

Gestão de perdas em sistemas de abastecimento de água: uma abordagem construtivista

Water loss management: a constructivist approach

Sheila Kusterko^{1*}, Sandra Rolim Ensslin², Leonardo Ensslin³, Leonardo Corrêa Chaves⁴

RESUMO

Com o aumento da demanda e a crise hídrica em muitos países, a gestão de perdas em sistemas de abastecimento de água mostra-se relevante em todos os serviços de água. Esta pesquisa propôs-se a construir um modelo de avaliação de desempenho para apoiar uma empresa de saneamento quanto à gestão de perdas nos sistemas de abastecimento de água que opera. Para tanto, baseou-se na Metodologia Multicritério de Apoio à Decisão - Construtivista (MCDA-C). A construção do modelo seguiu as três fases do MCDA-C: estruturação, avaliação e recomendações. Na fase de estruturação, foram construídos 64 descritores, distribuídos em quatro áreas de preocupação: perdas aparentes, perdas reais, apoio operacional e relacionamento externo. Ao final da fase de avaliação, o *status quo* do sistema de abastecimento de água estudado foi de 22,51, considerado, pelo decisor, no nível competitivo. Foram elaboradas recomendações de ações para melhorar o desempenho do *status quo* para aqueles descritores que apresentaram desempenho comprometedor e que foram julgados pelo decisor como merecedores de aperfeiçoamento. As recomendações simuladas em conjunto foram importantes para a melhora no desempenho em todas as áreas de preocupação, resultando no desempenho global de 60,82. Assim, a metodologia MCDA-C mostrou-se coerente para os temas abordados nesta pesquisa e confirmou suas premissas construtivistas em todas as suas fases aqui desenvolvidas: estruturação, avaliação e recomendações.

Palavras-chave: sistemas de abastecimento de água; gestão de perdas; avaliação de desempenho; MCDA-C.

ABSTRACT

Considering the increasing demand and the water crisis in many countries, loss management in water supply systems seems relevant to all water services. This research set out to build a performance evaluation model to support a sanitation company on the loss management in the water supply systems that it operates, based on the Constructivist Multicriteria Decision Aid Approach (MCDA-C). The model construction followed the three phases of MCDA-C: structuring, actions evaluation and recommendations. The structuring phase resulted in 64 descriptors in four families of fundamental points of view: apparent losses, real losses, operational support, and external relations. At the end of the evaluation phase, the *status quo* of the water supply system studied was 22.51, within the competitive level judged by the decision-maker. Actions recommendations were designed to improve the status quo performance of those descriptors with compromising performance, judged by the decision-maker as relevant to be improved. Recommendations were important for improving performance in all families of fundamental points of view, resulting in the overall performance of 60.82. This way, the MCDA-C methodology proved to be consistent for the topics covered in this research and confirmed its constructivist assumptions in all the stages developed here: structuring, evaluation and recommendations.

Keywords: water supply systems; water loss management; performance assessment; MCDA-C.

INTRODUÇÃO

O crescimento populacional traz consigo a necessidade de melhorias e ampliações nos serviços de abastecimento de água, os quais precisam garantir o fornecimento de água com qualidade e quantidade para a população abastecida. Diante disso, é interesse para os diversos envolvidos que o abastecimento seja realizado de maneira eficaz.

As perdas caracterizam-se pela diferença do volume de água produzido e por aquele micromedido nos pontos de consumo e podem ocorrer em qualquer etapa de um sistema de abastecimento de água, desde a captação até o ponto de consumo. Podem ser reais ou aparentes: reais quando consideramos os vazamentos; e aparentes quando se dão por problemas de gestão, comerciais, além de fraudes de usuários e erros

¹Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) - Florianópolis (SC), Brasil.

²Professora do Programa de Pós-Graduação em Contabilidade da UFSC - Florianópolis (SC), Brasil.

³Professor do Programa de Pós-Graduação em Administração da Universidade do Sul de Santa Catarina - Florianópolis (SC), Brasil.

⁴UFSC - Florianópolis (SC), Brasil.

*Autor correspondente: sheilaens@gmail.com

Recebido: 09/11/2015 - Aceite: 29/03/2017 - Reg. ABES: 156436

de medição (KUSTERKO *et al.*, 2015). Com o aumento da demanda de água e a crise hídrica em muitos países, esse assunto mostra-se relevante para todos os serviços públicos ou privados de água (CARDOSO *et al.*, 2012; SCHULZ *et al.*, 2012; MCKENZIE & SEAGO, 2005; HASSANEIN; KHALIFA, 2006; MUTIKANGA *et al.*, 2009; PALME & TILLMAN, 2008; ALEGRE, 2010; MALMQVIST & PALMQVIST, 2005).

De acordo com os dados do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS), para o ano de 2015 o índice de perdas na rede de distribuição para os prestadores de serviços de abrangência regional, ou seja, as companhias estaduais de saneamento, foi de 36,7% (BRASIL, 2017). A Lei nº 11.445/2007 garante a titularidade dos serviços de saneamento ao gestor público, o qual pode delegar a prestação dos serviços a autarquias municipais, consórcio público, empresas privadas, empresas públicas ou sociedades de economia mista estadual (companhias de saneamento) (BRASIL, 2007). Sendo assim, fazer a gestão para o controle e a redução de perdas é tarefa emergente às companhias de saneamento para se manterem competitivas.

O contexto das ações que envolvem a redução de perdas em sistemas de abastecimento de água é estratégico para o processo de tomada de decisões, a fim de garantir a sustentabilidade e, até mesmo, a competitividade da companhia diante da atual concorrência. Além disso, investir no controle e na redução de perdas traz benefícios em diversos segmentos:

- econômico, uma vez que, passados os investimentos iniciais, os resultados trazem redução de custos operacionais e aumento no faturamento já em curto prazo;
- tecnológico, na modernização de equipamentos e capacitação técnica;
- energético, tendo em vista que a redução de perdas gera economia e eficiência energética;
- sociocultural, considerando a necessidade de ações e campanhas sociais e educativas para a conscientização dos envolvidos na redução de fraudes;
- ambiental, pois a gestão de perdas é fundamental para reduzir os impactos da crise hídrica mundial.

Perante esse contexto, faz-se importante questionar: como desenvolver um modelo de avaliação de desempenho para apoiar a gestão de perdas em sistemas de abastecimento, construindo nos decisores o conhecimento para promover o aperfeiçoamento dos aspectos julgados relevantes segundo a sua percepção? Muitos são os fatores que influenciam direta ou indiretamente essa problemática. É necessária a construção de um sistema capaz de identificar, medir e integrar os fatores relevantes que influenciam o contexto que se pretende gerenciar (modelo), identificar o ponto em que o sistema se encontra quanto à gestão de perdas e propor ações para melhorar o planejamento das atividades, compreendendo as consequências do estágio atual e também daquilo que se busca. Considerando que a entidade é gerida por pessoas, pensa-se como essencial a participação dos decisores na construção desse modelo de avaliação de desempenho.

Com base na revisão bibliográfica realizada em um portfólio de artigos com reconhecimento científico (ENSSLIN *et al.*, 2015), fica claro que não

se podem vincular perdas de água a desperdício ou vazamentos. Grande parte do volume de água fornecido aos usuários pode não ser contabilizada e/ou faturada. Causas que levam a essas perdas aparentes são de grande preocupação, uma vez que são as mais difíceis de serem controladas e estão relacionadas a medidas sociais e administrativas: intervenções fraudulentas, desatualização cadastral, parque de hidrômetros com idade ultrapassada, falta de calibração/manutenção, erros ou falta de medição (LAMBERT, 2000; MUTIKANGA *et al.*, 2010; CRIMINISI *et al.*, 2009). Essas são situações comuns entre as empresas de saneamento, principalmente em países em desenvolvimento (MUTIKANGA *et al.*, 2010; 2013).

Quanto às perdas reais, cabe às empresas de saneamento investir em manutenção preventiva, controle de qualidade de obras e materiais, agilidade e priorização no conserto de vazamento, busca por vazamentos invisíveis, modernização de equipamentos, capacitação de equipes, manutenção preventiva, entre outros (LAMBERT, 2000; MUTIKANGA *et al.*, 2011a; 2011b; MARQUES & MONTEIRO, 2003). Kanakoudis *et al.* (2013) entendem que o primeiro passo para a redução de perdas de água é o processo de avaliação de desempenho do sistema de abastecimento.

Os modelos de avaliação de desempenho surgem como um suporte para identificar quais aspectos devem ser gerenciados (e como) e assim auxiliar os tomadores de decisão em suas respectivas atividades cotidianas (CARDOSO *et al.*, 2012; ALEGRE, 2010; MALMQVIST & PALMQVIST, 2005). Eles também se mostram presentes na gestão dos serviços de água e esgoto desde a década de 1990, quando os primeiros estudos começaram a ser publicados (ALEGRE *et al.*, 2009; PALME & TILLMAN, 2008; MUTIKANGA *et al.*, 2010). De lá para cá, diversas entidades iniciaram projetos e pesquisas para a criação de indicadores, modelos de avaliação de desempenho e apoio à tomada de decisão (MUTIKANGA *et al.*, 2010; CORTON & BERG, 2009; HYDE *et al.*, 2005; KANAKOUDIS *et al.*, 2013; PALME & TILLMAN, 2008; MCKENZIE & SEAGO, 2005).

Inúmeros são os conceitos em torno do tema AD, o qual não pode ser definido de apenas uma maneira, pois pode ser entendido de acordo com o fim a que se destina. A AD é conceituada por Kennerley e Neely (2002) como uma ferramenta que possibilita auxiliar as organizações para definir um conjunto de medidas que refletem seus objetivos e estimar seu desempenho de forma apropriada no contexto no qual são aplicadas. Ensslín *et al.* (2013a, p. 739, nossa tradução) definem avaliação de desempenho como:

Um processo para construir conhecimento no decisor, a respeito do contexto específico que se propõe a avaliar, a partir da percepção do próprio decisor, por meio de atividades que identificam, organizam, mensuram ordinalmente e cardinalmente, integram e permitem visualizar o impacto das ações e seu gerenciamento.

A AD permite auxiliar a gestão, pois considera aquilo que é importante no contexto conforme a percepção do gestor, permitindo-lhe visualizar as consequências das decisões potenciais ou daquelas que já foram

tomadas. Essa técnica ganha representatividade em contextos nos quais as variáveis não estão claramente definidas e os decisores precisam de apoio para identificar o que deve ser levado em conta, havendo o desejo de melhoria de determinada situação problemática. Nesse contexto, a AD de SAA consiste em um tema de interesse de acadêmicos, técnicos e gerentes de empresas de saneamento e da sociedade (ENSSLIN *et al.*, 2015).

Alegre *et al.* (2009) defendem a ideia de que os principais desafios da AD atualmente é entender melhor os resultados e torná-los mais compreensíveis para todos. Nesse contexto se inserem as metodologias de apoio à tomada de decisão (MCDA). Sa-Nguanduan e Nititvattananon (2011) referem-se à MCDA como um procedimento útil na resolução de conflitos relacionados com a gestão da água, especialmente quando os impactos não podem ser estimados em aspectos monetários. No entanto, a sua aplicação ao planejamento da gestão de perdas de água tem sido limitada (MUTIKANGA *et al.*, 2013).

Esta pesquisa teve por objetivo construir um modelo de AD para apoiar a Superintendência da Região Metropolitana da Companhia Catarinense de Águas e Saneamento (SRM/CASAN) quanto à gestão de perdas nos SAA que opera, de acordo com os valores e as preferências do gerente operacional, identificando, medindo e integrando fatores que influenciam direta ou indiretamente essa problemática, encontrando o *status quo* e definindo o que pode ser feito para melhorar o planejamento das atividades, compreendendo as consequências das alternativas naquilo que se busca.

Com base em uma abordagem construtivista, na qual se encaixa este estudo de caso, os processos de apoio à tomada de decisão auxiliam o decisor a identificar suas preferências e valores relevantes ao problema a ser resolvido. O estudo pretende abordar a metodologia Multicritério de Apoio à Decisão - Construtivista (MCDA-C), indicada em casos em que: o contexto é parcialmente conhecido pelos decisores; os objetivos a serem tidos em conta são os do decisor e não estão identificados; o decisor deseja participar do processo de construção do conhecimento do problema; e existem atores (intervenientes) que possuem o poder de influenciar o decisor no processo de explicitar os objetivos (ENSSLIN *et al.*, 2000).

Este artigo apresenta a aplicação do MCDA-C em um SAA de uma empresa de saneamento de Santa Catarina, a qual não possui ainda em suas ações um modelo de gestão para o controle nem para a redução de perdas em abastecimento de água implementado. A construção de um modelo de AD fundamentado nos critérios julgados importantes pelos decisores propiciará à empresa um instrumento de apoio à decisão para melhorar o planejamento das atividades, projetos e investimentos, permitindo ainda visualizar as consequências de suas decisões.

METODOLOGIA DE PESQUISA

Para o desenvolvimento da pesquisa proposta, foi construído um modelo de AD para apoiar a gestão de perdas de um SAA baseado na MCDA-C). Essa metodologia possui reconhecimento científico para

construir modelos para AD em contextos complexos, envolvendo múltiplos critérios e atores com objetivos conflitantes (ENSSLIN *et al.*, 2000; MONTIBELLER *et al.*, 2008; TASCIA *et al.*, 2010; ZAMCOPÉ *et al.*, 2010; ENSSLIN *et al.*, 2010b; DELLA BRUNA *et al.*, 2011; LACERDA *et al.*, 2011a; 2011b; ENSSLIN *et al.*, 2013a; MARAFON *et al.*, 2015; LONGARAY *et al.*, 2015; VALMORBIDA *et al.*, 2015).

Ao final do trabalho, o decisor pôde identificar de forma fundamentada os pontos críticos para o planejamento das ações para o controle e a redução de perdas nesse SAA. A construção do modelo seguiu as três fases da MCDA-C: estruturação; avaliação e recomendações (ENSSLIN *et al.* 2000; 2010a), conforme se observa na Figura 1.

As principais vantagens provenientes da utilização da MCDA-C são as possibilidades de: abordar informações qualitativas e quantitativas; capturar e apresentar, de maneira explícita, os objetivos e valores dos decisores; permitir que os decisores reflitam sobre seus objetivos, prioridades e preferências; e desenvolver um conjunto de condições e meios para informar as decisões em função do que o decisor achar mais adequado (LACERDA *et al.*, 2009; 2011a; 2011b; ZAMCOPÉ *et al.*, 2010).

Para o presente estudo de caso, a metodologia permitiu, por exemplo, a priorização de determinadas ações com vistas à gestão de perdas em abastecimento de água e baseadas nos valores e nas preferências do decisor.

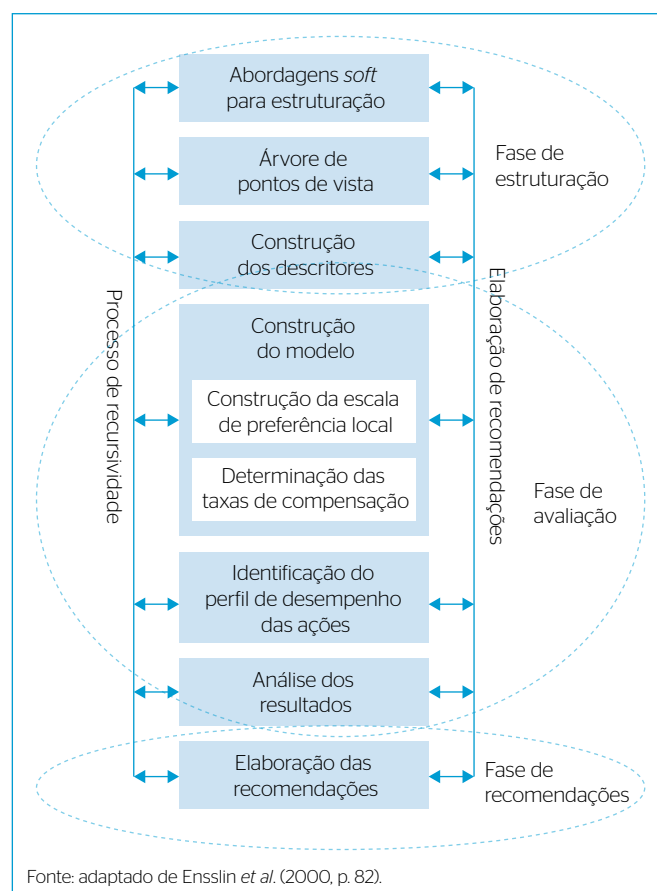


Figura 1 - Fases da metodologia Multicritério de Apoio à Decisão - Construtivista.

RESULTADOS E DISCUSSÃO: CONSTRUÇÃO DO MODELO

Fase 1: estruturação do modelo

Esta pesquisa ocorreu na SRM/CASAN. Considerando a dimensão dos sistemas atendidos, a investigação desenvolveu um modelo de gestão para os SAA. Os atores envolvidos no problema foram:

- decisores: gerente operacional;
- intervenientes: presidente da empresa, diretores, chefe da agência, projetistas, equipes de manutenção, operação e comercial, órgãos fiscalizadores;
- facilitadores: autores do trabalho;
- agidos: técnicos terceirizados e usuários.

O decisor/gerente operacional definiu como rótulo para o modelo: Avaliação de Desempenho para apoiar a gestão de perdas em Sistemas de abastecimento de água.

Na primeira etapa de criação do modelo multicritério foram realizadas entrevistas com o decisor com a finalidade de levantar informações relativas aos valores, às expectativas e às vontades pessoais quanto à gestão do contexto envolvido. Neste estudo de caso houve apenas um decisor e esse foi o único entrevistado, seguindo a MCDA-C. Das declarações do decisor, conseguiu-se identificar 94 elementos primários de avaliação (EPAs), que são as características ou propriedades do contexto que o decisor julga impactarem em seus valores. Entre eles, citam-se: cadastro técnico, intervenções fraudulentas, modelagem hidráulica, inadimplência, cadastro de usuários, satisfação dos clientes, perdas reais, supervisão (monitoramento remoto), automatização, falta de água, reclamações de vazamentos, vida útil dos hidrômetros, procedência de materiais, perdas aparentes.

Com base nesses EPAs, puderam-se então criar os conceitos, formados por duas partes, separadas por reticências (...), que se lê: “em vez de”. A primeira parte do conceito apresenta a direção de preferência desejada (o que deseja fazer); e a segunda, o polo oposto psicológico, ou seja, a motivação ou a consequência que leva à motivação (ENSSLIN & ENSSLIN, 2013). Conceitos construídos pelo gerente operacional para a área de interesse “controle operacional” são visualizados na Figura 2. Nessa figura, cada EPA possui abaixo seu conceito com sua direção e posto psicológico, separados por reticências.

Os conceitos que, segundo a visão do decisor, apresentam preocupação estratégica semelhante foram agrupados em áreas de preocupação, cujos nomes devem refletir da melhor forma possível a preocupação principal do decisor (ENSSLIN et al., 2010a). Para esse modelo, foram identificadas quatro áreas de preocupação:

- perdas aparentes;
- perdas reais;
- apoio operacional;
- relacionamento externo.

A fim de expandir ainda mais o conhecimento do decisor e organizar as informações advindas dos conceitos que integram cada área de preocupação, fez-se uso do mapa meios-fins. Tal mapa é dividido em mapas menores formando os *clusters*, que são conjuntos de conceitos associados a um mesmo assunto/tema/preocupação. A Figura 2 apresenta o *cluster* para a área de preocupação “apoio operacional”.

Na MCDA-C, a estrutura de relações de influência formada pelo mapa meios-fins pode ser convertida em uma estrutura hierárquica de valor (EHV)/árvore de pontos de vista. Para Keeney (1992), isso permite incorporar o entendimento dos julgamentos preferenciais do decisor no modelo em construção. Quando os *clusters* e *subclusters* migram para a EHV, os primeiros passam a ser chamados de pontos de vista fundamentais (PVF) e os segundos, de pontos de vista elementares (PVE).

A última etapa da fase “estruturação”, proposta pela MCDA-C, diz respeito à construção de escalas ordinais, denominadas de “descritores” (ENSSLIN et al., 2000). As escalas ordinais são construídas em conjunto com o decisor, pois é ele quem melhor define o que é relevante para a situação em questão (ENSSLIN et al., 2001; 2013a). Após a construção das escalas, o decisor deve informar o que caracteriza um desempenho bom e um desempenho ruim, ou seja, os níveis de referência. Esses níveis de referência são classificados como “nível bom”, para o qual os resultados acima dos valores de referência demonstram desempenho excelente, e como “nível neutro”, para o qual os resultados abaixo desses valores apresentam um desempenho considerado comprometedor. O desempenho entre o “nível neutro” e o “nível bom” é visto como competitivo na MCDA-C (ROY, 2005). O modelo resultante desta pesquisa gerou 77 PVE, resultando em 64 descritores.

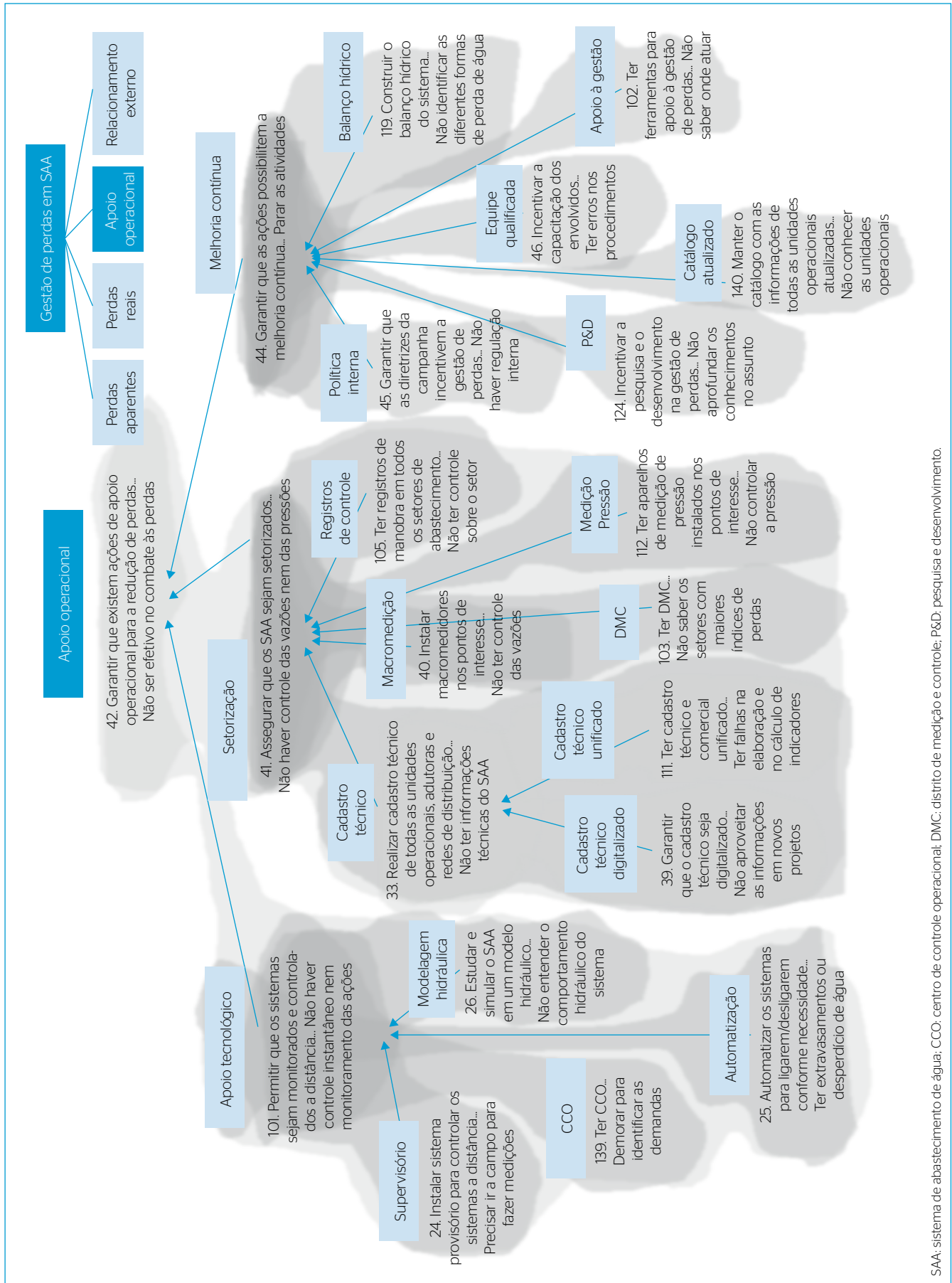
O descritor para o PVE “macromedição” é apresentado na Figura 3, com a respectiva escala ordinal e o nível de referência.

Observa-se que a construção dos descritores não permite ao decisor mensurar os aspectos do contexto de forma quantitativa nem integrada. Para tanto, procedeu-se à próxima fase da MCDA-C.

Fase 2: Avaliação

Nessa fase, a MCDA-C visa transformar o modelo qualitativo (construído na fase de estruturação) em um modelo quantitativo, por meio da explicitação do juízo de valor do decisor, de forma a permitir a avaliação global das alternativas (ENSSLIN et al., 2000). As funções de valor do modelo têm como propósito transformar escalas ordinais em cardinais. Isso possibilita ao decisor visualizar a diferença de atratividade da passagem de determinado nível para outro em cada descritor e mensurar quantitativamente o modelo em cada PVE (ENSSLIN et al., 2010a).

Neste trabalho foi adotado o método Macbeth, delimitando a diferença de atratividade entre uma alternativa e outra. O nível bom passa a ter o valor 100, e o nível neutro, valor 0 (ENSSLIN et al., 2001). A Figura 4 apresenta um exemplo da transformação do descritor “sistema supervisão” em função de valor por meio do método *Macbeth*.



SAA: sistema de abastecimento de água; CCO: centro de controle operacional; DMC: distrito de medição e controle; P&D: pesquisa e desenvolvimento.

Figura 2 - Mapa meios-fins, clusters e subclusters para a área de interesse "controle operacional", incluindo elementos primários de avaliação e conceitos.

Ensslin *et al.* (2010b) afirmam que a MCDA-C disponibiliza ao decisor o entendimento para realizar a mensuração cardinal de cada aspecto operacional considerado relevante. No entanto, para visualizar a mensuração dos aspectos julgados como estratégicos (PVF) e como táticos (PVE intermediários), faz-se necessário integrar o modelo. Isso é propiciado por meio das taxas de substituição.

Essa etapa serve para agregar as avaliações locais de cada critério em uma avaliação global que possibilita a comparação das mudanças de desempenho em outros descritores e ainda comparar alternativas disponíveis. Para Ensslin e Ensslin (2013), as taxas de substituição, ou compensação, são constantes que representam, segundo o julgamento do decisor, a contribuição do critério no ponto de vista superior quando uma alternativa tem seu desempenho aperfeiçoado do nível neutro para o nível bom. Para essa conversão, o decisor expressa seus julgamentos por meios semânticos, e as alternativas devem ser hierarquizadas e ordenadas de acordo com a preferência julgada pelo decisor. Para isso, utilizou-se a matriz de Roberts (ENSSLIN *et al.*, 2001).

Quando da ordenação de preferência das alternativas, as taxas de substituição são calculadas de maneira similar à construção das escalas cardinais. Da mesma forma, pode-se dar continuidade aos demais

PVE e PVF, encontrando-se todas as taxas de substituição do modelo. A Figura 5 apresenta os descritores, as escalas ordinais, as funções de valor e as taxas de substituição para a o PVF “setorização” da área de preocupação “apoio operacional”.

A avaliação global é realizada aplicando-se a Equação 1 (global) para a alternativa ou situação em questão, expressa pela soma das taxas de compensação multiplicadas pela *performance* de cada PVE.

$$V_{PVF_k}(a) = \sum_{i=1}^{n_i} W_{i,k} * V_{i,k} (a) \tag{1}$$

Em que:

$V_{PVF_k}(a)$ = valor global da ação *a* do PVF_k para $k = 1, \dots, m$;

$v_k(a)$ = valor parcial da ação *a* no critério *i*, $i = 1, \dots, n$, do PVF_k para $k = 1, \dots, m$;

a = nível de impacto da ação *a*;

$w_{i,k}$ = taxas de substituição do critério *i*, $i = 1, \dots, n$, do PVF_k para $k = 1, \dots, m$;

n_k = número de critérios do PVF_k para $k = 1, \dots, m$;

m = número de PVF do modelo.

A equação geral do modelo proposto neste trabalho é apresentada pela Equação 2 e será detalhada em quatro etapas, cada uma representando um objetivo estratégico, ou área de preocupação.

$$V_{GESTÃO PERDAS}(a) = 0,2895 * V_{PERDAS APARENTES}(a) + 0,2632 * V_{PERDAS REAIS}(a) + 0,2368 * V_{APOIO OPERACIONAL}(a) + 0,2105 * V_{RELACIONAMENTO EXTERNO}(a) \tag{2}$$

Essa fase foi realizada para o sistema de abastecimento de Biguaçu, operado e atendido pela SRM. Foi possível então ter um modelo global de avaliação e identificar o perfil de desempenho da situação atual, ou seja, o *status quo*. Ao decisor, tornou-se possível expandir o entendimento sobre o contexto do problema, apoiando o processo de gestão. A Figura 6 exibe o perfil de impacto no PVF “setorização” da área de

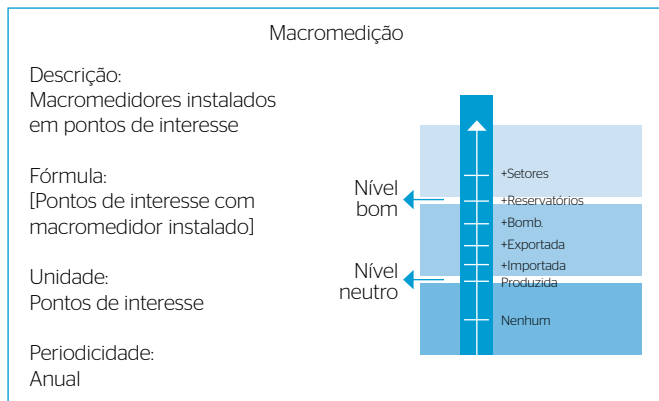


Figura 3 - Descritor “macromedição”.

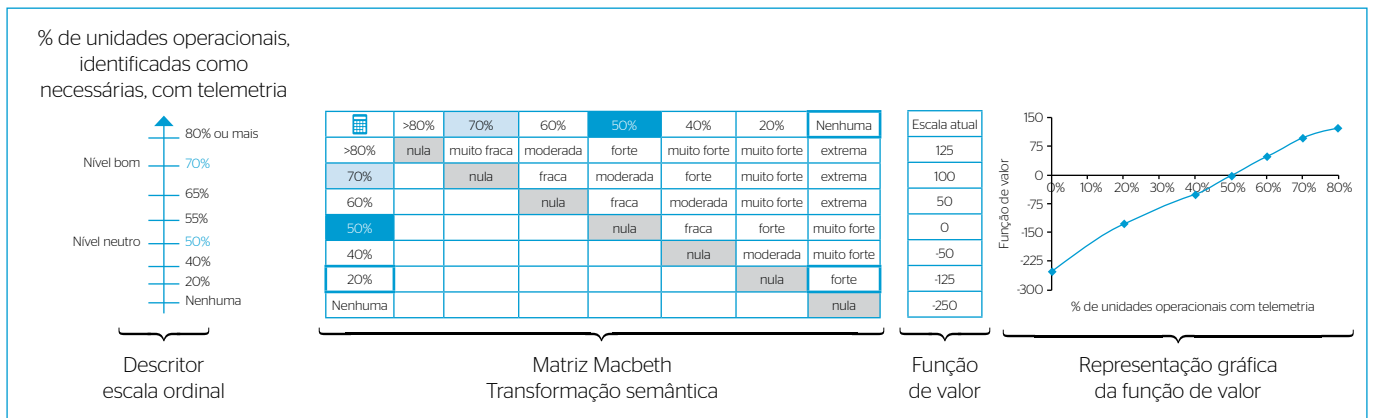


Figura 4 - Transformação do descritor “sistema supervisorio” em função de valor por meio do método Macbeth.

preocupação “apoio operacional”. O Quadro 1 traz o valor da avaliação global de cada área de preocupação, aplicada à Equação 3.

$$\begin{aligned}
 V_{\text{GESTÃO PERDAS}}(a) &= 0,2895 \times V_{\text{PERDAS APARENTES}}(a) + 0,2632 \times \\
 V_{\text{PERDAS REAIS}}(a) &+ 0,2368 \times V_{\text{APOIO OPERACIONAL}}(a) + 0,2105 \times \\
 V_{\text{RELACIONAMENTO EXTERNO}}(a) \\
 V_{\text{GESTÃO PERDAS}}(a) &= 0,2895 \times (23,74) + 0,2632 \times (2,42) + \\
 &0,2368 \times (5,45) + 0,2105 \times (65,13) \\
 V_{\text{GESTÃO PERDAS}}(a) &= 22,51
 \end{aligned}
 \tag{3}$$

O valor global quanto à gestão de perdas no SAA Biguaçu resultou em 22,51 pontos. Isso significa que o SAA se encontra no nível

competitivo de mercado no que tange à gestão de perdas, pois o valor está entre 0 e 100. Como o valor está mais próximo do nível neutro que do nível bom, percebe-se que melhorias podem ainda ser realizadas no sistema de abastecimento. Agora, o decisor tem condições de identificar quais descritores devem ser trabalhados e quanto esforço deve ser oferecido, a fim de atingir perfil de desempenho superior, comparando alternativas e identificando o impacto dessas alternativas no modelo global. Essas ações são apontadas na fase de recomendações.

Fase 3: Recomendações

Na fase de recomendações, o apoio oferecido ao decisor na MCDA-C é de caráter construtivista. Ou seja, as recomendações foram desenvolvidas

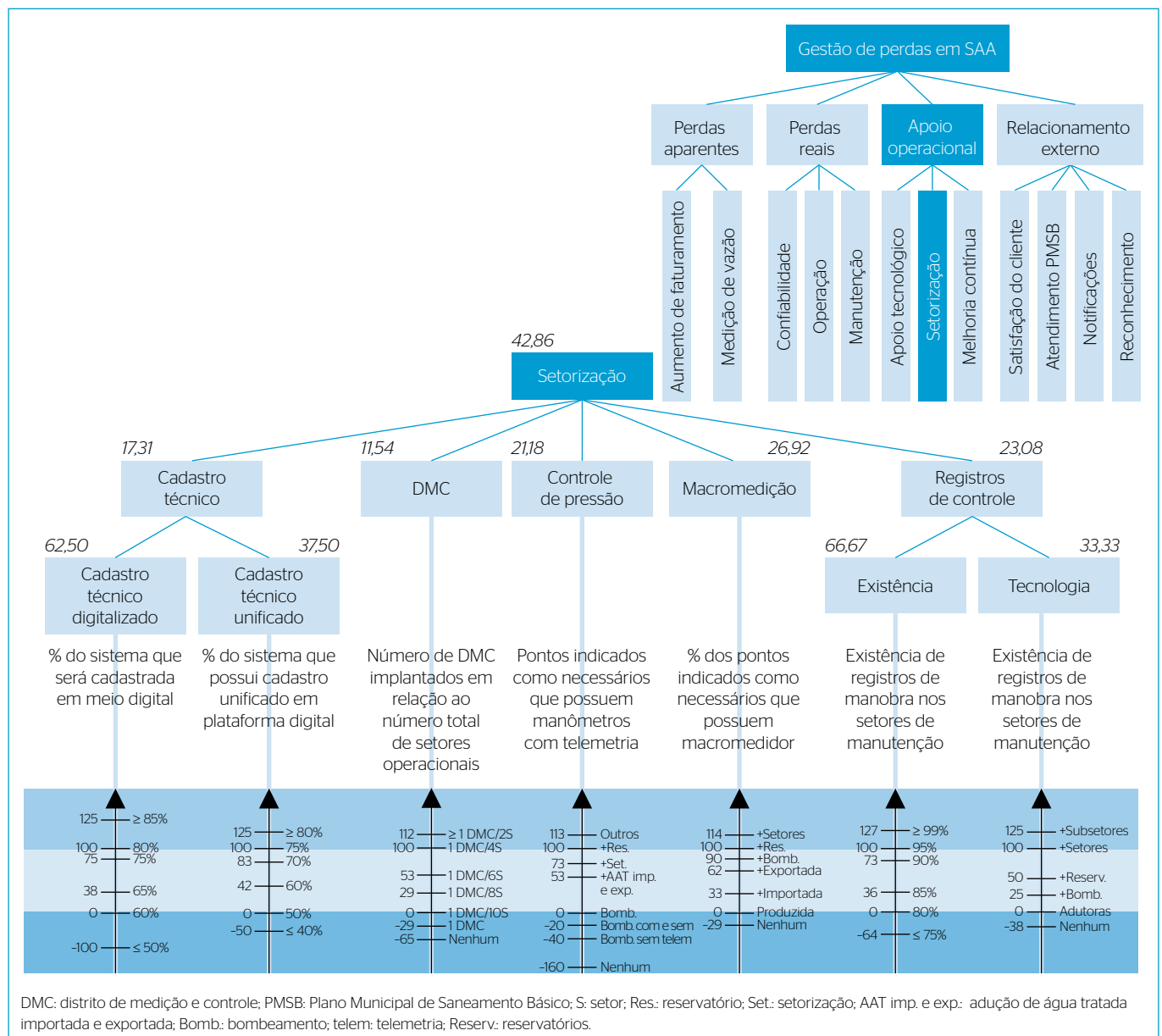


Figura 5 – Descritores, escalas ordinais, funções de valor e taxas de substituição para o ponto de vista fundamental “setorização” da área de preocupação “apoio operacional”.

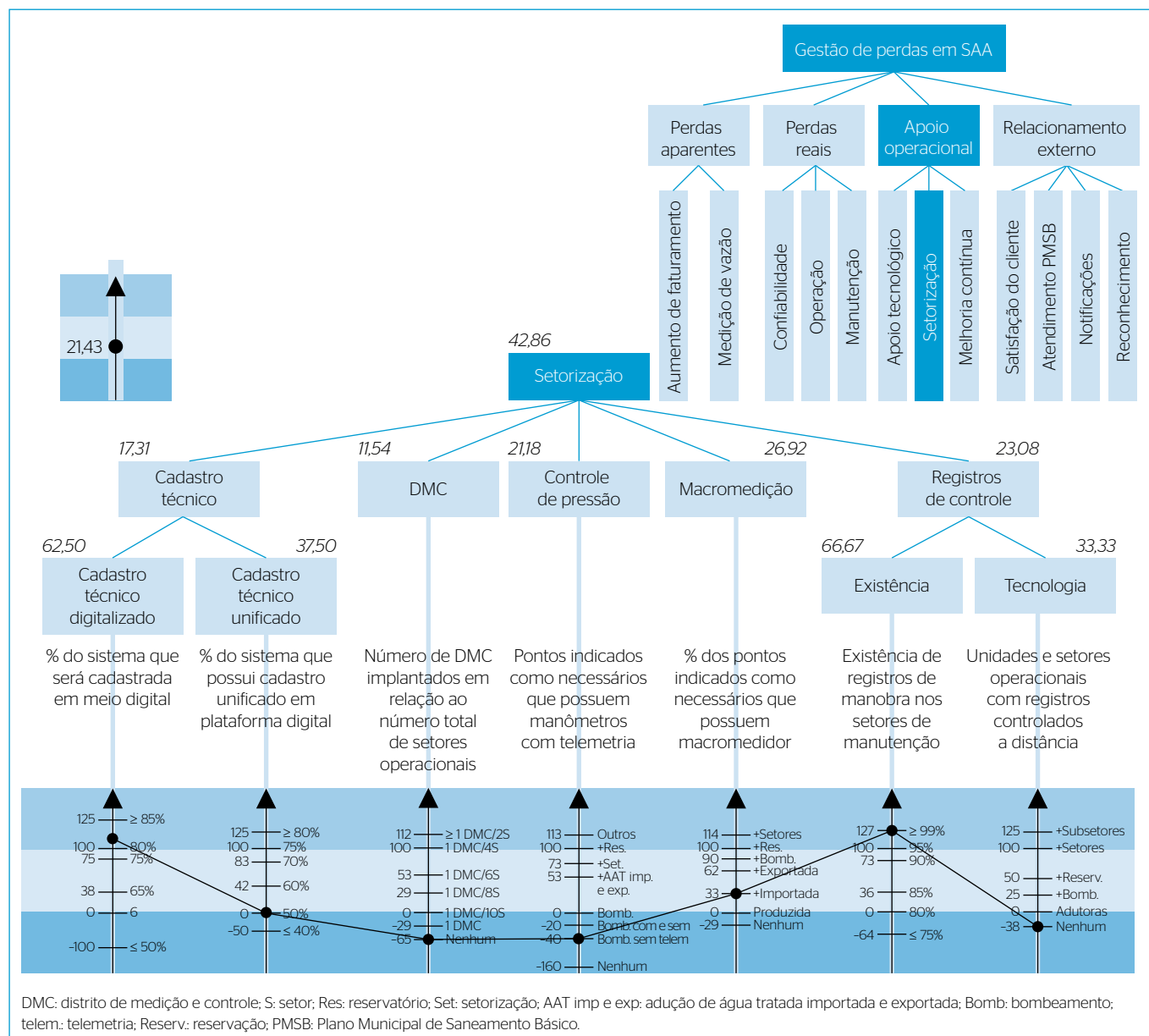


Figura 6 - Perfil atual de desempenho no ponto de vista fundamental “setorização” da área de preocupação “apoio operacional”.

Quadro 1 - Resumo do desempenho atual de cada área de preocupação do modelo.

Área de preocupação	Valor
Perdas aparentes	23,74
Perdas reais	2,42
Apoio operacional	5,45
Relacionamento externo	65,13

em conjunto com o decisor, ao contrário das demais abordagens de resolução de problemas, que indicam ações sem, necessariamente, envolver o decisor no processo (ENSSLIN et al., 2001).

Neste estudo de caso, o modelo de avaliação de desempenho para apoiar a gestão de perdas em SAA identificou 20 PVE com desempenho abaixo do nível neutro, na faixa comprometedor. Para esses PVE, foram buscadas e sugeridas oportunidades de melhorias, juntamente com o decisor e atores intervenientes. A elevação do desempenho de todos esses PVE ao nível bom (desempenho = 100) não demonstrou ser uma meta atingível em um primeiro momento, tendo em vista os recursos financeiros, humanos e tecnológicos necessários. Foi realizada então, uma avaliação em cada um dos PVE de desempenho comprometedor e se levantaram alternativas viáveis atualmente para a melhoria de sua performance, elevando-os minimamente ao nível competitivo. A Figura 7 traz as recomendações para a melhoria do desempenho no

PVE “supervisório”. A simulação do aperfeiçoamento do desempenho é apresentada para o PVF “setorização” da área de preocupação “apoio operacional” na Figura 8.

Essa segunda simulação demonstrou que, por intermédio de ações tangíveis, pode-se melhorar o desempenho global do modelo, apesar de ainda não se elevar à faixa de excelência. No entanto, apesar de alguns PVE se elevarem apenas ao nível neutro, as recomendações simuladas em conjunto foram relevantes para a melhora no desempenho em todas as áreas estudadas, resultando em 84,5 para o objetivo estratégico “perdas aparentes”, 73,29 para o objetivo estratégico “perdas reais” e 58,62 para o objetivo “apoio operacional”, cujos incrementos foram de 60,76; 70,87 e 53,16 pontos, respectivamente. O desempenho global passou então de 22,51 para 60,82.

Entende-se então que as melhorias propostas causariam impacto relevante no desempenho global do modelo. Diante dos resultados obtidos na fase de recomendações, ficam evidentes os benefícios que a MCDA-C traz à gestão de perdas em SSA.

Assim, a fase de recomendações atingiu seus objetivos de permitir ao decisor:

- identificar os aspectos em que deve intervir;
- identificar ações que promovem o aperfeiçoamento;
- visualizar as consequências da implementação em nível local ou operacional (no PVE), em nível tático (no PVF) e estratégico (global), criando e testando novos cenários e fazendo simulações a fim de melhor entender as consequências e apoiar suas decisões (ENSSLIN

& ENSSLIN, 2013; LONGARAY *et al.*, 2015; VALMORBIDA *et al.*, 2015; MARAFON *et al.*, 2015).

CONCLUSÕES

As perdas em SAA representam uma área de grande interesse das empresas de saneamento, tanto privadas como públicas. A necessidade da prestação de um serviço eficiente e de qualidade é critério básico no atual cenário mundial, tendo em vista o aumento da demanda de água e a crise hídrica em muitos países (KUSTERKO *et al.*, 2015). Nesse sentido, o objetivo geral desta pesquisa foi construir um modelo de AD para apoiar a gestão de perdas nos SAA operados pela SRM/CASAN, por meio da MCDA-C.

A criação do modelo de AD para apoiar a gestão de perdas nos SAA operados pela SRM baseou-se numa visão de mundo construtivista. A empresa em estudo não possuía até o momento um modelo de gestão de perdas que integrasse todas as áreas relevantes. Além disso, o processo era ainda parcialmente desconhecido aos decisores, os objetivos não estavam identificados e existiam intervenientes que poderiam auxiliar e influenciar o gestor no processo. Assim, a MCDA-C mostrou-se uma metodologia consistente para a aplicação neste estudo de caso e alcance dos objetivos estratégicos.

Foi permitido ao decisor na primeira fase do modelo, a estruturação, identificar os diversos critérios considerados por ele como necessários e suficientes para avaliar a gestão de perdas em um dos SAA da SRM/CASAN. De acordo com os critérios e valores do decisor, foram encontrados 94 EPAs, a partir dos quais foram criados os conceitos.

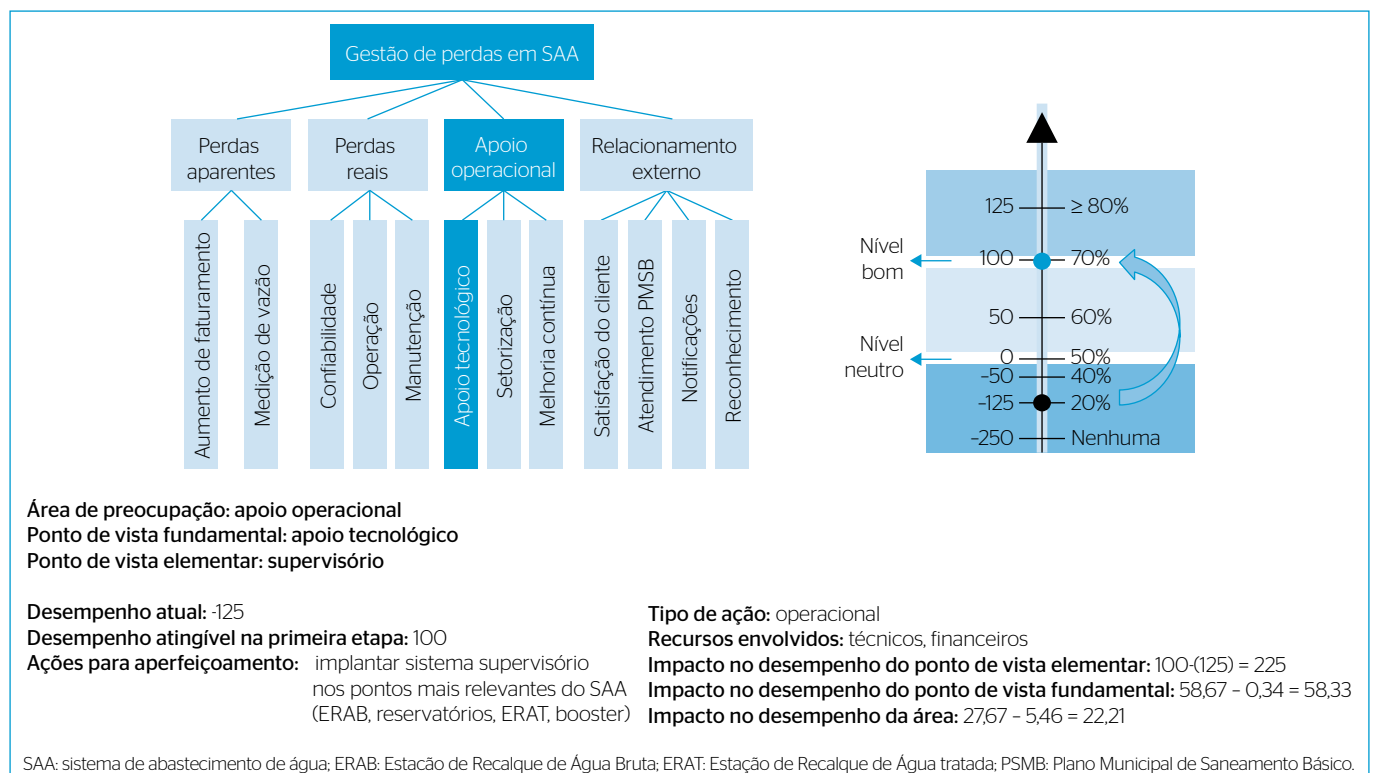


Figura 7 - Recomendações para o ponto de vista elementar “supervisório” da área de preocupação “apoio operacional”.

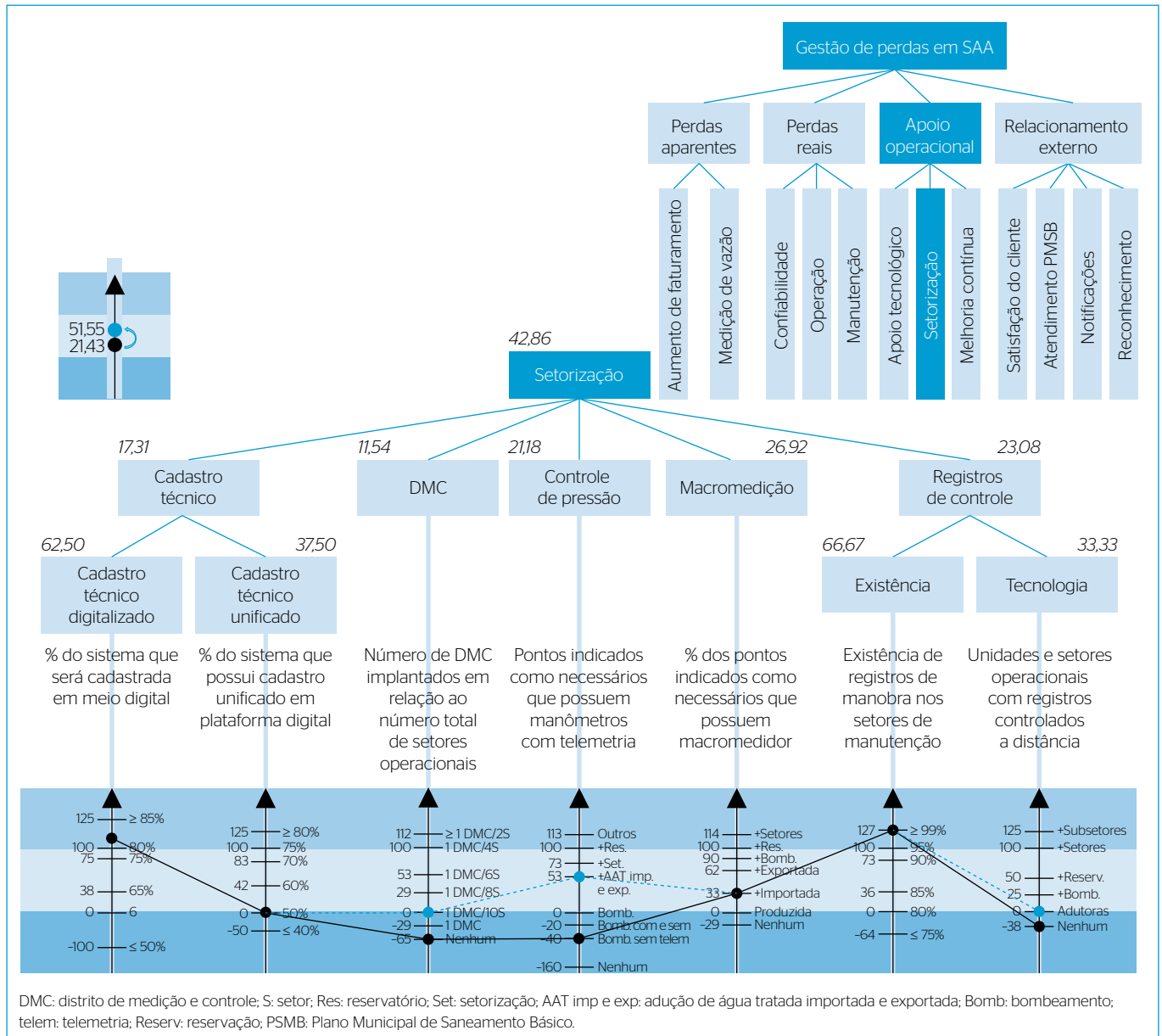


Figura 8 - Perfil atual de desempenho da área de preocupação “apoio operacional” após implementação das recomendações.

Esses conceitos foram então agrupados em quatro áreas de preocupação: perdas aparentes, perdas reais, apoio operacional e relacionamento externo. Mediante uma estrutura *top-down*, foram criados os mapas meios-fins e, então, a EHV. No nível estratégico ficaram os PVE, que não foram possíveis de serem mensurados. Os 77 PVE ficaram ao nível operacional e permitiram criar 64 descritores para este estudo de caso, juntamente com suas escalas ordinais, que incluíram os níveis de referência.

Ainda na fase de estruturação do modelo, foram construídas escalas ordinais e, na de avaliação, escalas cardinais para mensurar tais critérios, segundo a percepção do decisor. O método de transformação deu-se pelo Macbeth, e o nível bom passou a ter o valor 100 e o nível neutro, o valor 0. Apesar de a literatura relacionada à gestão de saneamento trazer diversos estudos quanto a indicadores de saneamento, pouco é discutido

a respeito dos limites inferiores e superiores desses indicadores e sobre a priorização das ações. Esse aspecto mostrou a relevância da pesquisa.

Os critérios foram integrados via taxas de compensação, conforme a percepção do decisor, que permitiram então, para o SAA de Biguaçu, operado pela SRM, encontrar o *status quo*, ou seja, em que ponto o sistema se encontrava quanto à gestão de perdas, por meio da evidênciação do perfil de impacto. Uma das dificuldades encontradas na fase de avaliação deu-se na obtenção dos dados e consequente elaboração do perfil de impacto. Essa dificuldade é similar em diversos outros estudos: Machado *et al.* (2009), Kanakoudis e Tsitsifli (2010), Kanakoudis *et al.* (2013) e Mutikanga *et al.* (2013).

Na última fase foram desenvolvidas recomendações em conjunto com o decisor para melhorar o planejamento das atividades, visualizando

no *status quo* as consequências das alternativas naquilo que se buscava. A simulação da aplicação dessas recomendações resultou na melhora do desempenho global: de 22,51 para 60,82.

Considerando a pergunta da pesquisa, como desenvolver um modelo de AD quanto à gestão de perdas em SAA, construindo nos decisores

o conhecimento para promover o aperfeiçoamento dos aspectos julgados importantes segundo a sua percepção?, a MCDA-C revelou-se coerente para os temas abordados nesta pesquisa e confirmou suas premissas construtivistas em todas as suas fases aqui desenvolvidas: estruturação, avaliação e recomendações.

REFERÊNCIAS

- ALEGRE, H. (2010) Is strategic asset management applicable to small and medium utilities? *Water Science & Technology*, v. 62, n. 9, p. 2051-2058. <https://doi.org/10.2166/wst.2010.509>
- ALEGRE, H.; CABRERA JR., E.; MERKEL, W. (2009) Performance assessment of urban utilities: The case of water supply, wastewater and solid waste. *Journal of Water Supply: Research and Technology - AQUA*, v. 58, n. 5, p. 305-315. <https://doi.org/10.2166/aqua.2009.041>
- BRASIL. (2007) Lei n.º 11.445, de 05 de janeiro de 2007. Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico. *Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil*, Brasília, Seção 1, p. 3-7.
- BRASIL. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. (2017) *Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento: Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos - 2015*. Brasília: MCIDADES.
- CARDOSO, M.A.; SILVA, M.S.; COELHO, S.T.; ALMEIDA, M.C.; COVAS, D.I.C. (2012) Urban water infrastructure asset management - a urban water infrastructure asset management. *Water Science & Technology*, v. 66, n. 12, p. 2702-2711. <https://doi.org/10.2166/wst.2012.509>
- CORTON, M.L.; BERG, D.S.V. (2009) Benchmarking Central American water utilities. *Utilities Policy*, v. 17, p. 267-275.
- CRIMINISI, A.; FONTANAZZA, C.M.; FRENI, G.; LA LOGGIA, G. Evaluation of the apparent losses caused by water meter under-registration in intermittent water supply. *Water Science and Technology*, v. 60, n. 9, p. 2373-2382, 2009. <https://doi.org/10.2166/wst.2009.423>
- DELLA BRUNA, E.; ENSSLIN, L.; ENSSLIN, S.R. (2011) Supply chain performance evaluation: a case study in a company of equipment for refrigeration. In: TECHNOLOGY MANAGEMENT CONFERENCE, 2011. *Anais... IEEE International*, p. 969-978.
- ENSSLIN, L.; DUTRA, A.; ENSSLIN, S.R. (2000) MCDA: a constructivist approach to the management of human resources at a governmental agency. *International Transactions in Operational Research*, v. 7, p. 79-100. <https://doi.org/10.1111/j.1475-3995.2000.tb00186.x>
- ENSSLIN, L.; ENSSLIN, S.R. (2013) *Material didático apresentado na disciplina: Introdução ao MCDA-C do Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal de Santa Catarina*. Florianópolis: UFSC.
- ENSSLIN, S.R.; ENSSLIN, L.; BACK, F.; LACERDA, R.T.O. (2013a) Improved decision aiding in human resource management a case using constructivist multi-criteria decision aiding. *International Journal of Productivity and Performance Management*, v. 62, n. 7, p. 735-757. <https://doi.org/10.1108/IJPPM-04-2012-0039>
- ENSSLIN, L.; ENSSLIN, S.R.; KUSTERKO, S.K.; CHAVES, L.C. (2015) Avaliação de desempenho em sistemas de abastecimento de água: seleção de referencial teórico e análise bibliométrica. *Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental*, v. 19, n. 2, p. 899-912. <https://doi.org/105902/2236117015527>
- ENSSLIN, L.; ENSSLIN, S.R.; LACERDA, R.T.O.; TASCIA, J.E. (2010a) *ProKnow-C, Knowledge Development Process-Constructivist*. Processo técnico com patente de registro pendente junto ao INPI. Brasil: INPI.
- ENSSLIN, L.; ENSSLIN, S.R.; ROCHA, S.; MARAFON, A.D.; MEDAGLIA, T.A. (2013b) Modelo multicritério de apoio à decisão construtivista no processo de avaliação de fornecedores. *Produção*, v. 23, n. 2, p. 402-421.
- ENSSLIN, L.; GIFFHORN, E.; ENSSLIN, S.R.; PETRI, S.M.; VIANNA, W.B. (2010b) Avaliação do desempenho de empresas terceirizadas com o uso da Metodologia Multicritério de Apoio à Decisão - Construtivista. *Pesquisa Operacional*, v. 30, n. 1, p. 125-152. <http://dx.doi.org/10.1590/S0101-74382010000100007>
- ENSSLIN, L.; MONTIBELLER, G.N.; NORONHA, S.M. (2001) *Apoio à Decisão: Metodologias para Estruturação de Problemas e Avaliação Multicritério de Alternativas*. Florianópolis: Insular.
- HASSANEIN, A.A.G.; KHALIFA, R.A. (2006) Financial and operational performance assessment: Water/wastewater Egyptian utilities. *Building Services Engineering Research and Technology*, v. 27, n. 4, p. 285-295. <https://doi.org/10.1177/0143624406070664>
- HYDE, K.M.; MAIER, H.R.; COLBY, C.B. (2005) A distance-based uncertainty analysis approach to multi-criteria decision analysis for water resources decision making. *Journal of Environmental Management*, v. 77, p. 278-290. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2005.06.011>
- KANAKOUDIS, V.; TSITSIFLI, S. (2010) Results of an urban water distribution network performance evaluation attempt in Greece. *Urban Water Journal*, v. 7, n. 5, p. 267-285. <https://doi.org/10.1080/1573062X.2010.509436>
- KANAKOUDIS, V.; TSITSIFLI, S.; SAMARAS, P.; ZOUBOULIS, A.; BANOVEC, P. (2013) A new set of water losses-related performance indicators focused on areas facing water scarcity conditions. *Desalination and Water Treatment*, v. 51, p. 2994-3010. <https://doi.org/10.1080/19443994.2012.748448>

- KEENEY, R.L. (1992) *Value Focused-Thinking: A Path to Creative Decision-making*. Cambridge: Harvard University Press.
- KENNERLEY, M.; NEELY, A. (2002) A framework of the factors affecting the evolution of performance measurement systems. *International Journal of Operations & Production Management*, v. 22, n. 11, p. 1222-1245. <https://doi.org/10.1108/01443570210450293>
- KUSTERKO, S.K.; ENSSLIN, S.R.; ENSSLIN, L. (2015) Avaliação de desempenho quanto à gestão de perdas em sistemas de abastecimento de água através da Metodologia Multicritério de Apoio à Decisão - Construtivista (MCDA-C). In: SIMPÓSIO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 22., 2015, Bauru. *Anais...*
- LACERDA, R.T.O.; ENSSLIN, L.; ENSSLIN, S.R. (2009) *A study case about a software project management success metrics*. Skovde: Software Engineering Workshop (SEW)/IEEE.
- LACERDA, R.T.O.; ENSSLIN, L.; ENSSLIN, S.R. (2011a) A performance measurement framework in portfolio management: a constructivist case. *Management Decision*, v. 49, n. 4, p. 648-668.
- LACERDA, R.T.O.; ENSSLIN, L.; ENSSLIN, S.R. (2011b) A performance measurement view of IT project management. *International Journal of Productivity and Performance Management*, v. 60, n. 2, p. 132-151. <https://doi.org/10.1108/17410401111101476>
- LAMBERT, A. (2000) Losses from Water Supply Systems: Standard Terminology and Recommended Performance Measures. *The Blue Pages - IWA*, v. 10, n. 3, p. 273-284.
- LONGARAY, A.A.; ENSSLIN, L.; ENSSLIN, S.R.; ROSA, I.O. (2015) Assessment of a Brazilian public hospital's performance for management purposes: A soft operations research case in action. *Operations Research for Health Care*, v. 5, p. 28-48. <https://doi.org/10.1016/j.orhc.2015.05.001>
- MACHADO, B.; CARVALHO, T.; CUPIDO, C.; ALMEIDA, M.C.; ALEGRE, H. (2009). Minimization of losses in water supply systems: strategy definition in a Portuguese case study. *Desalination and Water Treatment*, v. 2, p. 24-29. <https://doi.org/10.5004/dwt.2009.146>
- MALMQVIST, P.A.; PALMQUIST, H. (2005) Decision support tools for urban water and wastewater systems - Focussing on hazardous flows assessment. *Water Science & Technology*, v. 51, n. 8, p. 41-49.
- MARAFON, A.D.; ENSSLIN, L.; LACERDA, R.T.O.; ENSSLIN, S.R. (2015) The effectiveness of multi-criteria decision aid methodology. *European Journal of Innovation Management*, v. 18, n. 1, p. 86-109. <https://doi.org/10.1108/EJIM-10-2013-0106>
- MARQUES, R.C.; MONTEIRO, A.J. (2003) Application of Performance Indicators to Control Losses: Results From the Portuguese Water Sector. *Water Science & Technology*, v. 3, n. 1-2, p. 127-133.
- MCKENZIE, R.; SEAGO, C. (2005) Assessment of real losses in potable water distribution systems: some recent developments. *Water Science and Technology*, v. 5, n. 1, p. 33-40.
- MONTIBELLER, G.; BELTON, V.; ACKERMANN, F.; ENSSLIN, L. (2008) Reasoning maps for decision aid: An integrated approach for problem-structuring and multi-criteria evaluation. *Journal of the Operational Research Society*, v. 59, n. 5, p. 575-589. <https://doi.org/10.1057/palgrave.jors.2602347>
- MUTIKANGA, H.E.; SHARMA, S.; VAIRAVAMOORTHY, K. (2009) Water loss management in developing countries: challenges and prospects. *Journal American Water Works Association*, v. 101, n. 12, p. 57-68.
- MUTIKANGA, H.E.; SHARMA, S.K.; VAIRAVAMOORTHY, K. (2011a) Investigating water meter performance in developing countries: A case study of Kampala, Uganda. *Water S. A.*, v. 37, n. 4, p. 567-574. <http://dx.doi.org/10.4314/wsav37i4.18>
- MUTIKANGA, H.E.; SHARMA, S.K.; VAIRAVAMOORTHY, K. (2011b) Multi-criteria decision analysis: a strategic planning tool for water loss management. *Water Resources Management*, v. 25, p. 3947-3969. <https://doi.org/10.1007/s11269-011-9896-9>
- MUTIKANGA, H.E.; SHARMA, S.K.; VAIRAVAMOORTHY, K. (2013) Methods and tools for managing losses in water distribution systems. *Journal of Water Resources Planning and Management*, v. 139, p. 166-174. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)WR.1943-5452.0000245](https://doi.org/10.1061/(ASCE)WR.1943-5452.0000245)
- MUTIKANGA, H.; SHARMA, S.K.; VAIRAVAMOORTHY, K.; CABRERA JR., E. (2010) Using performance indicators as a water loss management tool in developing countries. *Journal of Water Supply: Research and Technology - AQUA*, v. 59, n. 9, p. 471-481. <https://doi.org/10.2166/aqua.2010.066>
- PALME, U.; TILLMAN, A.M. (2008) Sustainable development indicators: how are they used in Swedish water utilities? *Journal of Cleaner Production*, v. 16, p. 1346-1357. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2007.07.001>
- ROY, B. (2005) Paradigms and Challenges, Multiple Criteria Decision Analysis - State of the Art Survey. In: GRECO, S.; EHRGOTT, M.; FIGUEIRA, J.R. (Eds.). *International Series in Operations Research & Management Science*. Nova York: Springer. v. 78, n. 1. p. 3-24.
- SA-NGUANDUAN, N.; NITIVATTANANON, V. (2011) Strategic decision making for urban water reuse application: A case from Thailand. *Desalination*, v. 268, p. 141-149. <https://doi.org/10.1016/j.desal.2010.10.010>
- SCHULZ, M.; SHORT, M.D.; PETERS, G.M. (2012) A streamlined sustainability assessment tool for improved decision making in the urban water industry. *Integrated Environmental Assessment and Management*, v. 8, n. 1, p. 183-193. <https://doi.org/10.1002/ieam.247>
- TASCA, J.E.; ENSSLIN, L.; ENSSLIN, S.R.; ALVES, M.B. (2010) An approach for selecting a theoretical framework for the evaluation of training programs. *Journal of European Industrial Training*, v. 34, n. 7, p. 631-655. <https://doi.org/10.1108/03090591011070761>
- VALMORBIDA, S.M.I.; ENSSLIN, S.R.; ENSSLIN, L.; RIPOLL-FELIU, V.M. (2015) University Management with Focus on Multicriteria Performance Evaluation: Illustration in the Brazilian Context. *Globalization, Competitiveness & Governability*, v. 9, n. 2, p. 61-75.
- ZAMCOPÉ, F.C.; ENSSLIN, L.; ENSSLIN, S.R.; DUTRA, A. (2010) Modelo para avaliar o desempenho de operadores logísticos - Um estudo de caso na indústria têxtil. *Gestão & Produção*, v. 17, n. 4, p. 693-705. <http://dx.doi.org/10.1590/S0104-530X2010000400005>