTIVE METHODS AND INDICATORS –
PART 1: SELECTION AND EVALUATION OF OPERATIONAL
PERFORMANCE INDICATORS OF SEWAGE TREATMENT PLANTS**

Reuel Lopes de Paula¹; Marco Antonio Almeida de Souza¹

1. Programa de Pós-Graduação em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos – PTARH, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Faculdade de Tecnologia, Universidade de Brasília - UnB

PALAVRAS-CHAVE

Estações de Tratamento de Esgotos, Avaliação de Desempenho, Métodos de Auxílio à Decisão, Métodos Multiobjetivo, Indicadores de Desempenho.

PALABRAS CLAVE

Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales, Evaluación del Desempeño, Métodos de Ayuda a la Decisión, Métodos Multiobjetivo; Indicadores de Desempeño

KEY WORDS

Sewage Treatment Plants, Performance Evaluation, Decision Aid Methods, Multi-Objective Methods, Performance Indicators.

RESUMO

Esta pesquisa propôs uma metodologia para seleção e avaliação de indicadores de desempenho operacional de estações de tratamento de esgotos (ETE). A partir de um levantamento na literatura, foram elencados 780 indicadores, pertencentes a 19 entidades da área de saneamento, sendo 4 brasileiras e 15 internacionais. Foi aplicado o método multiobjetivo AHP com *ratings* para avaliar a adequabilidade dos indicadores segundo as perspectivas dos diversos atores integrantes do contexto das estações de tratamento de esgotos. Esses atores foram selecionados e consultados por meio de questionários, usando uma modificação da técnica Delphi. Os atores foram agrupados por meio do método BSC – *Balanced Scorecard*. Adotando os critérios de recorrência, aplicabilidade e redundância, o número inicial de indicadores foi reduzido para 51. Esse grupo de indicadores compõe um banco de indicadores potenciais para avaliação de ETE, que foram ordenados segundo a performance em atender aos três critérios impostos, medida pela consulta aos atores selecionados.

RESUMEN

Esta investigación propuso una metodología para la selección y evaluación de indicadores de desempeño operativo de plantas de tratamiento de aguas residuales municipales (PTARM). A partir de una encuesta en la literatura, se listaron 780 indicadores, pertenecientes a 19 entidades del área de saneamiento, 4 brasileñas y 15 internacionales. Se aplicó el método multiobjetivo AHP con “ratings” para evaluar la adecuación de los indicadores según las perspectivas de los diferentes actores en el contexto de las plantas de tratamiento de aguas residuales. Estos actores fueron seleccionados y consultados a través de cuestionarios, utilizando una modificación de la técnica Delphi. Los actores fueron agrupados utilizando el método BSC – Balanced Scorecard. Adoptando los criterios de recurrencia, aplicabilidad y redundancia, el número inicial de indicadores se redujo a 51. Este grupo de indicadores compone un banco de indicadores potenciales para la evaluación de PTARM, los cuales fueron ordenados de acuerdo al desempeño en el cumplimiento de los tres criterios impuestos, medidos por la consulta con actores seleccionados.

ABSTRACT

This research proposed a methodology for the selection and evaluation of operational performance indicators of sewage treatment plants (STP). From a survey in the literature, 780 indicators were listed, belonging to 19 entities in the sanitation area, 4 Brazilian and 15 international. The multi-objective method AHP with ratings was applied to assess the adequacy of the indicators according to the perspectives of the different actors in the context of sewage treatment plants. These actors were selected and consulted through questionnaires, using a modification of the Delphi technique. The actors were grouped using the BSC – Balanced Scorecard method. Adopting the criteria of recurrence, applicability and redundancy, the initial number of indicators was reduced to 51. This group of indicators composes a database of potential indicators for STP evaluation, which were ordered according to the performance in meeting the three imposed criteria, measured by the consultation with selected actors.

1 INTRODUÇÃO

Segundo a OCDE - Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE, 2002), os Indicadores de Desempenho constituem uma valiosa ferramenta de avaliação de desempenho, possibilitando o acompanhamento da integração das decisões econômicas e ambientais, análise das políticas de meio ambiente e avaliação de resultados. De acordo com esse órgão os indicadores de desempenho são a base dos sistemas de gestão, possibilitando acompanhar e fazer prospecções do desempenho dos processos e projetos institucionais (OCDE, 2018).

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

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

Existe uma diversidade muito grande de potenciais indicadores que podem ser utilizados na avaliação das Estações de Tratamento de Esgotos (ETE). Para que sejam adequadamente selecionados e empregados, esses indicadores devem ser profundamente estudados e avaliados. Dependendo dos indicadores selecionados, a avaliação pode ser mais objetiva ou subjetiva, geral ou específica, e pode estar focada segundo visões diferentes. Nesse contexto, é fundamental o emprego de métodos estruturados para auxiliar na seleção e na avaliação dos indicadores de desempenho. Para tal, neste trabalho foi empregado um método multiobjetivo e multicritério de auxílio à decisão, aplicado a soluções de problemas complexos (AZHAR et al., 2021).

Alguns trabalhos têm apontado indicadores de desempenho no setor de saneamento ambiental (Alegre, 2004; Benedetti et al., 2008; Balmér & Hellström, 2012; Guerrini et al., 2016; Scaratti et al., 2013; Vieira et al., 2006; Quadros et al., 2008; Quadros et al., 2010; von Sperling, 2010; von Sperling & von Sperling, 2013; Zimmermann, 2010; UNEP, 2011). Existem vários sistemas de indicadores de desempenho para sistemas de esgotamento sanitário como um todo. Contudo, poucos são os trabalhos

que desenvolveram sistemas organizados de indicadores de desempenho exclusivamente para ETE, destacando-se dentre eles os sistemas precursores elaborados pela Austrian Water and Waste Association (AWWA), pela Swedish Water & Wastewater Association (SWWA), e pelo Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC) de Portugal, além dos que são apresentados em Guerrini et al. (2016), Quadros et al. (2010), UNL (1998); Fábregas (2006); EWA/DWA (2009), e UNEP (2011). Todos esses sistemas foram construídos com o emprego de metodologias e abrangências diferentes da que é proposta no presente trabalho.

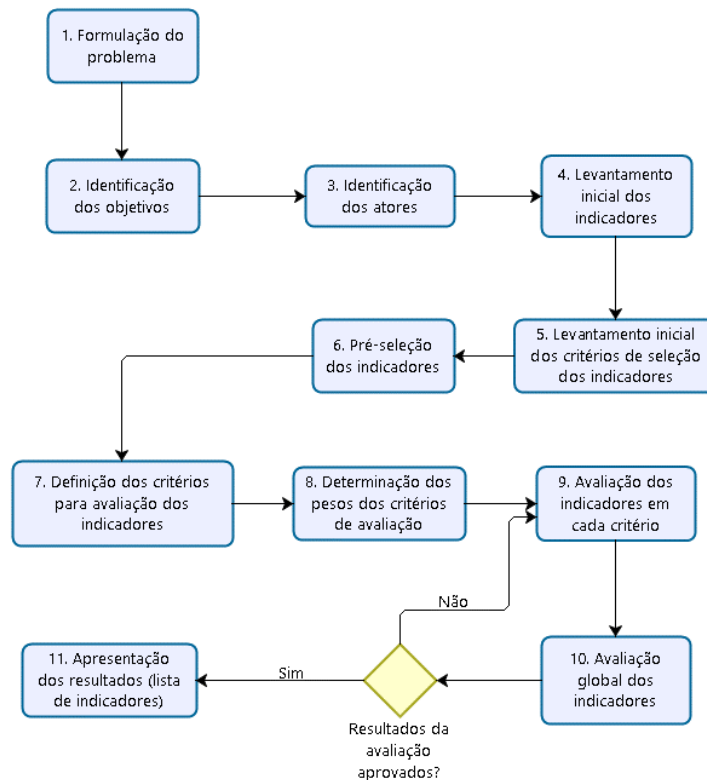
Dessa forma, esta pesquisa teve como objetivo selecionar e avaliar indicadores de desempenho operacional de Estações de Tratamento de Esgotos (ETE) empregando uma metodologia que faz uso da análise de decisão multiobjetivo e multicritério de auxílio à decisão.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

A metodologia de pesquisa desenvolvida para realizar a seleção de indicadores de desempenho mais adequados para a avaliação de ETE pode ser visualizada no diagrama da Figura 1, que ilustra as dez etapas do processo de seleção. Todas as etapas estão indicadas em sequência numérica. A partir da fundamentação conceitual, foram escolhidos os métodos mais apropriados e contextualmente viáveis para aplicação na presente pesquisa.

Diversos métodos têm sido utilizados para possibilitar as melhores estimativas e julgamentos dos atores (AZHAR et al., 2021). Neste trabalho, foi empregado um método de análise multiobjetivo, utilizando-se a comparação pareada do Método AHP (Saaty, 1991) para quantificar os pesos dos critérios. O método AHP com *ratings* (Saaty, 2006) foi escolhido para realizar a avaliação das alternativas de critérios e indicadores a utilizar. A seguir são apresentados os aspectos mais importantes da metodologia proposta.

Figura 1 - Diagrama mostrando as etapas metodológicas de pesquisa.



1ª Etapa (formulação do problema): tem como objetivo a compreensão do problema para que se possa realizar uma avaliação mais realista possível e conhecer o contexto em que o problema está inserido.

2ª Etapa (identificação dos objetivos): são definidos e eleitos os objetivos do processo decisório. Essa etapa é fundamental para direcionar o trabalho e está diretamente ligada à primeira. Sem a definição e eleição dos objetivos não se pode compreender o problema proposto em sua plenitude.

3ª Etapa (identificação dos atores): foi apoiada no conceito multifocal do método *Balanced Scorecard* – BSC (Kaplan & Norton, 1992). O método BSC tradicional possui quatro perspectivas que são balanceadas para o sucesso da organização: a financeira, a do cliente, a dos processos internos e a de aprendizado e crescimento. No método BSC adaptado para este trabalho, foram selecionadas e balanceadas as diferentes visões dos atores interessados na avaliação de uma ETE. A identificação das perspectivas adotadas neste trabalho foi baseada na Norma Brasileira – ABNT NBR ISO 24510 (ABNT, 2012; ISO, 2007a), que regula as atividades relacionadas aos serviços de água potável e de esgoto. Essa norma contém exemplos de partes interessadas, denominadas neste trabalho de atores, presentes nos serviços de água potável e esgoto.

4ª Etapa (levantamento inicial de indicadores): os indicadores de desempenho na área de saneamento foram levantados na literatura, oriundos de diversas entidades nacionais e internacionais.

5ª Etapa (levantamento inicial de critérios): foram levantados na literatura técnica especializada os critérios que foram utilizados para avaliar indicadores de desempenho na área de saneamento.

6ª Etapa (pré-seleção dos indicadores): a partir do universo de indicadores e critérios selecionados, obteve-se a lista de indicadores que foram utilizados como conjunto de soluções possíveis para a continuidade da análise, por meio de triagem dos indicadores levantados. Para pré-selecionar os indicadores, foram adotados três critérios: redundância (indicadores semelhantes), aplicabilidade (aplicação na avaliação de ETE), e recorrência (número de entidades que empregam o indicador).

7ª Etapa (definição dos critérios): a partir do levantamento inicial dos critérios e dos aspectos mais importantes a serem considerados, foi feita consulta aos atores envolvidos na avaliação, que foram questionados quanto a esses critérios. Para a definição dos critérios e para compor a consulta aos atores, foram escolhidas as seguintes características, que refletem os objetivos adotados para a avaliação dos indicadores: (1) - relevância para inclusão no modelo; (2) - viabilidade para aplicação; (3) - clareza e compreensão; (4) - representatividade nas instituições; (5) - disponibilidade; (6) - custo adequado; e (7) - referência. Foram definidos os critérios mais adequados à avaliação dos indicadores segundo essas características.

8ª Etapa (determinação dos pesos dos critérios): foi empregada a comparação pareada do método AHP e os atores envolvidos na avaliação foram consultados para realizar os julgamentos. O método AHP foi selecionado neste trabalho por facilitar os julgamentos dos atores. Ele permite a hierarquização das opiniões subjetivas, possibilitando um tratamento quantitativo que conduz a uma estimativa numérica da importância relativa de cada um dos critérios. Cada ator realizou uma comparação par a par, de cada critério apresentado, criando-se uma matriz de avaliação quadrada. Nessa matriz, cada ator representou, a partir de uma escala predefinida, sua preferência entre os elementos comparados. Cada ator respondeu às seguintes perguntas: - Qual dos dois critérios contribui mais para a maximização do critério de desempenho? - Quantas vezes um critério contribui mais que outro?

A escala de valor de Saaty foi utilizada para quantificar as comparações. Porém, como a quantidade de valores a serem escolhidos e a faixa dos julgamentos era extensa, foi feita uma redução na escala, com a finalidade de reduzir a nebulosidade e facilitar as comparações. A Tabela 1 apresenta a simplificação adotada neste trabalho.

Tabela 1 – Escala de comparação entre critérios.

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

Para garantir a robustez do processo de avaliação, foi feita uma verificação de consistência, considerada uma das grandes vantagens do método AHP. Como as comparações são feitas levando em conta elementos de juízo pessoais ou subjetivos, podem ocorrer inconsistências nos julgamentos. Os resultados são considerados mais consistentes quanto menor for o valor da razão de consistência. Se for encontrado um grau de inconsistência elevado, deve-se rever as comparações par a par. Na janela de comparação pareada no programa que foi utilizado para processar o método AHP, o software *Web-HIPRE* < <http://hipre.aalto.fi> > (Systems Analysis Laboratory, Helsinki University of Technology), a razão de consistência é representada pelo índice CM (*Consistency Measure*). Segundo Saaty (1991, 1999 e 2004), a razão de consistência não deve ter valor maior do que 0,1; se isso ocorrer, o avaliador deverá rever seus julgamentos.

Os atores foram consultados, para comparação dos critérios, por meio do programa *LimeSurvey* (software livre: < <https://www.limesurvey.org/downloads> >), que possibilitou uma coleta mais rápida e organizada das opiniões. Esse programa deu suporte à elaboração e administração da consulta na rede mundial de computadores, reduzindo a restrição de localização e tempo dos participantes e facilitando o controle estatístico das respostas recebidas. Foi enviada aos participantes da consulta uma tabela com os critérios pareados para serem comparados.

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

Três critérios não foram considerados na avaliação dos usuários: “disponibilidade de dados para medição e monitoramento”, “custo para medição e monitoramento” e “referência para medição”, porque os critérios citados requerem maior embasamento técnico e de informações para serem

avaliados. Submetê-los à apreciação dos usuários poderia causar uma distorção nos resultados. Dessa forma, a avaliação foi restrita aos quatro primeiros critérios, que são afins a esse grupo. Os demais grupos de atores avaliaram todos os critérios.

Como foram consultados grupos de atores, com interesses distintos, foi empregado um método quantitativo de auxílio à decisão em grupo. Para a agregação das respostas dos diferentes grupos de atores, nesta pesquisa foi adotada a abordagem “Agregação Individual de Prioridades – AIP” (Forman & Peniwati, 1998), já que os grupos apresentaram ideias e valores independentes. Para agregar as preferências internas, entre os indivíduos de cada grupo, foi utilizada a abordagem “Agregação Individual de Julgamentos – AIJ” (Forman & Peniwati, 1998), supondo haver interesse comum e sinergia interna nos grupos. Nas duas abordagens de agregação, foi utilizada a média aritmética, pois esta gera uma razão de consistência menor.

9ª Etapa (avaliação dos indicadores): os indicadores pré-selecionados foram avaliados em relação a cada critério escolhido. Para proceder à avaliação, foi realizada uma consulta aos atores, sendo utilizada uma simplificação do método Delphi (Gordon, 1994), que consistiu na redução do número de rodadas do método tradicional utilizado para convergência dos resultados. No método simplificado foram realizadas duas rodadas, tendo sido propiciado aos participantes que reposicionassem seus julgamentos a qualquer momento, e disponibilizadas, por meio do programa *LimeSurvey*, as estatísticas atualizadas automaticamente à medida que novas respostas eram adicionadas.

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

A consulta foi dividida em duas partes. Na primeira parte, foram solicitados os dados gerais dos participantes, a avaliação dos 51 indicadores pré-selecionados em três critérios, “importância”, “aplicabilidade” e “facilidade de interpretação”, e a comparação pareada de todos os critérios. Na segunda parte, foram solicitados os julgamentos dos 51 indicadores em três critérios ainda não avaliados, “disponibilidade de dados para medição e monitoramento”, “custo para medição e monitoramento” e “referência para medição”. Com essa medida, tentou-se reduzir o esforço concentrado necessário para responder ao questionário, distribuindo as perguntas em duas etapas, e,

ainda, reduzir o tempo de resposta médio de cada consulta, sendo a primeira de 25 minutos e a segunda de 15 minutos.

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

Foi facultado aos participantes que respondessem cada etapa da pesquisa de forma descontinuada, podendo interromper o trabalho a qualquer momento e continuar posteriormente do ponto onde parou. Isso foi possível uma vez que o programa *LimeSurvey* armazena as respostas em um banco de dados, podendo gerar códigos de acesso a usuários cadastrados.

O código de acesso ao questionário foi enviado aos atores, possibilitando o acesso à primeira parte da consulta. Após a conclusão da primeira parte, os códigos foram reenviados aos atores, possibilitando o acesso à segunda parte da consulta. Foi enviada, juntamente com o 2º código de acesso, uma mensagem lembrando da possibilidade de reavaliação dos julgamentos dos participantes, caso achassem pertinente.

10ª Etapa (avaliação global das alternativas): conforme apontado anteriormente, foi empregado o método multicritério/multiobjetivo AHP com *ratings*, que possibilita a redução do número de avaliações para solução do problema. Foi estabelecida uma escala com cinco níveis de desempenho para os critérios, de 1 (um) a 5 (cinco), em ordem crescente de importância, e, na implementação do método AHP com *ratings*, foi utilizado o software *Web-HIPRE*, que tem como vantagens: a) fornecer suporte ao processo de tomada de decisão na rede mundial de computadores; b) possuir abordagem de decisão em grupo; c) possibilidade de emprego de outros métodos conjugados ao método AHP; d) possibilidade de acesso livre, sem limite do número de alternativas e critérios; e) possuir análise de sensibilidade; e f) permitir visualização gráfica dos relatórios com as soluções.

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

11ª Etapa (apresentação dos resultados da seleção dos indicadores): foram elaborados, com o auxílio do programa *Web-HIPRE*, os relatórios numéricos e gráficos contendo os resultados da avaliação. Esta etapa concluiu o processo decisório, apresentando a relação dos indicadores de desempenho pré-selecionados e ordenados de acordo com os resultados da avaliação. Deve-se notar que a etapa de decisão formal de considerar os resultados satisfatórios ou não, por meio de nova consulta aos atores, que é mostrada na Figura 1, foi suprimida desse ponto em razão de que essa consulta aos atores já havia sido feita concomitantemente à avaliação, no ajuste das respostas de cada ator face à resposta global do grupo inteiro de atores. Também deve-se ressaltar que a metodologia do processo de seleção de indicadores foi intencionalmente concebida para ser de caráter geral, divorciada de aspectos específicos de um determinado caso de aplicação. Essa consulta aos atores sobre sua satisfação pode ser feita quando o elenco geral de indicadores, produzido nesta pesquisa, tiver que ser aplicado a uma determinada Estação de Tratamento de Esgotos, ocasião em que aspectos regionais e locais, intrínsecos à dada situação, estiverem presentes.

3 RESULTADOS

Os resultados são apresentados de acordo com o sequenciamento das etapas propostas na metodologia de pré-seleção e avaliação dos indicadores de desempenho.

1ª Etapa: formulação do problema.

O problema a ser tratado se caracterizou pela necessidade de desenvolver uma metodologia para avaliação de desempenho operacional de ETE.

2ª Etapa: identificação dos objetivos.

Esta segunda fase teve como objetivos: (1) verificar a visão dos diferentes atores do sistema de esgotamento sanitário; (2) pré-selecionar os indicadores mais adequados para a avaliação de desempenho operacional de uma ETE; e (3) avaliar os indicadores de desempenho segundo as perspectivas dos atores envolvidos no processo decisório.

3ª Etapa: identificação dos atores.

No método *Balanced Scorecard* - BSC tradicional, as perspectivas balanceadas são a financeira, a do cliente, a dos processos internos e a de aprendizado e crescimento. No método BSC adaptado para essa pesquisa, adotou-se empregar as perspectivas dos atores para serem balanceadas e realizar a avaliação das ETE.

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

Dessa forma, as perspectivas dos atores considerados nessa pesquisa (os usuários, os reguladores do serviço, os prestadores de serviço e os especialistas) substituíram as perspectivas do método BSC tradicional (a do cliente, a financeira, a dos processos internos e a de aprendizado e crescimento).

4ª Etapa: levantamento inicial dos indicadores (alternativas).

O levantamento foi realizado com base na revisão bibliográfica, sendo utilizados trabalhos brasileiros e internacionais. Os indicadores levantados na literatura, foram oriundos das seguintes entidades: ISO (International Organization for Standardization - Norma 24511 (ISO, 2007b), SNIS (Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento), ABAR (Associação Brasileira de Agências de Regulação), PNQS (Prêmio Nacional de Qualidade em Saneamento), IWA (International Water Association), IRAR (Instituto de Regulação de Águas e Resíduos de Portugal), ERSAR (Entidade Reguladora dos Serviços de Água e Resíduos), ADERASA (Asociación de Entes Reguladores de Agua Potable e Saneamiento de las Americas), IBNET (International Benchmarking Network for Water and Sanitation Utilities), SSCG (Six Scandinavian Cities Group), WSA (Water Service Association of Australia), AWWA (American Water Works Association), OFWAT (Office of Water Services), WERF (Water Environment Research Foundation), CAESB (Companhia de Saneamento Ambiental do Distrito Federal), ANA (Agência Nacional das Águas), LNEC (Laboratório Nacional de Engenharia Civil de Portugal), Austrian System e SWWA (Swedish Water & Wastewater Association).

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

5ª Etapa: levantamento inicial dos critérios de avaliação dos indicadores.

Nesse levantamento por meio de revisão bibliográfica, chegou-se a um número de 29 critérios ao total. Esses critérios para avaliação dos indicadores encontram-se na Tabela 2.

Tabela 2 - Critérios levantados para seleção dos indicadores de desempenho.

Nº	Critério	Nº	Critério
1	Grau de importância (relevância)	16	Apropriação na escala (apropriado aos diferentes usuários potenciais)
2	Recorrência (número de entidades que empregam)	17	Democracia (diversidade e ampla participação na escolha e acesso aos resultados)
3	Representatividade (dos processos e das atividades)	18	Medida física (balancear, na medida do possível, unidades físicas e monetárias)
4	Validade científica (possuir embasamento técnico e científico)	19	Adaptabilidade (não deve pretender ser uma ferramenta estanque, flexibilidade)
5	Facilidade de interpretação (clareza na comunicação, compreensão e facilidade de entendimento)	20	Amplitude geográfica
6	Demonstração de tendências temporais	21	Confiabilidade da fonte
7	Capacidade de prever (apresentação de avisos antecipados sobre tendências)	22	Segurança (seguro e estável)
8	Sensibilidade a modificações ambientais ou econômicas	23	Pró-atividade
9	Disponibilidade de dados para medição e monitoramento (acessibilidade dos dados, facilidade de obtenção)	24	Aplicabilidade (viabilidade de aplicação, coerência com a realidade local)
10	Custo para medição e monitoramento (viabilidade econômica)	25	Definição de metas (capacidade de permitir estabelecer metas a serem alcançadas)
11	Qualidade dos dados	26	Rastreabilidade
12	Adaptabilidade (possibilidade de atualização em intervalos regulares)	27	Efetividade (eficiência e eficácia)
13	Referência para medição (existência de nível de referência)	28	Grau de liberdade (possui real liberdade para responder e reagir às necessidades)
14	Suficiência	29	Necessidade psicológica (é compatível com a necessidade psicológica e cultural das pessoas)
15	Oportunidade (oportuno temporalmente, integrado com o planejamento)	-	-

Fonte: Meadows (1998); Bossel (1999); Brostel (2002); Malheiros et al. (2006); Miranda & Teixeira (2004); e von Sperling (2010).

6ª Etapa: seleção dos indicadores.

Do conjunto inicial de indicadores, foram selecionados 51 indicadores de desempenho do conjunto inicial de indicadores, como resultado da aplicação dos três critérios descritos na Metodologia: redundância, aplicabilidade e recorrência.

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

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

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

indicadores com aplicação geral, permanecendo apenas aqueles que possivelmente tinham aplicação na avaliação das ETE.

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

7ª Etapa: definição dos critérios.

Os critérios adotados para avaliação dos indicadores foram definidos considerando as características citadas na metodologia, levantadas na revisão bibliográfica, que refletiram os objetivos da avaliação dos indicadores neste trabalho. Os atores foram consultados para julgar o uso desses critérios e o valor de cada um deles, não havendo discordância em relação ao emprego do grupo sugerido. A Tabela 3 apresenta os critérios de avaliação dos indicadores escolhidos para cada uma das características citadas na metodologia.

Tabela 3 - Critérios de avaliação dos indicadores adotados.

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

8ª Etapa: determinação dos pesos dos critérios.

A determinação dos pesos dos critérios foi obtida com base na consulta aos atores, sendo solicitada a comparação pareada de todos os critérios apresentados. O programa *LimeSurvey* foi utilizado para administrar a consulta. As respostas foram separadas de acordo com os grupos de interesse para evidenciar as distintas visões, conforme a abordagem de avaliação por perspectivas do método BSC. Os dados obtidos dos julgamentos dos prestadores de serviço foram alimentados no programa *Web-*

HIPRE, utilizado para os cálculos da comparação pareada do Método AHP. Com isso, o índice CM (consistência de medida, também designado como razão de consistência - RC) demonstrou melhor ajuste da média aritmética comparada à média geométrica. Empregando a média geométrica, o índice CM teve o valor 0,371, e com a média aritmética o seu valor foi de 0,309. Isso se repetiu com as matrizes de comparação dos outros atores.

As respostas dos diferentes grupos de atores foram processadas e inseridas na matriz de comparação pareada do método AHP, no programa *Web-HIPRE*, sendo determinados os pesos dos critérios, segundo as diferentes perspectivas.

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

Após lançar os valores das comparações realizadas pelos usuários, foi necessário realizar ajustes para tornar a razão de consistência menor ou igual a 0,1, valor recomendado por Saaty (2008b e 2008b), autor do método. Os valores dos julgamentos foram alterados gradativamente em $\pm 5\%$ do valor inicial até que a razão de consistência atingisse um valor menor ou igual a 0,1. Feito isso, o índice CM medido nos julgamentos dos usuários atingiu o valor de 0,1, demonstrando consistência.

Na visão dos Prestadores de Serviços, o critério mais importante é a “aplicabilidade”, com o peso atingindo o valor de 0,311, em seguida aparecem os critérios: “importância”, com peso de 0,239; “disponibilidade de dados para medição e monitoramento”, 0,191; “facilidade de interpretação”, 0,101, “recorrência”, 0,070; “referência para medição”, 0,052; e o critério considerado menos importante “custo para medição e monitoramento”, tendo recebido o peso de 0,037. Os resultados foram coerentes com a perspectiva de quem está envolvido diretamente na execução dos serviços, tendo como foco a aplicabilidade dos indicadores, a sua importância e a disponibilidade de dados para medição e monitoramento, critérios mais valorizados segundo a visão dos prestadores. A pouca importância dada ao critério “custo para medição e monitoramento” hipoteticamente pode estar relacionada com a fonte dos recursos, vindo geralmente de taxas cobradas dos usuários e de incentivos financeiros oriundos dos órgãos de regulação do governo. Segundo a perspectiva dos prestadores de serviço, o índice CM atingiu o valor de 0,096, significando julgamentos consistentes na matriz de comparação gerada com os resultados do grupo.

Segundo a visão dos Reguladores dos Serviços, o critério “disponibilidade de dados para medição e monitoramento” é o mais importante, tendo como peso o valor de 0,267. Em seguida, estão colocados em ordem decrescente de valor os critérios: “importância”, com peso de 0,261; “referência para medição”, 0,171; “aplicabilidade”, 0,139; “custo para medição e monitoramento”, 0,670; “facilidade de interpretação” 0,600; e o de menor importância na perspectiva dos Reguladores o critério “recorrência”, com o peso de 0,035. As avaliações desse grupo também estão coerentes com a perspectiva de quem regula os serviços. Diferentemente dos Prestadores de Serviço, os Reguladores deram maior importância ao critério “disponibilidade de dados para medição e monitoramento”. Esse critério tem maior peso para esse grupo porque é fundamental para a geração dos indicadores de desempenho, que possibilitarão acompanhar a eficácia e eficiência dos serviços prestados.

Não havendo dados para a medição, o Regulador fica sem sua maior ferramenta de trabalho, o monitoramento dos serviços. Os critérios “importância” e “referência para medição” aparecem em seguida, sendo também fundamentais para a regulação. O critério “custo para medição e monitoramento” cresce em importância na avaliação dos Reguladores, comparada com a dos Prestadores de Serviço. Isso deve ocorrer porque os Reguladores acompanham os gastos gerados com os serviços prestados e representam a sociedade na fiscalização dos gastos com os recursos arrecadados. O índice CM atingiu o valor de 0,1 indicando que as comparações foram consistentes.

O grupo de especialistas julgou o critério “importância” como o de maior peso, tendo como valor 0,268. Em ordem decrescente de importância foram julgados os critérios: “disponibilidade de dados para medição e monitoramento”, com o peso 0,187; “aplicabilidade”, 0,152; “custo para medição e monitoramento”, 0,128; “referência para medição”, 0,123; “facilidade de interpretação”, 0,089; e “recorrência” 0,053. Como nos outros grupos de atores, os especialistas também deram pouco peso ao critério recorrência. O critério “importância” foi o mais valorizado. O índice CM atingiu o valor de 0,099, demonstrando julgamentos consistentes.

9ª Etapa: avaliação dos indicadores.

A avaliação dos indicadores pré-selecionados foi realizada com o apoio dos atores, por meio de consulta, utilizando o programa *LimeSurvey*. A pesquisa foi enviada aos quatro grupos de atores selecionados neste trabalho. Os grupos foram representados por 25 pesquisadores de 11 centros de pesquisa distintos, 07 representantes da área de regulação, 14 representantes dos prestadores de serviço e 12 representantes dos usuários. A Tabela 4 resume a participação de cada grupo consultado.

Tabela 4 - Participação dos atores no emprego do Método Delphi simplificado.

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

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

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

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

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

em relação aos respondentes da primeira parte, demonstrando continuidade no interesse com os resultados da pesquisa.

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

10ª Etapa: avaliação global dos indicadores.

Conforme descrito na Metodologia, a avaliação global dos indicadores foi realizada empregando o método AHP com *ratings*. Com base nos julgamentos de cada grupo de atores, foi calculada a média aritmética dos desempenhos dos indicadores em relação a cada um dos critérios. Como exemplo, essa média aritmética gerou o valor médio de julgamento do grupo de especialistas em relação ao indicador “incidência de processos judiciais recebidos” considerando o critério importância. Esse procedimento foi realizado com todos os indicadores em cada critério avaliado e para cada um dos grupos de atores.

Após completar a matriz de avaliação com os valores médios das categorias de desempenho e calcular os pesos empregando a comparação pareada do método AHP, foram calculados os valores globais de avaliação de cada indicador para os grupos de atores.

11ª Etapa: apresentação dos resultados da pré-seleção e avaliação dos indicadores.

Os resultados da avaliação de cada grupo pelo método AHP com *ratings*, obtidos a partir do programa *Web-HIPRE*, foram agregados para gerar a avaliação global dos indicadores. A Tabela 5 apresenta o resultado da avaliação global considerando todos os atores, ordenando os indicadores em ordem de importância, de acordo com os valores finais de avaliação.

Tabela 5 - Resultado final da avaliação dos indicadores pré-selecionados pelos atores.

Ordem	Indicador	Nº Indicador	Avaliação
-------	-----------	-----------------	-----------

1	Custo de operação e manutenção por m ³ de esgoto tratado (R\$/m ³)	12	0,779
2	Consumo de energia elétrica na ETE por volume tratado (kWh/m ³)	29	0,778
3	Índice de análises do efluente tratado dentro do padrão exigido pela norma (%)	34	0,774
4	Eficiência de remoção de DQO, DBO, N e P (%)	37	0,771
5	Índice de tratamento de esgoto (% em volumes)	33	0,765
6	Testes de qualidade dos esgotos realizados (-/ano)	39	0,764
7	Adequação da capacidade de tratamento (%)	27	0,752
8	Utilização de estações de tratamento (%)	28	0,732
9	Índice de disposição de lodos de esgotos (%)	3	0,730
10	Custo com energia elétrica (R\$/m ³)	13	0,730
11	Frequência de inspeção de equipamento (-/ano)	30	0,721
12	Número de reclamações e de comunicação de problemas (nº/1000 hab./ano)	32	0,718
13	Índice de empregados treinados (%)	47	0,715
14	Índice de tratamento secundário (%)	36	0,707
15	Despesas com materiais, produtos químicos e outros insumos (%)	17	0,700
16	Resposta a reclamações e sugestões (%)	35	0,684
17	Acidentes de trabalho e doenças profissionais (nº/100 func./ano)	49	0,683
18	Tempo médio de resposta aos usuários (h/ligação)	45	0,673
19	Índice de tratamento primário (%)	38	0,667
20	Falhas em conjuntos moto-bombas (horas/conj.*ano)	40	0,667
21	Produção de lodo na ETE por população equivalente (kg lodo/p.e./ano)	5	0,664
22	População residente servida pela ETE (cobertura da população) (%)	44	0,662
23	Índice de tratamento terciário ou superior (%)	43	0,660
24	Calibração de equipamentos (-/ano)	31	0,659
25	Taxa de severidade da segurança no trabalho e saúde do empregado (dias perdidos/100 funcionários/ano)	48	0,648
26	Despesa média anual por empregado (R\$/empregado)	14	0,647
27	Faturamento médio de esgoto (R\$/m ³)	15	0,634
28	Funcionários trabalhando na ETE por população equivalente (nº/1000 p.e.)	46	0,625
29	Ocorrência de inundações (nº de inundações/ano)	4	0,618
30	Indicador de mitigação de impactos ambientais (%)	8	0,601
31	Índice de satisfação dos empregados (%)	51	0,599
32	Índice de satisfação dos clientes (%)	42	0,593
33	Índice de investimentos (%)	20	0,578
34	Reúso de água (% do efluente aproveitada)	10	0,575
35	Produção de biogás (m ³ /kg)	6	0,567
36	Despesa total unitária por população equivalente (R\$/p.e./ano)	22	0,562
37	Índice de avaliação do sistema de gestão (%)	2	0,546
38	Índice de evasão de receita (%)	24	0,540
39	Produção de energia (kW)	9	0,536
40	Emissões de gases provenientes do sistema de esgoto danosos ao efeito estufa (t CO ₂ /1000 propr.)	7	0,530
41	Índice de conhecimento dos serviços e produtos (%)	41	0,528
42	Margem do serviço da dívida (%)	21	0,525
43	Liquidez geral (%)	16	0,518

44	Índice de cobertura de custo total (%)	19	0,516
45	Endividamento sobre patrimônio (%)	18	0,515
46	Indicador de sanções e indenizações (%)	50	0,515
47	Volume de sedimentos removidos de estruturas do sistema (t/p.e./ano)	11	0,513
48	Indicador de suficiência de caixa (%)	23	0,495
49	Índice de margem operacional (%)	25	0,482
50	Incidência de processos judiciais recebidos (ocorrências-ano/1000 hab.)	1	0,481
51	Rentabilidade sobre patrimônio (%)	26	0,424

4 DISCUSSÕES

A seleção dos indicadores de desempenho baseou-se num amplo levantamento junto às entidades e organizações brasileiras e internacionais da área de saneamento. Foram levantados inicialmente um total de 780 indicadores inicialmente. Dessa forma, para selecionar um conjunto mais reduzido e adequado de indicadores foi empregado o método AHP com *ratings*.

O método supracitado reduziu significativamente o número de julgamentos necessários para realizar a avaliação dos indicadores pré-selecionados. Considerando apenas os julgamentos dos indicadores em relação a cada um dos sete critérios, seriam necessários 8.925 julgamentos empregando o método tradicional, o que tornaria a avaliação impraticável. Porém, empregando o método AHP com *ratings*, foram necessários 367 julgamentos. O método proporcionou a hierarquização dos indicadores, quantificando seus desempenhos e facilitando o processo de escolha de um conjunto mais reduzido para ser empregado na avaliação das ETE.

Quatro perspectivas foram consideradas para compor o grupo de atores integrantes do contexto das ETE, a do prestador de serviços, a do regulador dos serviços, a dos usuários e a de um grupo de especialistas. O grupo de usuários, porém, não foi considerado nos resultados, tendo em vista a baixa representatividade e participação na consulta, devido ao menor grau de conhecimento técnico desse grupo em relação aos indicadores apresentados, o que desestimulou sua participação. Por outro lado, os especialistas tiveram maior participação na primeira rodada, com 60% de adesão, e os reguladores e prestadores tiveram maior participação na segunda rodada, com 100% de adesão. A partir dos julgamentos dos indicadores por parte dos atores, foi realizada a avaliação dos 51 indicadores pré-selecionados, empregando o método AHP com *ratings*.

Os objetivos e critérios empregados na avaliação das ETE foram escolhidos com a perspectiva normativa, sendo adotados os presentes na série de normas ISO 24500, por ser o modelo aplicado

internacionalmente e por contemplar uma avaliação multifocal, mesma abordagem utilizada nos métodos multiobjetivo.

O programa *LimeSurvey* foi empregado no gerenciamento de todas as fases de execução na rede mundial de computadores. O uso desse programa facilitou o gerenciamento dos dados, gerando estatísticas, tramitando mensagens eletrônicas automaticamente, enviando convites e lembretes e possibilitando filtrar as respostas por qualquer das variáveis inseridas, como nome, tipo de resposta, tempo de resposta, dentre outras.

Algumas recomendações são necessárias para que, em trabalhos futuros ou na aplicação da metodologia desenvolvida, sejam contemplados outros caminhos metodológicos possíveis e seja aprimorada a execução de algumas etapas e obtido o refinamento dos resultados. A seguir estão apresentadas as recomendações consideradas mais importantes.

Os pesos dos critérios foram calculados empregando-se a comparação pareada do método AHP e os métodos de agregação AIJ e AIP. Outras técnicas de medição e de agregação poderiam ser utilizadas. Em trabalhos futuros pode-se realizar uma comparação dos resultados apresentados com o emprego de outros métodos para obtenção dos pesos e analisar a influência nos resultados finais.

Sugere-se que, além das quatro perspectivas que foram consideradas neste trabalho, sejam consideradas as perspectivas dos órgãos ambientais e de governo, que também têm ligação direta com a avaliação de ETE, tendo em vista serem responsáveis pela regulamentação ambiental e governabilidade, respectivamente.

Uma das perspectivas consultadas neste trabalho, a dos usuários, não foi considerada nos cálculos finais, tendo em vista o baixo índice de participação e pelo fato dos representantes consultados não se julgarem capazes de avaliar os indicadores propostos. Para contornar esse problema, recomenda-se que a consulta aos representantes dos usuários seja realizada presencialmente, para que sejam fornecidos os esclarecimentos necessários e se possibilite a participação desse grupo de forma efetiva.

Os maiores problemas verificados na fase de consulta aos atores foram: a) o desconhecimento por parte dos grupos em relação a alguns indicadores; b) a quantidade de informações consultadas; e c) o tempo de demanda para responder a pesquisa. Recomenda-se, para sanar cada um dos itens citados, apresentar junto à consulta uma descrição detalhada dos indicadores e, ainda, dividir a consulta por área de conhecimento. Como exemplo, poderia ser enviada a consulta dos indicadores econômicos somente para os especialistas da área econômica, e assim para cada grupo de indicadores. A divisão da consulta por área do conhecimento reduziria o número de julgamentos requeridos para cada

respondente. Da mesma forma, a divisão da consulta reduziria o tempo demandado para responder a pesquisa.

5 CONCLUSÕES

A adoção de indicadores de desempenho como instrumento de avaliação pode ser considerada um dos melhores métodos de gestão de uma ETE. O uso desses indicadores acompanha a prescrição dos sistemas adotados pelas principais entidades de saneamento nacionais e internacionais, permitindo maior agilidade e simplicidade na avaliação e na geração de dados para monitoramento do desempenho ao longo do tempo.

A utilização neste trabalho de métodos de análise multiobjetivo para seleção e avaliação dos indicadores de desempenho demonstrou-se apropriada. Além do emprego direto na seleção e na avaliação dos indicadores de desempenho esses métodos foram fundamentais para estruturação do problema. Nesse sentido, o método AHP com *ratings* foi utilizado por possibilitar a estruturação do problema e a avaliação e priorização dos indicadores.

Além da aplicação na avaliação de ETE, a metodologia adotada no presente trabalho pode ser utilizada na seleção e na priorização de indicadores em outras áreas.

Quanto às perspectivas de avaliação, a aplicação dos princípios do BSC possibilitou inserir na avaliação dos indicadores os diferentes pontos de vista dos atores integrantes do contexto das ETE, gerando maior credibilidade aos resultados.

Por fim, nota-se como principal resultado deste trabalho a listagem de um banco de 51 indicadores de desempenho de ETE, selecionados e avaliados com a metodologia proposta, que podem ser utilizados como base para avaliações e para o desenvolvimento de metodologias futuras.

REFERÊNCIAS

Alegre, H. (2004) Performance indicators as a management support tool. In: Mays, L. W. Urban water supply management tools. McGraw-Hill, 208p.

ABNT (2012) *NBR ISO 24510*: Atividades relacionadas aos serviços de água potável e de esgoto - Diretrizes para a avaliação e para a melhoria dos serviços prestados aos usuários. Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT. Rio de Janeiro, Brasil. Disponível em:

<https://www.normas.com.br/visualizar/abnt-nbr-nm/32655/abnt-nbriso24510-atividades->

[relacionadas-aos-servicos-de-agua-potavel-e-de-esgoto-diretrizes-paraa-avaliacao-e-para-a-melhoria-dos-servicos-prestados-aos-usuarios](#)

Azhar, N. A.; Radzi, N. A. M.; Ahmad, W. S. H. M. W. (2021). Multi-criteria decision making: a systematic review. *Bentham Science*. 14, 8, p. 779-801. DOI: 10.2174/2352096514666211029112443.

Balmér, P.; Hellström, D. (2012) Performance indicators for wastewater treatment plants. *Water Science & Technology*, 65, 7, p. 1304-1310. DOI: <https://doi.org/10.2166/wst.2012.014>

Benedetti, L.; Dirckx, G.; Bixio, D.; Thoeye, C.; Vanrolleghem, P. A. (2008) Environmental and economic performance assessment of the integrated urban water system. *Journal of Environmental Management*, 88, 4, p. 1262–1272. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2007.06.020>

Bossel, H. (1999) Indicators for sustainable development: theory, method, applications. A report to the Balaton Group. International Institute for Sustainable Development – IISD. Winnipeg, Canada, 138 p. Disponível em: <https://www.iisd.org/system/files/publications/balatonreport.pdf>

Brostel, R. C. (2002) Formulação de modelo de avaliação de desempenho global de estações de tratamento de esgotos (ETE). Dissertação de Mestrado. Universidade de Brasília, Faculdade de Tecnologia, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Programa de Pós-Graduação em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos. Brasília, DF, Brasil. 278p. Disponível em: <http://ptarh.unb.br/wp-content/uploads/2017/04/Raquel-Brostel-2002.pdf>

EWA/DWA (2009) International workshop on European wastewater benchmarking reporting. Discussion of current activities and chances of cross-national comparison. European Water Association and German Association for Water, Wastewater and Waste, Hennef, Germany, 4 June.

Fábregas, C. A. (2006) Aplicación de indicadores de sostenibilidad a estaciones depuradoras de aguas residuales de poblaciones rurales de Portugal. Proyecto ICREW - Improving Coastal and Recreational Waters. Universidade Politècnica da Catalunya, Barcelona, Spain. Disponível em: <https://upcommons.upc.edu/handle/2099.1/3271>

Forman, E.; Peniwati, K. (1998). Aggregating individual judgements and priorities with the Analytic Hierarchy Process. *European Journal of Operational Research*, 108, p. 165-169. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0377-2217\(97\)00244-0](https://doi.org/10.1016/S0377-2217(97)00244-0)

Gordon, T. J. (1994). The Delphi method. *Futures Research Methodology: The Millenium Project*. Vol. 2, p. 1-30. Disponível em: http://www.gpsustentavel.ufba.br/documentos/delphi_method.pdf

Guerrini, A.; Romano, G.; Ferretti, S.; Fibbi, D.; Daddi, D. (2016) A performance measurement tool leading wastewater treatment plants toward economic efficiency and sustainability. *Sustainability* 2016, 8, 1250. DOI: 10.3390/su8121250

ISO - International Organization for standardization (2007a) ISO 24510: Service activities relating to drinking water and wastewater – Guidelines for the the service to users. Genebra, Suíça. Disponível em: <https://www.iso.org/standard/37246.html>

ISO - International Organization for standardization (2007b) ISO 24511: Service activities relating to drinking water and wastewater – Guidelines for the assessment of wastewater services and the management of utilities. Genebra, Suíça. Disponível em: <https://www.iso.org/standard/37247.html>

ISO - International Organization for Standardization (2007c) *ISO 24512*: Service activities relating to drinking water and wastewater – Guidelines for the assessment of drinking water services and the management of utilities. Genebra, Suíça.

Kaplan, R. S.; Norton, D. P. (1992) The balanced scorecard – measures that drive performance. *Harvard Business Review*, Boston, 70, p. 71-79, jan/feb 1992.

LNEC; ERSAR (2013) Guia de avaliação da qualidade dos serviços de águas e resíduos prestados aos utilizadores - 2ª geração do sistema de avaliação. Versão 2, Laboratório Nacional de Engenharia Civil e ERSAR - Entidade Reguladora dos Serviços de Águas e Resíduos. Lisboa, Portugal.

Malheiros, T. F.; Philippi Jr.; A., Coutinho, S. M. V. (2006). Interfaces dos serviços de água e esgoto. In: Galvão Jr., A. C. e Silva, A. C. Regulação - Indicadores para a prestação de serviços de água e esgoto. Associação Brasileira de Agências de Regulação – ABAR. Expressão Gráfica e Editora Ltda, Fortaleza, Brasil, 204p.

Meadows, D. (1998). Indicators and information systems for sustainable development. A report to the Balaton Group. Sustainability Institute, National Institute for Public Health and Environmental Protection - RIVM, Birtoven, Holanda, 78p.

Miranda, A. B.; Teixeira, B. A. N. (2004). Indicadores para o monitoramento da sustentabilidade em sistemas urbanos de abastecimento de água e esgotamento sanitário. *Revista Engenharia Sanitária e Ambiental*, 9, 4, p. 269-279.

OCDE (2002). Rumo a um desenvolvimento sustentável: indicadores ambientais. Série Cadernos de Referência, Organização de Cooperação e Desenvolvimento Econômico. Salvador, Brasil, 244p.

OCDE (2018). Oslo Manual: Guidelines for Collecting, Reporting and Using Data on Innovation, 4th Edition, The Measurement of Scientific, Technological and Innovation Activities, OECD Publishing, Paris/Eurostat, Luxembourg. <https://doi.org/10.1787/9789264304604-en>.

Quadros, S.; Rosa, M. J.; Alegre, H. (2008) Avaliação de desempenho de estações de tratamento de águas residuárias urbanas: proposta de indicadores de avaliação de desempenho global. Anais do 13º Encontro Nacional de Saneamento Básico - ENASB, Covilhã, Portugal.

Quadros, S.; Rosa, M. J.; Alegre, H; Silva, C. (2010) A performance indicators system for urban wastewater treatment plants. *Water Science & Technology*, 62, 10, p. 2398-2407.

Saaty, T. L. (1991). *Método de Análise Hierárquica*. McGraw-Hill, São Paulo, Brasil.

Saaty, T. L. (1999). Fundamental of the analytic network process. ISAHP. Mervis Hall, Kobe, Japan, p. 48-63.

Saaty, T. L. (2004). Fundamentals of the analytic network process - Dependence and feedback in decision-making with a single network. *Journal of Systems Science and Systems Engineering*, 13, 2, p. 129-157.

Saaty, T. L. (2006). Rank from comparisons and from ratings in the analytic hierarchy/network processes. *European Journal of Operational Research*, 168, 2, p. 557-570.

Saaty, T. L. (2008a). The analytic hierarchy and analytic network measurement processes: applications to decisions under risk. *European Journal of Pure and Applied Mathematics*, 1, 1, p. 122-196.

Saaty, T. L. (2008b). Decision making with the analytic hierarchy process. *International Journal of Services Sciences*, 1, 1, p. 83-98.

Scaratti, D.; Michelon, W.; Scaratti, G. (2013) Avaliação da eficiência da gestão dos serviços municipais de abastecimento de água e esgotamento sanitário utilizando Data Envelopment Analysis. *Revista Engenharia Sanitária e Ambiental*, 18, 4, out/dez 2013, p. 333-340.

- Vieira, P.; Rosa, M. J.; Alegre, H.; Lucas, H. (2006) Proposta de indicadores de desempenho de estações de tratamento de água. Anais do 12º Encontro Nacional de Saneamento Básico - ENASB, Cascais, Portugal.
- von Sperling, T. L. (2010). Estudo da utilização de indicadores de desempenho para avaliação da qualidade dos serviços de esgotamento sanitário. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Engenharia, Belo Horizonte, MG, Brasil. 134p.
- von Sperling, T. L.; von Sperling, M. (2013) Proposição de um sistema de indicadores de desempenho para avaliação da qualidade dos serviços de esgotamento sanitário. Revista Engenharia Sanitária e Ambiental, 18, 4, out/dez 2013, p. 313-322.
- UNEP (2011) Development of performance indicators for the operation and maintenance of wastewater treatment plants and wastewater reuse. Document UNEP- United Nations Environmental Program (DEPI)/MED WG.357/Inf.9. Presented at Meeting of MED POL Focal Points, Rhodes (Greece), 25-27 May 2011. Atenas, Grécia.
- UNL (1998) Methodology for assessing the treatment efficiency of urban wastewater treatment plants. Universidade Nova de Lisboa – UNL e Instituto da Água. Lisboa, Portugal.
- Zimmermann, D. M. H. (2010) O uso de indicadores de desempenho para planejamento e regulação dos serviços de abastecimento de água: SAA Capinzal/Ouro. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Santa Catarina, Engenharia Ambiental, Florianópolis, SC, 188p.