Método aplicado aos Comitês de Bacias Hidrográficas para elaborar critérios de investimentos

Method applied in River Basin Committees to develop investment criteria

▮ **Data de entrada:**
14/04/2019

▮ **Data de aprovação:**
21/08/2019

Marcos Paulo Lallo Sartori^{1*} | Antonio Carlos Zuffo²

DOI: <https://doi.org/10.36659/dae.2020.081>

ORCID ID

Sartori MPL <https://orcid.org/0000-0001-8453-2060>

Zuffo AC <https://orcid.org/0000-0002-2186-9755>

Resumo

O artigo propõe um método participativo, baseado em técnicas acadêmicas ágeis e de fácil aplicação, para auxiliar na elaboração de critérios de investimentos no âmbito dos Comitês de Bacias Hidrográficas. Possui bases conceituais e metodológicas advindas da disciplina de Gestão de Recursos Hídricos e da Metodologia de Apoio Multicritério à Decisão. O objetivo geral é contribuir com a melhoria do processo de seleção de programas, projetos, serviços e obras (empreendimentos) financiados pelos fundos estaduais de recursos hídricos, por meio dos comitês de bacias. Dentre os principais resultados obtidos, o método mostrou-se capaz de recomendar os empreendimentos alinhados com os valores considerados importantes pelos decisores representativos de uma região hidrográfica e, sobretudo, mostrou-se válido e flexível para ser replicável nos comitês de bacias brasileiros.

Palavras-chave: Gestão de Recursos Hídricos. Apoio Multicritério à Decisão. Decisores.

Abstract

The article proposes a participative method, based on agile and easy application academic techniques, in order to support the investment criteria development regarding the River Basin Committees. Concepts and methodologies are originated from Water Resources Management and Multi-Criteria Decision Aiding respectively. The general aim is to contribute with the basin committee selection improvement, considering the programs, projects, services and works (enterprises) financed by water resources estate funds. Among the main results, the method was able to recommend the enterprises aligned with the key values for the hydrographic region representative decision makers, and above all, it was valid and flexible to be replicable in the Brazilian basin committees.

Keywords: Water Resources Management. Multiple Criteria Decision Aiding. Decision Maker.

¹ Agência Reguladora de Saneamento e Energia do Estado de São Paulo – São Paulo – São Paulo – Brasil.

² Universidade Estadual de Campinas – Campinas – São Paulo – Brasil.

* **Autor correspondente:** marcos.sartori@hotmail.com.

1 INTRODUÇÃO

No Brasil, o gerenciamento de recursos hídricos é realizado principalmente por meio dos Comitês de Bacias Hidrográficas (CBH), órgãos colegiados, estratégicos, democráticos, participativos, de atuação descentralizada e compostos por representantes de diferentes segmentos de uma bacia. Nesses órgãos, ocorre a articulação entre poder público, usuários e sociedade civil, visando, entre outras atividades, formular os planos de bacias e indicar programas e projetos para preservar e recuperar os recursos hídricos (ANA, 2009).

Os planos de recursos hídricos são desenvolvidos nas esferas nacional, estadual e de bacia hidrográfica. Enquanto o Plano Nacional de Recursos Hídricos (PNRH) estabelece um conjunto de macrodiretrizes, que se desdobram em programas de âmbito nacional, os Planos Estaduais de Recursos Hídricos (PERH) estabelecem diretrizes na esfera estadual. Por exemplo, o PERH de São Paulo definiu 08 Programas de Duração Continuada (PDCs), que englobam os principais temas abordados e financiados para a gestão, recuperação e proteção das bacias hidrográficas. (COFEHIDRO, 2015). São eles:

- PDC 01. Bases Técnicas em Recursos Hídricos (BRH);
- PDC 02. Gerenciamento dos Recursos Hídricos (GRH);
- PDC 03. Melhoria e Recuperação da Qualidade das Águas (MRQ);
- PDC 04. Proteção dos Corpos d'Água (PCA);
- PDC 05. Gestão da Demanda de Água (GDA);
- PDC 06. Aproveitamento dos Recursos Hídricos (ARH);
- PDC 07. Eventos Hidrológicos Extremos (EHE); e
- PDC 08. Capacitação e Comunicação Social (CCS). (Deliberação CRH nº 190 de 14/12/2016).

Já os Planos de Bacias Hidrográficas (PBHs) são instrumentos de gestão responsáveis por, dentre outros temas, orientar por meio de um programa detalhado de investimentos quais são os projetos, serviços e obras necessários à bacia ou às sub-bacias hidrográficas.

Os recursos financeiros previstos nos PBHs são oriundos principalmente da Cobrança pelo Uso de Recursos Hídricos, e também da compensação financeira paga pela União aos Estados, em decorrência de inundações de áreas por reservatórios, para geração de energia hidroelétrica.

Os recursos da cobrança e uma parcela da compensação financeira são direcionados aos fundos estaduais de recursos hídricos. Fundos esses que ganharam significância e se multiplicam pelo país, à medida que ocorre a implementação da cobrança pelo uso da água. Contudo, ainda não possuem capacidade para financiar todos os investimentos previstos nos planos de bacias. Logo, a priorização dos investimentos se faz necessária e é uma realidade.

Por conseguinte, os comitês são os órgãos, no âmbito da bacia hidrográfica, que detêm o poder de decisão (indicação) sobre os empreendimentos que receberão recursos financeiros dos fundos estaduais de recursos hídricos.

O processo de tomada de decisão para alocar recursos financeiros não é uma tarefa trivial, sobretudo em um fórum que possui representantes com interesses e aspirações difusas em torno do tema água. A atividade de estruturar decisões justas, transparentes e de melhor compromisso, considerando os aspectos econômicos, sociais, ambientais e políticos, entre outros, sendo muitas vezes esses subjetivos, é complexa, portanto pode ser estudada sob a perspectiva do Apoio à Decisão, utilizando uma metodologia multicritério.

Segundo Roy (1993), o apoio à decisão pode ser definido como uma atividade de alguém que, de maneira científica, busca obter elementos de respostas às perguntas feitas por atores envolvidos em um processo de tomada de decisão. Conforme Zuffo (2010), na presença de vários atores, o número de pontos de vista pode se revelar extremamente grande, tornando-se necessária a seleção de critérios.

Sob a perspectiva de Brandalise (2004), “definitivamente, o julgamento intuitivo é inadequado para decisões complexas que envolvem o futuro de milhares de vidas”. De acordo com Matzenauer (2003), “as metodologias mais utilizadas no procedimento de avaliação de alternativas para o planejamento de recursos hídricos são oriundas da Pesquisa Operacional Clássica”; contudo, esses métodos não são capazes de lidar com situações complexas. Nesse contexto, observa-se um processo de reformulação dos métodos de avaliação de alternativas e essa mudança parte da análise tradicional custo-benefício para análise multicriterial.

Tomar decisões complexas é, de modo geral, uma das mais difíceis tarefas enfrentadas por indivíduos isolados ou mesmo por grupos. Quase sempre, tais decisões devem atender a múltiplos objetivos, são influenciadas por vários critérios, às vezes conflitantes, e sob muitos atributos, e seus impactos nem sempre podem ser bem identificados, principalmente ao longo do tempo (GOMES e GOMES, 2014). Gomes (2009) cita um exemplo que elucida o significado de um atributo e de um critério:

“Na escolha entre diversas marcas de um determinado produto, características como preço, qualidade, estética e durabilidade, por exemplo, devem ser consideradas pelo consumidor. Essas características são denominadas **atributos**. Quando a esses atributos acrescenta-se um mínimo de informação relativa às preferências desse consumidor [decisor], eles se convertem em **critérios**” (GOMES, 2009, grifo nosso).

Analogamente, em um CBH, entre as diversas alternativas de potenciais empreendimentos a serem financiados, atributos como valor total, tempo de duração e valor da contrapartida, entre outros, podem ser considerados pelos representantes do comitê. Quando os decisores se reúnem e entram em um consenso sobre suas preferências em relação aos atributos, esses se convertem em critérios. É justamente a conversão em critérios que é o foco deste artigo.

Uma metodologia de Apoio Multicritério à Decisão procura fazer com que o processo seja o mais neutro, objetivo, válido e transparente possível, sem pretender indicar aos decisores uma solução única e verdadeira (GOMES, ARAYA e CARIGNANO, 2011). Dentre as metodologias multicriteriais, destacam-se aquelas que têm por objetivo aumentar o conhecimento dos decisores (estruturar os problemas) e apoiar a decisão, fornecendo sugestões e contribuições, que possuem como bases os valores e ensejos dos atores envolvidos.

Nesse sentido, este artigo apresenta o resultado de uma tese de doutorado que propôs um método participativo para auxiliar na elaboração de critérios para priorização de investimentos no âmbito dos Comitês de Bacias Hidrográficas. A pesquisa justifica-se pela importância da realização de investimentos públicos nas bacias hidrográficas brasileiras, sobretudo em função da crescente implementação da cobrança pelo uso da água e a tendência de aumento dos recursos financeiros disponíveis, ainda que escassos.

A pesquisa justifica-se também por sua originalidade e ineditismo, já que pode-se afirmar que são poucos, mas crescentes, os trabalhos que relacionam a Gestão de Recursos Hídricos com a Metodologia Multicritério de Apoio à Decisão, e que não existem pesquisas que propuseram método aplicado aos CBHs para elaboração de critérios de investimentos.

2 OBJETIVOS

O objetivo geral é contribuir com a melhoria do processo de seleção de empreendimentos financiados pelos fundos estaduais de recursos hídricos, por meio dos Comitês de Bacias Hidrográficas (CBHs). Já o objetivo específico concentra-se em propor método para elaboração de critérios de investimentos que atendam às necessidades específicas de cada comitê.

3 METODOLOGIA

Foi realizado diagnóstico dos critérios utilizados nos 21 Comitês de Bacias Hidrográficas do Estado de São Paulo, no ano de referência de 2017. Optou-se por não fazer uma avaliação amostral, mas sim realizar a coleta de informações com abrangência de todo o Estado. A principal fonte de informações foi o site do Sistema Integrado de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SIGRH), que reúne a maior parte das deliberações dos comitês.

Após análise das deliberações, foi elaborada uma matriz com os critérios utilizados em cada comitê, no espaço temporal definido. Esse instrumento possibilitou a avaliação quantitativa e identificação dos 10 critérios mais utilizados nos comitês do Estado de São Paulo.

Passada a fase de diagnóstico, o método foi proposto em cinco etapas, prezando sempre pela principal característica de identificar as necessidades específicas de cada bacia. As bases metodológicas da proposta foram pautadas pelas obras: *Multicriteria methodology for decision aiding*, de Roy (1996), e *Value-Focused Thinking: A Path to Creative Decision making*, de Keeney (1992), e principalmente pela “Metodologia para Estruturação de Problemas e Avaliação Multicritério de Alternativas” do livro *Apoio à decisão*, de Ensslin, Montibeller e Noronha (2001), como também pelos resultados da fase de diagnóstico.

Por fim, a proposta foi submetida à avaliação de 02 profissionais com experiência prática, superior a 20 anos, em Gestão de Recursos Hídricos e mais 02 profissionais com experiência acadêmica, superior a 20 anos, na utilização de ferramentas multicritério aplicadas à Gestão de Recursos Hídricos. A proposta também foi apresentada a 03 Câmaras Técnicas (CT), grupos responsáveis por elaborar ou atualizar os critérios de investimentos dos comitês. Logo, as opiniões e considerações desses profissionais contribuíram para refinar e validar a proposta, e o resultado descrito neste artigo já apresenta o método validado.

4 RESULTADOS

O método para elaboração de critérios de investimentos foi descrito em cinco etapas. Prezou-se pelo uso de técnicas acadêmicas ágeis e de fácil aplicação e de materiais e equipamentos comumente utilizados em ambientes de trabalho, bem como pelo uso de softwares livres.

Deve-se ressaltar que os critérios apresentados como exemplos neste artigo são meramente ilustrativos. Cada comitê possui necessidades e realidades diferentes, representantes com pensamentos distintos, momentos históricos desiguais e somente seus decisores representativos poderão criar critérios considerados legítimos e aceitos. Ademais, ao aplicar o método, cada comitê obterá resultados distintos, de acordo com suas necessidades.

4.1 1ª etapa: Identificação do Contexto Decisório

Objetivo: Definir previamente o facilitador e os decisores.

Sugere-se que a diretoria do comitê indique um facilitador, profissional que conduzirá e apoiará a construção dos critérios. É essencial que o fa-

cilitador tenha conhecimento tanto do método como do funcionamento do comitê. Recomenda-se fortemente que esse profissional não seja representante de nenhum dos segmentos do colegiado, com a finalidade de minimizar possíveis influências no processo decisório.

Uma vez indicado o facilitador, esse inicia o trabalho de identificação dos decisores que participarão da construção dos critérios, por meio do seguinte questionamento: “O comitê possui Câmara Técnica (CT) ou Grupo de Trabalho (GT) responsável por elaborar ou atualizar os critérios de investimentos?”.

Se não, recomenda-se à diretoria do comitê a criação de CT ou GT, com representações isonômicas e paritárias entre os segmentos que compõem o colegiado. A forma de criação, número de integrantes, estabelecimento de coordenador e relator deve estar de acordo com o seu estatuto.

Se sim, recomenda-se verificar se as representações são isonômicas e paritárias. Caso não sejam, sugere-se adequar a proporção de número de votos entre os segmentos.

Assim, o apoio à decisão será fornecido ao comitê, pela CT ou GT (grupo de decisores representativos), por meio do método proposto, a ser aplicado pelo facilitador. Segundo Roy (1996), “o processo de apoio à decisão ocorre sobre o conjunto de ações potenciais, também chamadas de alternativas”. Entende-se por ações potenciais as diversas opções de propostas de empreendimentos que um comitê recebe ao abrir uma chamada pública. Portanto, o facilitador deve estar ciente de que o processo de elaboração de critérios, especificado nesta pesquisa, poderá ter até dois tipos de problemáticas de referências descritas a seguir:

A Problemática da Ordenação: que consiste em arranjar as ações levando em conta uma ordem de preferência decrescente, um *ranking* (ROY,

1985 e 1996). Ou seja, depois de avaliadas as propostas de empreendimentos submetidas ao comitê, tendo como base os critérios de investimentos estabelecidos pelos decisores, as propostas poderão ser hierarquizadas da mais adequada para a menos adequada.

A Problemática da Alocação em Categorias, especificamente aquela denominada como Rejeição Absoluta: que consiste no estabelecimento de regras mínimas pelos decisores, que se não cumpridas, eliminam as ações do conjunto das ações viáveis, antes mesmo que a avaliação ocorra (ROY, 1985, 1996 e BANA e COSTA, 1992). Ou seja, os decisores podem estabelecer que uma determinada categoria de proposta não será financiada. Caso o comitê receba alguma dessas propostas, essas serão automaticamente eliminadas, antes mesmo de sua avaliação e não terão possibilidade de posicionamento no *ranking* ou em lista de espera.

Por fim, após entrar em contato com os decisores e realizar breve apresentação da proposta de elaboração dos critérios, sugere-se ao facilitador propor o agendamento de quatro reuniões com os membros da CT ou GT, para o desenvolvimento das etapas seguintes.

4.2 2ª etapa: Estruturação do problema e construção de árvores de Pontos de Vista Fundamentais (PVFs)

Objetivo: Realizar reunião para estruturar o problema em árvores de Pontos de Vista Fundamentais (PVFs). Materiais necessários: 01 bloco de notas adesivas grandes, pincéis marcadores (01 para cada decisor), folhas impressas (01 para cada decisor) e 01 quadro ou lousa.

A estruturação de problema sugerida se resume na técnica de *brainstorming*, orientado pela seguinte questão: “Tendo como base o problema (elaborar ou atualizar os critérios de investi-

mentos), quais os critérios você gostaria de levar em consideração?”.

Recomenda-se que decisores respondam à questão individualmente e de forma escrita, sendo que cada critério imaginado deve ser escrito em uma nota adesiva diferente. Nesse momento, o pensamento individual é valorizado para captar o máximo de percepções sobre o mesmo assunto; contudo, nas etapas seguintes o consenso do grupo será a regra a ser utilizada.

Caso necessário, o facilitador pode incentivar as respostas, por meio de uma segunda questão, tal como: “Quais critérios de seleção contribuiriam para diminuir as dificuldades encontradas no processo de escolha das propostas nos anos anteriores?”.

Depois de aproximadamente 30 minutos de atividade individual, os decisores entregam as respostas para o facilitador e partem para o intervalo da reunião. Durante o intervalo, o facilitador posicionará no quadro ou lousa as notas adesivas em estrutura arborescente (hierárquica), se possível com as notas adesivas já agrupadas em *clusters* (grupo de respostas com características comuns). Se necessário, serão elaboradas duas árvores, uma para a Problemática da Rejeição Absoluta e outra para a Problemática da Ordenação.

Ao retornarem do intervalo, os decisores serão convidados a avaliar as árvores. Todas as modificações são permitidas, desde que exista o consenso do grupo. As respostas parecidas devem ser unificadas e reescritas pelo facilitador em uma nova nota adesiva.

Sugere-se que cada *cluster* seja rotulado com um nome que represente as características comuns identificadas e que todas as notas adesivas sejam relacionadas por ligações de influências, desenhadas no quadro ou lousa, conforme Figs. 1 e 2.

A partir desse momento, os conteúdos das notas adesivas são designados como candidatos a Pontos de Vista Fundamentais (PVFs). Segundo Bana e Costa (1992), os PVFs explicitam os valores que os decisores consideram importantes naquele contexto, e, ao mesmo tempo, definem as características das ações que são de interesse.

Espera-se um resultado com uma estrutura próxima das árvores hipotéticas de candidatos a PVFs das Figs. 1 e 2. Estas árvores foram criadas tendo como base o diagnóstico dos 10 critérios mais utilizados pelos comitês paulistas no ano de 2017.

Figura 1 – Exemplo de árvore de candidatos a PVFs na Problemática Rejeição Absoluta.

Figura 2 – Exemplo de árvore de candidatos a PVFs na Problemática da Ordenação.

Na sequência, recomenda-se que os decisores verifiquem se cada um dos candidatos a PVFs, em ambas as problemáticas de referência possuem as 09 propriedades propostas por Keeney (1992), listadas a se-

guir. Caso uma ou mais propriedades não sejam atendidas, o candidato a PVF deve ser retirado da árvore (descartado). Caso possua todas as propriedades, o candidato permanecerá na árvore e se tornará um PVF.

Tabela 1 – 09 propriedades desejáveis dos candidatos a PVFs

1. Essenciais	Deve levar em conta os aspectos de fundamental importância aos decisores, segundo seus sistemas de valores.
2. Controláveis	Deve representar um aspecto que seja influenciado apenas pelas ações potenciais.
3. Completos	O conjunto de potenciais critérios deve incluir todos os aspectos considerados fundamentais pelos decisores.
4. Mensuráveis	Permite especificar, com a menor ambiguidade possível, a performance (desempenho) das ações potenciais, segundo os aspectos considerados fundamentais pelos decisores.
5. Operacionais	Possibilita coletar as informações requeridas sobre a performance (desempenho) das ações potenciais, dentro de tempo disponível e com em esforço viável.
6. Isoláveis	Permite a análise de um aspecto fundamental de forma independente com relação aos demais aspectos do conjunto.
7. Não redundantes	O conjunto de potenciais critérios não deve levar em conta o mesmo aspecto mais de uma vez.
8. Concisos	O número de aspectos considerados pelo conjunto potenciais critérios deve ser o mínimo necessário para modelar de forma adequada o problema, segundo a visão dos decisores.
9. Compreensíveis	Deve ter seu significado claro para os decisores, permitindo a geração e comunicação de ideias.

Fonte: Adaptado de KEENEY, 1992 e ENSSLIN, MONTIBELLER e NORONHA, 2001.

Sugere-se que o facilitador entregue para cada decisor uma folha impressa contendo as 09 propriedades desejadas, leia seu conteúdo e em seguida cheque junto aos decisores se os critérios das duas árvores possuem todas as propriedades.

Um exemplo de árvore de PVFs na Problemática da Ordenação é apresentado na Fig. 3, em que após checar as 09 propriedades de Keeney (1992), dos 07 candidatos a PVFs, 03 foram considerados redundantes quanto ao aspecto PDC

(candidatos a PVFs 1, 2 e 3 da Fig. 2). Para eliminar as redundâncias, foi mantido o PFV mais abrangente “2. Pontuação maior para propostas enquadradas em PDCs ou SubPDCs prioritários” e os outros (1 e 3) foram descartados da árvore.

Já a árvore de PVFs na Problemática da Rejeição Absoluta é a mesma da Fig. 1, pois todos os candidatos a PVFs possuíam as propriedades desejadas.

Figura 3 – Exemplo de árvore de PVF na Problemática da Ordenação.

Assim se encerra a primeira reunião com os decisores, reafirmando que os PVFs que compõem as árvores ainda não são critérios, e somente serão considerados como tal após a definição de regras para os critérios de rejeição, bem como a criação de descritores e de funções de valor para os critérios de avaliação.

Recomenda-se que o facilitador fotografe as árvores, pois para o início da 3ª etapa, essas serão apresentadas em formato digital. Sugere-se o uso de um dos seguintes softwares livres *Xmind*, *MindNode* ou *Visual Understanding Environment*, para representação gráfica e digital das árvores.

4.3 3ª etapa: Construção de critérios

Objetivo: Realizar a segunda reunião para construir os critérios de rejeição e os de avaliação. Materiais e equipamentos necessários: 01 notebook contendo *software* para representação gráfica e digital das árvores, 01 projetor, 01 quadro ou parede para projeção.

Tendo como base a árvore de PVFs na Problemática da Rejeição Absoluta (Fig. 1), os decisores serão convidados a revisita-la, agora em ambiente digital e projetada em quadro ou parede, com objetivo de validá-la como adequada. Caso existam alterações, essas devem ser realizadas pelo facilitador, por meio do *software*, após o consenso do grupo de decisores.

Na sequência, recomenda-se que o facilitador realize a seguinte questão para cada um dos PVFs: “Quais serão as regras que, se não cumpridas, eliminarão as propostas de empreendimentos, antes mesmo de sua hierarquização?”. Durante as respostas orais poderão surgir novos PVFs, que podem ser inseridos na árvore, após o consenso do grupo. O facilitador e os decisores devem atentar para os critérios de exclusão pré-existentes, sobretudo as normas situadas em hierarquia superior às deliberações do comitê, pois não será possível criar regras menos restritivas do que as regras pré-existentes, apenas iguais ou mais restritivas.

Figura 4 – Exemplo de árvore de critérios de rejeição.

Na Problemática da Rejeição Absoluta, uma vez definidas as regras para cada um dos PVFs, pode-se afirmar que foram construídos os **critérios de rejeição** (Fig. 4).

Concluídos os critérios de rejeição, retoma-se a árvore de PVFs na Problemática da Ordenação (Fig. 3). Da mesma forma, os decisores serão convidados a revisitar a árvore, agora em ambiente digital, com objetivo de validá-la como adequada. Caso existam alterações, estas devem ser realizadas pelo facilitador, após o consenso do grupo de decisores.

Diferentemente dos critérios de rejeição, os PVFs contidos na Problemática Ordenação apenas serão considerados **critérios de avaliação** depois de definidos seus descritores e suas funções de valor associadas. Segundo Ensslin, Montibeller e Noronha (2001, grifo nosso):

Os **descritores** fornecem um melhor entendimento daquilo que representa a preocupação dos decisores em mensurar uma dimensão do contexto decisório. Já a **função de valor** proverá as informações

relativas às diferenças de atratividade entre os níveis do descritor.

Os descritores foram conceituados por Keeney (1992) como “o grau ao qual um objetivo alcançado é medido”. Bana e Costa (1992, et al., 1999) conceituou um descritor como um conjunto de níveis de impacto que servem como base para descrever as performances plausíveis das ações potenciais. Este último conceito é utilizado neste artigo.

Na prática da construção dos descritores, pergunta-se aos decisores, para cada um dos PVFs “Como avaliar ou como medir esse PVF?”. Ou “Quais aspectos permitem avaliar esse PVF?” (Adaptado de KEENEY, 1992 e ENSSLIN, MONTIBELLER e NORONHA, 2001).

Recomenda-se fortemente que os descritores tenham como ponto de partida as informações ou os dados preexistentes e contidos em publicações oficiais, tais como PERH, PBH e Relatório de Situação dos Recursos Hídricos. Utilizando esses dados e informações, os descritores terão grande probabilidade de serem mensuráveis, operacionais e compreensíveis por todos os decisores.

Obtidas as respostas, denominadas como níveis de impacto do descritor, essas devem ser ordenadas de maneira que o melhor nível de impacto deve ser colocado em posição superior e o pior nível de impacto aceitável ou admissível deve ser disposto em posição inferior (VON WINTERFELDT e EDWARDS, 1986).

É importante ordenar apenas os níveis de impacto aceitáveis, já que um nível de impacto não aceitável é considerado um critério de rejeição, e não de avaliação. A Fig. 5 apresenta os descritores e seus níveis de impactos ordenados conforme a preferência (sistema de valores) de decisores hipotéticos.

Figura 5 – Exemplo de descritores e seus níveis de impactos ordenados de forma decrescente

Observa-se que o PDC 08 “Capacitação e comunicação social” não foi considerado como um nível de impacto aceitável, uma vez que as propostas enquadradas nesse PDC não serão financiadas, conforme o exemplo de árvore de critérios de rejeição (Fig. 4).

Os níveis de impacto de cada descritor devem ficar em ordem de preferência dos decisores. Por exemplo, o PDC 03 “Melhoria e Recuperação da Qualidade das Águas” seria o melhor tipo de investimento possível, enquanto o PDC 02 “Ge-

renciamento dos Recursos Hídricos”, seria o pior nível de impacto ainda aceitável ou admissível.

Estabelecidos todos os descritores, é aconselhável definir em cada um deles dois níveis de impacto de referência, o Nível Bom e o Nível Neutro (Fig. 06). (GRECO, 1997; BANA E COSTA e VANSNICK, 1997, *apud* ENSSLIN, MONTIBELLER E NORONHA, 2001). Esses dois níveis serão importantes para a determinação das taxas de substituição, a ser realizada na 4ª etapa deste método.

Segundo Ensslin, Montibeller e Noronha (2001), os dois níveis de referência (Bom e

Neutro) podem ser utilizados para reconhecer claramente os níveis de excelência (acima do Bom), os níveis satisfatórios (entre o Bom e o

Neutro) e os níveis não satisfatórios (abaixo do Neutro), mas ainda aceitáveis, conforme a percepção dos decisores.

Figura 6 – Exemplo de descritores e seus níveis de impactos Bom e Neutro

Uma vez definido como avaliar cada PVF por meio dos descritores, é necessário que os decisores atribuam valores (se expressem de forma numérica) para cada nível de impacto. A diferença de atratividade ou de predileção entre os níveis de impacto de um descritor é representada pela **função de valor**.

Segundo Ensslin, Montibeller e Noronha (2001) a função de valor é necessária tanto para avaliar as potenciais ações em cada ponto de vista como

para melhorar o entendimento sobre o problema. Conceituam que uma função de valor é “uma ferramenta julgada adequada, pelos decisores, para auxiliar a articulação de suas preferências [...]”.

Dentre os diversos métodos para determinação de funções de valor, recomenda-se a utilização da “Pontuação Direta” ou “Direct Rating”, em decorrência de sua rapidez e simplicidade. Os procedimentos são descritos a seguir:

- Atribuem-se os valores âncoras de 100 e 0, respectivamente, aos níveis de impacto “Bom” e “Neutro” de cada descritor;
- Em seguida, os decisores serão questionados a expressar numericamente as diferenças de atratividades dos demais níveis, em relação ao melhor nível.
- Pode-se lançar mão de comparações relativas para incentivar os decisores a expressar as funções de valor, por meio das seguintes perguntas: “Se uma proposta enquadrada no PDC 03 tem um valor de 100 pontos, quantos pontos vale uma proposta enquadrada no PDC 07?E no PDC 06?”. E assim sucessivamente com todos os níveis de impactos dos descritores.
- O processo se encerra quando os decisores estiverem confortáveis com suas avaliações.

O conjunto de pontuações atribuídas a cada nível de impacto constitui uma função de valor do descritor, conforme Fig.7.

A partir da construção das funções de valor, os PVFs da Problemática da Ordenação passam a ser efetivamente chamados de critérios de avaliação. A próxima etapa proporcionará a avaliação global das propostas de empreendimentos, considerando todos os critérios de avaliação simultaneamente.

4.4 4º etapa: Determinação das taxas de substituição

Objetivo: Realizar a terceira reunião para determinar as taxas de substituição (pesos) dos critérios e subcritérios de avaliação. Materiais e equipamentos necessários: 01 notebook contendo *software* para representação digital das árvores e *software* para elaboração de gráficos, 01 projetor e 01 quadro ou parede para projeção.

Com os critérios definidos, é possível avaliar as propostas em relação a cada um dos atributos individualmente; contudo, o objetivo principal do método é a avaliação global, permitindo a comparação e a hierarquização das propostas. Por exemplo, na compra de um veículo, raramente haverá uma opção que seja melhor em todos os critérios, pois geralmente um grande benefício implica em um alto custo e vice-versa. Assim, é necessário avaliar a compra do carro de maneira agregada e global. Logo, é necessário determinar um conjunto de parâmetros denominados taxas de substituição ou simplesmente pesos dos critérios.

Sugere-se o uso da técnica *Swing Weights* para determinar as taxas de substituição (adaptado de VON WINTERFELDT e EDWARDS, 1986; ENSSLIN, MONTIBELLER e NORONHA, 2001 e BANA e COSTA, 2008). Contudo, antes de iniciar a técnica recomenda-se identificar os critérios e subcritérios do modelo. Nota-se que nem sempre quando um critério é ramificado, esses se constituem como subcritérios, mas podem ser critérios condicionais, conforme destacado na Fig. 7.

Figura 7 – Exemplos de funções de valor e diferenças entre critérios e subcritérios.

Inicia-se a técnica *Swing Weights* perguntando aos decisores: “Qual é o critério mais preferível?”, e na sequência “Qual é o segundo critério preferível?”, e assim sucessivamente, até ordenar todos os critérios em termos de preferência dos decisores. Ao critério mais preferível atribuem-se 100 pontos; essa pontuação equivale a um salto entre o nível Neutro e o nível Bom, que servirá de base para as próximas perguntas.

As próximas perguntas a serem realizadas consistem em: “Quanto valeria o salto do nível Neutro para o nível Bom para o (segundo, terceiro, quarto, quinto...) critério em relação ao primeiro?” As respostas necessariamente devem ser números menores ou iguais a 100. É importante

reafirmar que independentemente de o critério ser o segundo, terceiro, quarto ou quinto, as magnitudes dos saltos são referenciadas sempre de acordo com o salto do primeiro critério. No exemplo da Fig. 8 observa-se que os saltos (80, 50, 40 e 30 pontos) são reescalados em relação ao salto de 100 pontos, do critério escolhido como o mais preferível. É possível que todos os critérios tenham pontuação 100, assim todos os critérios terão os pesos idênticos.

Recomenda-se que o facilitador utilize *software* para elaboração de gráficos, bem como um projetor e um quadro ou parede para projeção, para ilustrar as diferentes escalas dos critérios, conforme a Fig. 8.

Figuras 8 – Aplicação do método *Swing Weights*: pontuação dos critérios

Na sequência, é necessário normalizar os resultados, de forma que a soma deles seja igual a 1, isto é, dividindo os pontos de cada um dos subcritérios (100, 80, 50, 40 e 30) pelo somatório dos pontos (300). Assim obtêm-se as Taxas de Substituição dos Critérios (w):

- w da “Pontuação maior para propostas enquadradas em PDCs ou SubPDCs prioritários”: $100/300 = 0,33$ ou 33%;
- w da “Avaliação qualitativa do conteúdo da proposta”: $80/300 = 0,27$ ou 27%;

- w da “Proposta descrita ou priorizada no plano de bacia”: $50/300 = 0,17$ ou 17%;
- w da “Abrangência ou localização da proposta”: $40/300 = 0,13$ ou 13%;
- w da “Contrapartida oferecida pelo tomador”: $30/300 = 0,10$ ou 10%.

Para encontrar as Taxas de Substituição dos Subcritérios (Objetivos e indicadores), basta repetir a técnica *Swing Weights* para os subcritérios e multiplicar a suas Taxas de Substituição (w) pela Taxa de Substituição do critério hierarquicamente superior, por exemplo, $50\% \times 27\% = 13,5\%$.

Figuras 9 – Taxas substituição dos critérios e subcritérios

Por fim, para avaliar os critérios simultaneamente, sugere-se a adoção de uma função de agregação aditiva, na forma de uma soma ponderada (Eq. 1 ou 2). Uma forma de agregação elementar, caso os decisores desejarem, é utilizar outros métodos de agregação (ou métodos multicritérios) apresentados por Fantinatti et al. (2015).

$$VG(a) = \sum_{i=1}^n v_i(a) \cdot w_i \quad (1)$$

ou

$$VG(a) = v_1(a) \cdot w_1 + v_2(a) \cdot w_2 + v_3(a) \cdot w_3 + \dots v_n(a) \cdot w_n \quad (2)$$

Em que:

VG(a): Valor Global da Proposta a;

$v_1(a)$, $v_2(a)$, ... $v_n(a)$: Pontos da Proposta na Função de Valor dos critérios e subcritérios 1, 2, ...n;

w_1 , w_2 , ... w_n : Taxas de Substituição (pesos) dos critérios e subcritérios 1, 2, ...n;

n: número de critérios e subcritérios do modelo.

É importante destacar que, em caso de existência de subcritérios, a Taxa de Substituição (w) a ser inserida na fórmula de agregação será a dos sub-

critérios, e não a do critério, conforme demonstram a Fig. 9 e a Tabela 2.

4.5 5ª etapa: Apresentação do modelo de avaliação das propostas

Objetivo: Realizar a quarta reunião para apresentar a ficha de avaliação das propostas. Materiais e equipamentos necessários: 01 notebook contendo *software* para visualização de apresentações, 01 projetor, 01 quadro ou parede para projeção e folhas impressas contendo a ficha de avaliação (01 para cada decisor).

Uma vez definidos os critérios e os subcritérios, os descritores, as funções de valor, as taxas de substituição e a função de agregação, o modelo multicritério de apoio à decisão estará concluído, podendo ser utilizado para avaliar as propostas encaminhadas aos comitês.

Recomenda-se apresentar o resultado das reuniões de trabalho na forma de uma ficha de avaliação, a qual poderá ser utilizada pelos decisores no processo de pontuação de propostas de empreendimentos (Tabela 2).

Tabela 2 – Exemplo de ficha para pontuação de propostas

FICHA DE AVALIAÇÃO DE PROPOSTAS			
1. INFORMAÇÕES GERAIS			
1.1. Razão social ou nome da instituição proponente (tomador): Prefeitura do município XXX			
1.2. Título da proposta (empreendimento): Implantação de sistema de alerta de cheias e inundações da Defesa Civil do município XXX.			
2. CRITÉRIOS DE REJEIÇÃO	Sim	Não	
2.1. A proposta é enquadrada no PDC 08 (Capacitação e comunicação social)?		x	
2.2. A proposta possui valor total superior a R\$ 1.000.000,00?		x	
2.3. A proposta possui valor total inferior a R\$ 100.000,00?		x	
2.4. A instituição proponente já foi tomadora de recursos em empreendimentos anteriores? Se não, esse item não se aplica (pular para o item 2.5.). Se sim, possui alguma inadimplência técnica ou financeira junto ao FEHIDRO?		x	
2.5. Se há alguma marcação SIM, a proposta está automaticamente eliminada.			
3. CRITÉRIOS E SUBCRITÉRIOS DE AVALIAÇÃO	Pontos (v)	Pesos (w)	v x w
3.1. A proposta é enquadrada no PDC: 03 = 100 pts; 07 = 80 pts, 06 = 75 pts; 04 = 60 pts; 05 = 40 pts; 01 = 10 pts; 02 = 0 pt.	80	0,330	26,40
3.2. Avaliação qualitativa do conteúdo da proposta			
3.2.1. Os objetivos são: precisos = 100 pts; adequados = 70 pts; genéricos = 20 pts; precários = 0 pt.	70	0,135	9,45
3.2.2. Os indicadores são: locais e com histórico = 100 pts; regionais e com histórico = 80; locais e sem histórico = 25 pts; ainda não utilizados = 0 pt.	80	0,135	10,80

continua...

Tabela 2 – Continuação

FICHA DE AVALIAÇÃO DE PROPOSTAS			
3. CRITÉRIOS E SUBCRITÉRIOS DE AVALIAÇÃO	Pontos (v)	Pesos (w)	v x w
3.3. A proposta é descrita ou priorizada no plano de bacia como: imediata = 100 pts ; de curto prazo = 60 pts; de médio prazo 40 pts; de longo prazo = 0 pt.	100	0,170	17,00
3.4. A proposta possui abrangência ou localização: em toda a UGRHI = 100 pts; em uma ou mais sub-bacias = 75 pts; em um ou mais municípios = 40 pts ; em uma ou mais microbacias = 15 pts; pontual ou local = 0 pts	40	0,130	5,20
3.5. Atenção. A instituição proponente (tomador) é concessionária de serviços públicos? Se não, esse item não se aplica (pular para o item 5.2.). Se sim, o valor da contrapartida oferecida, em relação ao valor total é: >50% = 125 pts; ≤50 e >40% = 100 pts; ≤40 e >30% = 50 pts; =30% = 0 pt.	Não se aplica	0,100	0,00
3.6. Critério aplicável ao demais proponentes (tomadores). O valor da contrapartida oferecida, em relação ao valor total é: >30% = 125 pts; ≤30 e >20% = 100 pts; ≤20 e >15% = 75 pts; ≤15 e >12% = 50 pts; ≤12 e >mínima = 25 pts; =mínima = 0 pt.	50	0,100	5,00
VALOR GLOBAL DA PROPOSTA (VG)			73,85

Ao avaliar diversos empreendimentos, será possível hierarquizá-los, de acordo com o valor global de cada proposta, bem como constituir um *ranking*.

Sugere-se que durante a apresentação da ficha o facilitador utilize o recurso da projeção, como também as folhas impressas e, se possível, faça as principais alterações solicitadas pelos decisores no transcorrer da reunião. Depois de finalizada a reunião, recomenda-se que o facilitador encaminhe a versão final da ficha para todos os decisores, bem como para a diretoria do comitê.

5 DISCUSSÃO E CONCLUSÕES

Ao final da pesquisa, foi proposto um método participativo, baseado em técnicas acadêmicas ágeis e de fácil aplicação, para auxiliar na elaboração ou atualização de critérios para priorização de investimentos, no âmbito dos Comitês de Bacias Hidrográficas. Embora os exemplos utilizados neste artigo remetam ao Estado de São Paulo, o método mostrou-se válido, robusto e flexível para ser replicável em outros comitês brasileiros. Por conseguinte, considerou-se que os objetivos propostos no artigo foram alcançados de maneira satisfatória.

A finalidade do método proposto não visa indicar os empreendimentos considerados ótimos, tampouco representar uma realidade objetiva para

tomar decisões, mas sim recomendar aqueles alinhados com os valores do grupo de decisores representativos, por meio de uma ferramenta válida ao processo de decisão, processo que pressupõe interações entre os decisores e gera conhecimento ao estruturar os problemas de maneira gráfica.

Pode-se afirmar também que os critérios de investimentos são muito específicos, em função das necessidades de desenvolvimento de cada região ou sub-região hidrográfica, e que os representantes dos comitês de bacias são os responsáveis por indicar os empreendimentos que contemplem tais necessidades, sempre seguindo as diretrizes das publicações oficiais do Estado e dos comitês, tais como Plano Estadual de Recursos Hídricos, Plano de Bacias e Relatório de Situação. Ademais, aproxima-se de critérios de investimentos ideais quando os anseios dos representados são identificados, interpretados e atendidos pelo poder público, de forma dinâmica e contínua.

Este artigo representa apenas uma pequena parcela de um amplo espectro de estudos possíveis sobre os critérios de investimentos no âmbito dos Comitês de Bacias Hidrográficas. Assim, há possibilidade de realização de mais estudos que subsidiem o apoio aos decisores. Como grandes desafios para pesquisas futuras, almeja-se a aplicação prática do método em Câmara Técnica ou Grupo de Trabalho, responsável por elaborar

ou atualizar os critérios de investimentos de um comitê de bacia, como também testar a validade e a aplicabilidade do método para elaboração dos programas de investimentos dos Planos de Bacias Hidrográficas.

6 CONTRIBUIÇÃO DOS AUTORES

Todos os autores contribuíram de forma igualitária.

7 REFERÊNCIAS

ANA - AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (BRASIL). **A Implementação da Cobrança pelo Uso de Recursos Hídricos e Agência de água das bacias dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí**. – Brasília: ANA, SAG, ed. português/inglês, 2009.

BANA E COSTA, C. A. **Structuration, Construction et Exploitation d'un Modèle Multicritère d'Aide à la Décision**. Tese de Doutorado, Universidade Técnica de Lisboa, Portugal, 1992.

BANA E COSTA, C. A.; ENSSLIN, L.; CORRÊA, E. C.; VANSNICK, J. C. Decision Support Systems in Action: Integrated Application in a Multicriteria Decision Aid Process. **European Journal of Operational Research**, v.113, n. 2, p. 315 – 335, 1999. Disponível em: <[https://doi.org/10.1016/S0377-2217\(98\)00219-7](https://doi.org/10.1016/S0377-2217(98)00219-7)> Acesso em: jan 2019.

BANA e COSTA, C. A.; LOURENÇO, J.; OLIVEIRA, M. **Modelos de Apoio à decisão: Métodos para definição de pesos de critérios**. Lisboa [2008] Universidade de Lisboa. Instituto Superior Técnico. 22 slides, color.

BRANDALISE, K. C. A. **Metodologia de apoio à decisão construtivista para aperfeiçoamento de processos de faturamento em uma organização**. 2004. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção), Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2004.

COFEHIDRO - CONSELHO DE ORIENTAÇÃO DO FUNDO ESTADUAL DE RECURSOS HÍDRICOS. **Manual de Procedimentos Operacionais para Investimento**. Anexo II da deliberação COFEHIDRO nº 158/2015. São Paulo, 2015.

CRH. Conselho Estadual de Recursos Hídricos (SÃO PAULO). **Aprova a revisão dos Programas de Duração Continuada - PDC para fins da aplicação dos instrumentos previstos na política estadual de recursos hídricos**. Deliberação CRH nº. 190, de

14/12/2016. Disponível em: <<http://www.sigrh.sp.gov.br/crh/de-liberacoes>>. Acesso em: Acesso em: 16 jan 2017.

ENSSLIN, L.; MONTIBELLER, G.; NORONHA, S. **Apoio à decisão – Metodologia para Estruturação de Problemas e Avaliação de Alternativas**. Florianópolis: Insular, 2001.

FANTINATTI, P. A. P.; ZUFFO, A. C.; FERRÃO, A. M. A. **Indicadores de sustentabilidade em engenharia: como desenvolver**. 1ª ed. – Rio de Janeiro, Editora Elsevier, 2015.

GOMES, L. F. A. M. **Tomada de decisão gerencial: enfoque multicritério**. São Paulo: Atlas, 2009.

GOMES, L. F. A. M.; ARAYA, M.C. G.; CARIGNANO, C. **Tomada de decisões em cenários complexos: introdução aos métodos discretos do apoio multicritério à decisão**. São Paulo: Cengage Learning, 2011.

GOMES, L. F. A. M.; GOMES, C. F. S. **Tomada de Decisão Gerencial: Enfoque Multicritérios**. 5ª edição, São Paulo: Atlas, 2014.

KEENEY, R. L. **Value-Focused Thinking: A Path to Creative Decision making**. Harvard University Press, 1992.

MATZENAUER, H. B. **Uma metodologia multicritério construtiva de avaliação de alternativas para o planejamento de recursos hídricos de bacias hidrográficas**. 2003. Tese (Doutorado em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental), Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2003.

ROY, B. Decision Science or Decision-Aid Science? **European Journal of Operational Research**, n 66, p 184 –203, 1993. Disponível em: <[https://doi.org/10.1016/0377-2217\(93\)90312-B](https://doi.org/10.1016/0377-2217(93)90312-B)> Acesso em: jan 2019.

ROY, B. **Méthodologie Multicritère d' Aide à la Décision**. Economica: Paris, 1985.

ROY, B. **Multicriteria Methodology for Decision Aiding**. Kluwer Academic Publisher: Dordrecht, 1996. 292 p.

VON WINTERFELDT, D; EDWARDS, W. **Decision Analysis and Behavioural Research**. Cambridge: Cambridge University Press, 1986.

ZUFFO, A. C. **Análise Multicriterial ao Planejamento de Recursos Hídricos: Uma Metodologia Fuzzy para o Enfoque Ambiental**. 2010. Tese (Livre-Docência em Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo), Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2010.

ZUFFO, A. C. e ZUFFO, M. S. R. **Gerenciamento de Recursos Hídricos: Conceituação e Contextualização**. 1ª ed. – Rio de Janeiro, Editora Elsevier, 2016.